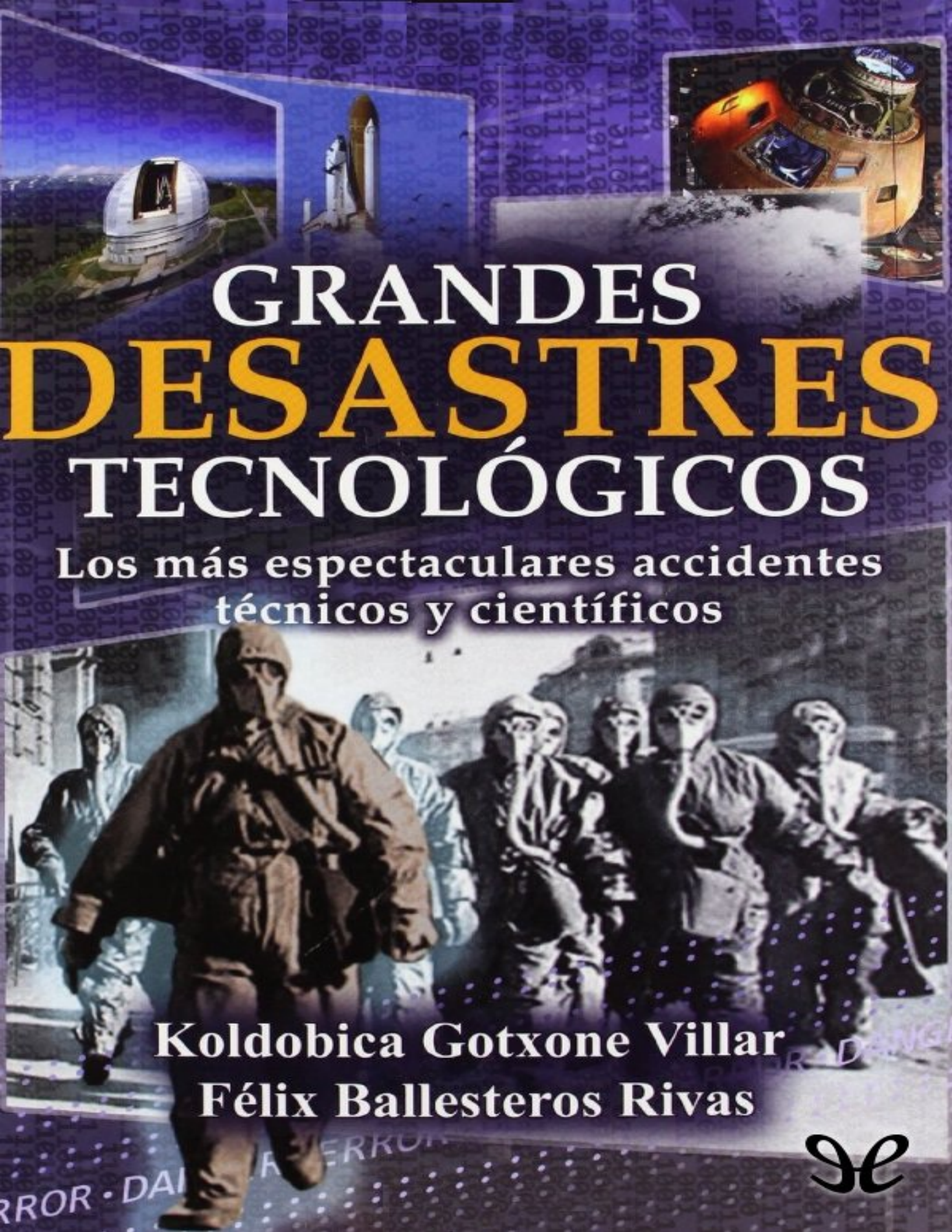




# GRANDES DESASTRES TECNOLÓGICOS

Los más espectaculares accidentes  
técnicos y científicos



**Koldobica Gotxone Villar**  
**Félix Ballesteros Rivas**



Problemas informáticos que han causado decenas de muertes, aviones que estallaron sin razón, averías previstas en los diseños automovilísticos, accidentes energéticos y desastres nucleares, fraudes farmacéuticos, escapes tóxicos y hundimientos de puentes.

Estos y otros sucesos han llegado a la prensa, pero el público nunca ha podido saber por qué sucedieron realmente debido a la limitada capacidad de la prensa para explicar cuestiones tecnológicas que, además, en el momento de saltar a la fama no eran conocidas más que por minorías de científicos o ingenieros a los que se les ha concedido, en el mejor de los casos, apenas unos minutos en la pantalla.

Sus autores, Koldobica Gotxone Villar y Félix Ballesteros Rivas, médico e ingeniero respectivamente, perfectos conocedores de estos temas, nos narran los porqués de estos sucesos con independencia y mucho humor utilizando toda clase de fuentes, incluso la propia experiencia personal.



Koldobica Gotxone Villar

Félix Ballesteros Rivas

# **Grandes desastres tecnológicos**

ePub r1.0

smonarde 30.06.14

Título original: *Grandes desastres tecnológicos*  
Koldobica Gotxone Villar & Félix Ballesteros Rivas, 2012

Editor digital: smonarde  
Texto facilitado por: farnell  
ePub base r1.1



Dedicado a los que hacen las cosas bien,  
aunque nos proporcionen una vida más aburrida,  
pero es que lo que los demás nos ofrecen no es vida.

Y a aquellos que nos ofrecen una vida,  
aunque a veces no lo notemos.

# Introducción

*Hay dos clases de infinito: el universo y la estupidez humana.  
De lo primero no estoy seguro.*

Atribuida a Albert Einstein

El ser humano ha demostrado a lo largo de la historia que tiene una gran capacidad para crear nuevas herramientas con las que lograr una vida mejor. Sin embargo, el segundo principio de la termodinámica dice que el desorden (la entropía) siempre es creciente, y es un principio fundamental de la física que hoy por hoy nadie ha conseguido contradecir, sobre todo viendo nuestras mesas de trabajo.

Por otro lado, las leyes de Murphy (que era un optimista) dicen que todo lo que puede ir mal irá a peor.

El resultado de realidades como estas es que en todos los aspectos de la vida nos tropezamos con fallos, y cuanto más complejo sea el terreno en que nos movemos, más probabilidades hay de que se produzcan averías y defectos.

En palabras llanas, en cualquier sistema o mecanismo de gran complejidad, el fallo de alguna de sus partes puede hacer que otros elementos del sistema también funcionen peor, lo cual a su vez hace que otros más dejen de funcionar en una cascada que resulta interminable mientras queden piezas. Y en un sistema complejo hay muchas cosas que pueden fallar sin ayudas externas.



El resultado es que los fallos forman parte inevitable de la realidad y lo único que nos debería sorprender es que haya alguien que piense que está por encima de la realidad y que a él o ella no le va a fallar nada. Lo malo es cuando esa persona es responsable de algo que nos afecta, porque eso suele querer decir que no tenía nada preparado para cuando las cosas fallasen y, como segunda consecuencia derivada, provoca que cuando las cosas fallan dejará de estar controlada la situación y el fallo puede rodar ladera abajo y arrastrar toda una avalancha de problemas que resulta imparable hasta llegar al fondo del desastre, quizá incluso llevándose por delante a alguien.

Esos fallos son molestos de una manera muy especial en las «tecnologías aplicadas» porque, por su propia naturaleza, la gente espera que funcionen bien (aunque la mayoría no entienda cómo lo hacen).

No es igual en el mundo de las ideas. Grandes avances filosóficos, éticos o morales han demostrado ser provechosos para la humanidad y no por ello han dejado de tener toda una pléyade de detractores. Del mismo modo, otras supuestas «grandes ideas» han demostrado ser erróneas o incluso dañinas y no por eso han dejado de tener sus seguidores. Sólo por poner un ejemplo (sin entrar en política), podemos encontrar en internet infinidad de testimonios a favor y en contra de la validez de los horóscopos, así como todo tipo de controversias sobre la teoría de la evolución de Darwin, la pederastia, la caída del Imperio romano o la influencia del alcohol en la poesía de Li Tay Po.

En el ámbito de la técnica no se da ese margen de discusión: funciona el teléfono o no funciona y, en el segundo caso, ponemos una reclamación y exigimos que se nos resarza por daños y perjuicios. Sin embargo, no es corriente que nadie demande a un periódico porque su horóscopo del día anterior no se cumplió en alguna de sus facetas.

Esa es la aproximación habitual a la tecnología: «no es cuestión de creencias ni de opiniones». Y sin embargo, de cuando en cuando, una crisis, un incidente o un auténtico desastre llevan las cuestiones técnicas a la primera plana de los periódicos y, como si fuese un tema abierto a opiniones apasionadas, con una cerveza en la mano se discute sobre la oportunidad de desarrollar un avión sucesor del Concorde, sobre las ventajas de la energía eólica frente a la nuclear o sobre el avance que la Estación Espacial

Internacional ha supuesto sobre la vieja *Mir* postsoviética.

Cuando lo que se tiene en la portada de los periódicos es, además, una catástrofe de cualquier calibre, es inevitable que la pasión aflore en los comentarios.

Además, este es un tema moderno. Desde que un mono con ínfulas descubrió que el fémur de un rumiante era muy útil para sacudirle en la cabeza a un vecino, la tecnología ha dado muchas vueltas, sobre todo en el área armamentística, pero se puede decir (y discutir hasta altas horas de la madrugada) que la tecnología ha sido parte de las discusiones de la gente desde finales del siglo XIX y, sobre todo, en la segunda mitad del XX.

Sin ser demasiado estrictos en lo que se refiere a los límites del «siglo XX», vamos a repasar aquí, sobre todo, los desastres más significativos del último siglo relacionados con la tecnología, aunque también comentaremos aquellos que se han sucedido en los primeros años del nuevo siglo que hemos comenzado. La mayoría han sido sucesos que han llegado a la prensa y, por lo tanto, al gran público en mayor o menor medida; pero por lo mismo, han sido conocidos por la sociedad con un carácter sesgado, dada la limitada capacidad de la prensa para explicar cuestiones tecnológicas que, además, en el momento de salir a la palestra no eran conocidas más que por minorías de científicos o ingenieros a los que se les ha concedido, en el mejor de los casos, apenas unos minutos en la pantalla. La opinión del público se ha visto mediatizada, por ello, tanto por las limitaciones de quienes hablaban del suceso como por la inevitable politización de todo lo relacionado con elementos estratégicos como la energía atómica, la carrera espacial, la salud o los intereses comerciales de la informática.

Por todo lo antes dicho, vamos a hablar bastante de astronáutica, porque ha sido la punta de lanza de la tecnología en la segunda mitad del siglo, y vamos a hablar de energía atómica, porque la trascendencia del tema lo merece y porque en pocos otros campos se da un nivel de desinformación y manipulación tan elevado. En el extremo contrario, no vamos a hablar mucho de desastres marítimos, porque los ingenieros navales han dejado los accidentes en manos de las tormentas y las imprudencias de las personas, dado que sus técnicas se llevan depurando varios miles de años.



Por parecidas razones no aparecen en estas páginas ninguna de las catástrofes mineras sucedidas en el siglo XX, porque la parte tecnológica de los problemas de la minería ya se resolvió en el siglo XIX y los siguientes accidentes han sido, casi sin excepciones, resultado de la imprudencia y la tacañería a la hora de invertir en seguridad. Un accidente ocurrido en 2010 ilustra esta afirmación: por el derrumbe de una galería treinta y tres mineros se quedaron atrapados a setecientos metros de profundidad en una mina chilena. Tardaron más de dos meses en sacarlos pero fue una operación limpia, sin nuevos incidentes y sin heridos de ningún grado. Quizá en el buen fin del incidente haya tenido mucho que ver el detalle de que el presidente chileno, don Sebastián Piñera, «exigió» en las primeras fases del accidente que el rescate se llevase a cabo sin que los políticos ni los empresarios discutieran las opiniones de los técnicos; a partir de ahí se hizo un plan a tres meses vista, sin histerias ni regateos, que se cumplió en todo menos en los plazos que, gracias al sobreesfuerzo de los implicados, se adelantaron en más de un mes.

En consonancia con el creciente papel de la tecnología en la sociedad, saldrán a relucir muchos más casos en la segunda mitad del siglo que en la primera; pero es que la Segunda Guerra Mundial comenzó transportando los cañones en mulas y terminó con bombas atómicas y aviones a reacción, y es desde entonces cuando la tecnología ha dirigido con mano férrea los avances de la humanidad. ¿Avances?... No todos, desde luego.

El paso del tiempo, además de perspectiva, nos ha proporcionado una curiosa miopía: a finales del siglo XX hacen falta años de pruebas y homologaciones para comercializar un medicamento, pero se venden incluso fuera de las farmacias algunos, como la popularísima aspirina, que difícilmente superarían hoy las pruebas que se exigen a los nuevos. Del mismo modo, se publicitan con todas las bendiciones esperpentos contaminantes como el coche eléctrico (justificaremos estas palabras en el capítulo correspondiente) mientras se mantienen sin suscitar debate gigantescas centrales eléctricas movidas por carbón y en China se inaugura cada semana una del tamaño de la más contaminante de Europa.

No podemos pretender ofrecer en las siguientes páginas «la verdad

definitiva» sobre estos temas, pero sí que hemos hecho un esfuerzo por dar una visión que, además de amena, esté exenta de intereses políticos, comerciales o estratégicos, con la esperanza de servir al lector para tener una opinión mejor informada sobre temas polémicos y que afectan muy directamente a nuestras vidas.

La intención no es ofrecer una enciclopedia de los desastres, ni tratar todos ellos de la misma manera, porque no se aprende lo mismo de la catástrofe de Chernóbil que de la caída de «las bombas de Palomares», ni es tan compleja la caída del puente de Tacoma como la misión del *Apollo XIII*.

Veremos algunos casos conocidos y otros no tanto de tecnologías que han fallado estrepitosamente, pero que en muchos casos lo han hecho pese a que estaban bien programadas para evitarlo, en la mayoría de esos casos porque el ego que tenemos los humanos nos puede (¿el miedo a que el monstruo de Frankenstein nos supere?) y ha hecho que alguien, quizá creyéndose más capaz que las máquinas, desactive las precauciones del sistema, logrando que falle gracias a nuestro insistente deseo (más bien estupidez) de llevar la contraria a lo que otros habían planificado. Ese alguien por fin tuvo sus cinco minutos de televisión, aunque no como hubiera querido. Estamos hablando de Chernóbil, por ejemplo.

En otros casos, por el contrario, una serie de fallos que no estaban bien previstos han llevado a los sistemas al borde del desastre, pero el trabajo bien hecho del conjunto de técnicos implicados en el caso lo evitó o, al menos, evitó lo peor de la catástrofe y enseñó el camino para hacerlo mucho mejor la próxima vez. Por ejemplo, y sin salir de las técnicas nucleares, así sucedió con el accidente de la central de Harrisburg en la Three Mile Island.

Vamos, a partir de aquí a centrarnos en unos cuantos incidentes (un mal funcionamiento que podría haber sido mucho peor), desastres (un incidente que ha terminado causando grandes pérdidas de dinero, materias primas o tiempo) y catástrofes (un desastre que, además, ha costado víctimas humanas), agrupándolos por ramas tecnológicas como son las involucradas en la carrera espacial, en la generación de energía, en la aeronáutica, la informática, etc. A veces es difícil clasificar un accidente de una forma inequívoca; no pocas veces hemos tenido que recurrir al viejo chiste:

Si es verde y se mueve: biología.

Si huele mal: química.

Si duele: medicina.

Si sabe fatal: farmacia.

Si funciona mal... pero funciona: ingeniería.

Si parece que funciona bien, pero no funciona: informática.

Si levanta muuucho polvo: obras públicas.

Estamos convencidos de que al terminar el libro, el lector tendrá una visión de conjunto de la relación que guardan entre sí la tecnología, los desastres y el sentido común. Esperamos que también en ese momento comparta con nosotros una visión esperanzada de nuestro futuro y que, por el camino, haya pasado unos buenos ratos leyendo, pues el disfrute del lector es la «razón última» de escribir, publicar y leer libros.

# **I. INFORMÁTICA**

## **Introducción. Una rama de la técnica muy influyente**

Es indudable que en el último cuarto del siglo XX la informática ha sido una de las ramas de la técnica que más han influido en la vida de las personas del mundo industrializado. Antes de ello, fue el acceso a las materias primas lo que marcó la diferencia en la calidad de vida de las sociedades, pues un país era más rico si se disponía de carbón para no pasar frío, trigo para no pasar hambre, caucho para hacer ruedas o wolframio para fabricar bombillas.

Luego, con el ferrocarril, el automóvil, el avión, etc., fue el transporte la parte más visible de lo que separaba una región próspera de otra subdesarrollada y el mundo envidiaba a los norteamericanos porque todos tenían coche, y eran unos coches inmensos. En el futuro es probable que sea la biotecnología, la medicina o directamente la ecología lo que diferencie al primer y al tercer mundo. Pero en la última parte del siglo XX y en el arranque del XXI lo que ha marcado la diferencia es la informática y su consecuencia más directa: el acceso a la información. Al principio no de una manera visible, pero si miramos de cerca el enorme incremento del comercio internacional que se produjo a partir de los años sesenta, no habría sido posible sin la informatización de la administración de las empresas y, sobre todo, de los grandes bancos.

### **LOS QUERIDOS CIBERABUELOS**

Una anécdota que a veces desencadena un problema: a día de hoy en los bancos se sigue programando en COBOL, un lenguaje obsoleto y desconocido por la inmensa mayoría de los jóvenes, por muy informatizado que tengan su entorno; eso es porque cuando los bancos se informatizaron, en aquellos años sesenta de noticiarios en los que nunca faltaban *hippies* y noticias de Vietnam, era el lenguaje de programación más adecuado y, ahora que ya no lo es, las adaptaciones y evoluciones de los programas preexistentes se siguen haciendo en el lenguaje en que está construido el resto de las aplicaciones, por razones de integración y compatibilidad.

El problema aparece de vez en cuando en los departamentos de informática cada vez que hay que hacer una modificación a uno de esos programas que llevan décadas funcionando y resulta que los programadores que los conocían se han jubilado, a veces con jugosos incentivos del propio banco para que adelanten su jubilación. Más adelante también hablaremos del «efecto 2000».

## **LOS NUNCA BIEN APRECIADOS ESPECULADORES**

Enseguida, en los años cincuenta y sesenta, la posibilidad de hacer transacciones internacionales de forma rápida y barata produjo el que muchos podemos considerar uno de los mayores desastres del siglo XX: la especulación internacional, el comercio de divisas, las inversiones en opciones y futuros y tantas otras figuras financieras que hacen que hoy en día las empresas de cualquier país estén en manos de inversores desconocidos que a su vez están controlados por multinacionales financieras que, a su vez, son propiedad en la práctica de los fondos de pensiones norteamericanos y japoneses o (cada vez más) de empresas chinas que invierten sus ganancias en Occidente, lo que las está haciendo cada vez más ricas. Y eso sin hablar del blanqueo del dinero del narcotráfico, que está siempre buscando en algunos de estos rincones financieros o geográficos (los «paraísos fiscales»), lugares propicios para legalizar sus ganancias.

Aunque ese sea un desastre, no es estrictamente tecnológico, y menos

mal, porque sería un capítulo farragoso y desagradable para este libro.

Si en los años sesenta y setenta la influencia de la informática en la sociedad era importante pero soterrada, a lo largo de los ochenta, con la llegada de los ordenadores personales, la informática «salió del armario» y empezaron a oírse en el autobús o en los bares cada vez más conversaciones sobre lo lento que funcionaba el «PC», o los datos que había perdido alguien por la que seguro que no era la «última pifia» de su ordenador personal.

## **EL SIEMPRE ACHACOSO ORDENADOR PERSONAL**

Eso de las pifias, fallos, cuelgues, bloqueos, etc. de los ordenadores personales ya sí que se puede calificar de gran desastre tecnológico y, si no estamos de acuerdo, pensemos en cuánto aumentaría la productividad de las empresas de nuestro entorno si la informática funcionase sin «ningún» error, sin ninguna pérdida de datos, sin ninguna ralentización por una mala puesta a punto, etc. Quizá estemos entrando en los terrenos de la ciencia ficción, pero en cualquier caso, el capítulo del «desastre de la informática personal» estaría formado por millones de desastres pequeños o pequeñitos, microdesastres en suma pero párrafos de un capítulo del que cualquiera podría redactar su contribución ahora mismo.

El ordenador personal ya le cambió la vida a mucha gente, sobre todo en su faceta laboral, pero el advenimiento de internet quedará para siempre en los anales de la historia como uno de los hechos que más han cambiado la vida de la gente e incluso la estructura de la sociedad. Estamos sólo en el Neolítico<sup>[1]</sup> de la revolución que internet va a suponer en el futuro para la humanidad, pero creemos que nadie discutirá la afirmación del párrafo anterior.

Y como en todo lo relacionado con los seres humanos y formado por situaciones y elementos de suficiente complejidad (y aquí lo de «suficiente complejidad» es quedarse muy corto), sobreviene el accidente y el desastre.

Por fortuna todavía no se han dado muchos casos llamativos de accidentes informáticos que cuesten vidas humanas, pero ya se ha dado



alguna situación así, por ejemplo en el London Ambulance Service, cuya desastrosa informatización costó decenas de vidas humanas. Y, dado el creciente control que las máquinas tienen sobre aspectos críticos de nuestras vidas, no será el último caso; esperemos que sea algo soportable (al menos para la civilización en su conjunto). Pero sí que se han dado bastantes desastres (comerciales en su mayoría) interesantes, que abordaremos a continuación.

Un elemento curioso de los desastres informáticos es que suelen tener ese carácter «desastroso» sólo para algunos, pues siempre hay un adversario para el que el desastre de los otros es su propia victoria. Por eso veremos que lo que fue un desastre para IBM resultó una victoria para los fabricantes orientales de ordenadores personales, o que el desastre de los alemanes con sus sistemas criptográficos fue una victoria para británicos y norteamericanos, que se aprovecharon de sus debilidades en la guerra de 1939-1945.

Vamos con esos curiosos casos...

# Capítulo 1. Criptografía

*Eres amo de lo que callas y esclavo de lo que dices.*

Lo solía decir Francisco Franco

Ya iremos viendo que los avances tecnológicos tienen mucho que ver, a veces todo, con el armamento y con la guerra, pero en el caso de la criptografía la relación es mucho mayor que en el resto de tecnologías, pues lo de curiosear lo que habla «el enemigo» es un vicio muy extendido: lo llaman espionaje y tiene incluso un toque de *glamour*.

## **XFOJ XJEJ XJDJ (VENI VIDI VICI... PERO CIFRADO)**

Las primeras máquinas (conocidas) construidas para cifrar mensajes datan de la conquista de la Galia por parte de Julio César: eran unos pares de discos concéntricos de bronce con el alfabeto en sus perímetros.

Girando el disco exterior una o más posiciones respecto al interior formaban parejas de letras enfrentadas. Si se sustituía cada letra de un mensaje por la que quedaba enfrente en el otro disco, se obtenía en poco tiempo un mensaje ininteligible y los discos formaban lo que se llama un «alfabeto de sustitución». Para descifrar el mensaje bastaba con haberse puesto de acuerdo previamente en cuántos pasos se giraba el disco para cifrar-descifrar y hacer las sustituciones en sentido inverso.

Los mensajes eran un galimatías, pero en el fondo eran fáciles de descifrar con un poco de paciencia: bastaba con hacer veintitantos intentos. Seguramente el éxito de Julio César en este aspecto se basaba menos en el cifrado y más en el detalle de que sus enemigos no solían entender el latín y, de hecho, ni siquiera sabían leer. Lo que sí resultaría efectivo es que por mucho que «interrogasen» al mensajero, este no tenía oportunidad de saber lo que transportaba, y eso también ha sido siempre muy importante.

## **CUANDO SER CRISTIANO ERA UNA DESVENTAJA ESTRATÉGICA**

Las técnicas de cifrado dieron un gran paso adelante en la Edad Media, cuando el alfabeto de sustitución incluyó una «clave», un conjunto de letras que se ponían al principio del alfabeto y hacían muchísimo más difícil el descifrado. De hecho, sólo se pudo atacar esa técnica de cifrado cuando los árabes inventaron la estadística, allá por el Renacimiento, y aprovecharon que hay letras (por ejemplo las vocales, sobre todo la «e») que en un lenguaje llano se repiten mucho más que las otras; analizando las letras que más se repiten en un mensaje cifrado, se puede llegar a descifrar casi siempre su contenido.

Felipe II no sabía estadística, ni nadie de sus ejércitos estaba al tanto de los últimos avances de las matemáticas, porque sus abuelos habían expulsado a todos los musulmanes de su territorio y se perdieron el acceso a los últimos logros de esa (para muchos antipática) ciencia que llamamos matemáticas y que en ese momento progresaba sobre todo en la refinada y culta Bagdad. Por eso el monarca en cuyo Imperio no se ponía el sol hizo el ridículo más espantoso cuando denunció al rey de Francia ante el Vaticano por prácticas demoniacas, pues no le parecía que hubiese otra explicación a cómo habían descifrado unos mensajes en clave que les dieron a los franceses ventaja en una batalla crucial. En el Vaticano se debieron de reír a mandíbula batiente, porque el papa tenía un gabinete de cifrado que, a diferencia del de Felipe II, sí contaba con personal musulmán entre sus expertos.

## **EL SECRETO DEL HOMBRE DE LA MÁSCARA DE HIERRO**

Los desastres criptográficos se siguieron sucediendo. Luis XIV de Francia, el rey Sol, tenía un eficientísimo gabinete de cifrado, que guardaba bajo una encriptación basada en un libro de claves todos los documentos de Estado que querían archivar sin riesgos de que se supiese qué maquinaban los franceses contra españoles, ingleses, italianos o alemanes. Un libro de claves, y más este basado en palabras y con duplicaciones (las palabras más frecuentes tienen varios posibles cifrados), es el terror de los espías: no hay manera de descifrar un mensaje enemigo. Pues bien, cuando murió el jefe del gabinete de cifrado, no se encontró el libro de claves por ninguna parte.

Es de imaginar que, entre fiesta y fiesta, pusieron Versalles patas arriba, pero el libro seguía sin aparecer. Y una parte fundamental del Archivo Nacional francés lo formaban rollos y rollos de papel sin ningún valor documental. Y no es tontería. Por ejemplo, entre esos legajos indescifrables se encuentra la verdad sobre el caso del «hombre de la máscara de hierro», un misterioso preso de Luis XIV que dio lugar a novelas como la tercera (y la peor en nuestra opinión) parte de *Los tres mosqueteros* de Alejandro Dumas, y todavía no se sabe qué había de verdad en ello.

## **LO DE OLVIDAR LE PUEDE PASAR A CUALQUIERA**

Lo peor es que la experiencia no sirvió de lección a algunos: el Archivo Nacional de Noruega se encuentra en una situación parecida desde que murió en los años noventa del siglo XX en un accidente de tráfico uno de sus responsables, que había cifrado el contenido de los discos en los que se conservaban importantísimos textos de los que se llevó la clave a la tumba. Se supo, pese a tratarse de documentos más bien secretos, porque el Gobierno noruego propuso el problema en internet para ver si algún pirata les sacaba del apuro (si alguien lo consiguió, no se ha publicado nada al respecto).

Pero nos hemos saltado unos cuantos incidentes importantes, porque desde Luis XIV los desastres de la guerra siguieron produciéndose a lo largo de los siglos y de los pueblos a la vez que las técnicas de cifrado fueron perfeccionándose más y más y, al llegar al siglo XX, todos los ejércitos se tomaban muy en serio esa tecnología, con mejor o peor éxito. Hay que subrayar el detalle de que las comunicaciones, que hasta entonces eran un mensaje que alguien llevaba a caballo y que a lo mejor nadie detectaba en su cabalgada, sin embargo ahora se hacían por radio, utilizando soldados para emitir los mensajes de los generales y todos los adversarios escuchaban las emisiones de los demás.

En la Gran Guerra dicen las malas lenguas que uno de los fallos que tuvieron los alemanes fue que los mensajes tenían un cifrado de baja calidad, con lo que fueron interceptados con facilidad por sus enemigos, y se dice por ello que los imperios alemán, austriaco y turco, cada vez que hablaban, jugaban en su contra porque sus planes eran sabidos por el Imperio británico y el de los zares, los cuales se los comunicaban a los norteamericanos, que fueron los que remataron la faena. Más o menos como en «la guerra de Gila».

Tras la victoria de unos y derrota de los otros, se reunieron todos en Versalles y los vencedores les obligaron a aceptar, sobre todo a los alemanes, unas condiciones leoninas que no tuvieron más remedio que sufrir, aunque entre bambalinas ya acordaron los enemigos entre sí que «no se podría sobrevivir a otra guerra»; sin embargo esto último no lo debieron tener en cuenta, a la vista de la historia posterior.

## **LA ENIGMA: DEMASIADO BUENA**

Lo que sí comprendió el Ejército alemán era que debía sacar mejores notas en criptografía, y ahí fue donde sorprendieron a los aliados en la Segunda Guerra Mundial e incluso antes, ya que los mensajes eran un puro galimatías hasta para los mejores criptoanalistas. Los franceses consideraron indescifrable el nuevo código y desistieron de intentarlo.

Al otro lado de Alemania estaban los polacos, que se encontraban entre

dos fuegos, pues eran obvios los deseos de soviéticos y nazis de ocupar su tierra. Pasado el tiempo, el pacto Molotov-Ribbentrop no hizo sino convencerles de que estaban en el punto de mira y por ello ya en tiempo supuestamente de paz hicieron de su servicio de cifrado una de las ideas estratégicas, pues daban por hecho que les invadirían y querían estar preparados. El problema es que la nueva cifra de los alemanes era indescifrable según todos los expertos, incluso los polacos. Dicha cifra se basaba en una vieja idea, que es combinar varias cifras para dar otra mucho más compleja, y hacerlo de modo mecánico para que fuera sencillo y rápido hacer y deshacer si se dispone del código. Y aquí entra en juego la máquina Enigma, que tenía el aspecto de una máquina de escribir modificada para cifrar.

Lo triste del caso es que la misma idea la tuvieron alemanes, suecos, americanos, etc., pero sólo Arthur Scherbius y Richard Ritter lograron crear una empresa y no arruinarse en aquella época de recesión económica. Los otros que lo intentaron quebraron porque creían que las empresas, que también tenían que transmitir sus planes y proyectos por medio de redes públicas que todos podrían espiar, estarían dispuestas a invertir mucho dinero en máquinas de cifrado, y esa idea resultó equivocada porque en el mundo de los negocios bastaba con utilizar técnicas de cifrado muy rudimentarias para defenderse con éxito de los competidores.

La idea de las máquinas de cifrado se perdió, fue tan sólo un *gadget* pasajero excepto en Alemania. Y logró triunfar porque el Ejército alemán vio que ese *gadget* ya tenía en su diseño básico lo que se necesitaba para sus fines militares y encargó el invento a sus creadores en grandes cantidades, pese a que el mercado que habían pensado sus inventores era el de las empresas. El caso es que fabricaron la Enigma de forma masiva para los ejércitos, con variantes según fuera para el de Tierra, Mar o Aire, y desde 1926 la empresa fue absorbida por el Estado.

La paradójica lección a aprender de este caso será, ya lo adelantamos, que el fracaso terminó llegando porque la Enigma era «muy» buena y ese convencimiento les llevó a confiar «en exceso» en ella, sin preocuparse de seguir los procedimientos al pie de la letra en el cien por cien de las

situaciones y sin preocuparse de evolucionarla y perfeccionarla de forma constante: un exceso de confianza que les costó la derrota.

## **UN SECRETO ENVUELTO EN UN MISTERIO**

La idea base era sencilla: unas claves donde cada letra se sustituía por otra. Hasta aquí elemental. La novedad fue que combinó varias claves alfabéticas de sustitución, y cada vez que se tecleaba una letra, se iluminaba la bombilla de su panel con la «otra» letra por la que era sustituida: el operador anotaba la nueva letra y tecleaba la siguiente.

No obstante, y esto era lo mejor de la Enigma, cada vez que se pulsaba una tecla, la rueda de claves avanzaba un paso, y una vez hubiera dado una vuelta completa avanzaba un paso la rueda siguiente (había tres ruedas de letras encadenadas en las Enigma de la Wehrmacht y cinco en las de la Kriegsmarine). Además, las ruedas tenían un cableado distinto en cada una de ellas, y se podían poner en cualquier orden, con lo que el asunto se complicaba más aún. Para rematar, la señal que salía de la última rueda se devolvía de nuevo a través de las ruedas originales y tan sólo entonces se iluminaba la luz correspondiente a la letra en la que se había convertido la tecleada. Por si fuera poco, llevaba asimismo una serie de clavijas para intercambiar algunas letras tecleadas antes de pasar a los discos de intercambio.

## **UNA UTILIZACIÓN SIMPLÍSIMA**

El hecho de que la señal tecleada viajase a través de los discos y después volviera por los mismos caminos, pero en dirección contraria, para iluminar la letra codificada, hacía que la descodificación en la estación receptora consistiese en teclear lo que se recibía, y de nuevo salía en el panel el texto original, por pura simetría de cableado. Sencillo y eficiente, cualquier soldado lo podía utilizar con resultados excelentes.



## CON TRILLONES DE POSIBILIDADES

Para ello por supuesto tenía que empezar por poner los discos asignados para ese día, en las posiciones iniciales adecuadas, y colocar las clavijas en la posición que le determinaba, como lo demás, el libro de claves de ese día. Las variantes de la Enigma consistían en cuántos discos tenía la máquina, en qué orden se ponían y cuántas letras y cómo se intercambiaban antes de pasar a los discos de codificación. El resultado: trillones de posibilidades. Imposible, imposible, imposible.

La máquina Enigma no parecía destinada a figurar en estas páginas consagradas a los «desastres» tecnológicos y, sin embargo, acabó mereciéndose estar en un capítulo preferente por varias razones, algunas de las cuales hunden sus raíces en la estupidez humana, con la que siempre hay que contar en los temas importantes. Y llega a la categoría de desastre, si no catástrofe, porque para sus usuarios significó una importante contribución a su derrota aunque, como en muchos otros aspectos de la técnica, lo que para



unos es un desastre para sus adversarios es un triunfo.

## **LA NECESIDAD HACE LA CIENCIA**

Los polacos creyeron que, pese a ser imposible, debían intentarlo, y pusieron a toda la Oficina de Cifrado a trabajar, pese a las pocas esperanzas que había en sus resultados. En este punto entra en escena Marian Rejewski, a quien su jefe encarga que se enfrente a los nuevos códigos.

Los franceses, muy suyos, habían «abandonado toda esperanza» como si del infierno de Dante se tratara, y aunque la suerte les sonrió no supieron aprovecharlo. Porque los franceses accedieron por medio del espionaje y el soborno a los documentos que describían la máquina y la manera de hacer las claves y los libros de códigos. Además se hicieron con una de las (pocas) máquinas comerciales que se vendieron al público la cual, aunque más sencilla, contenía todas las ideas básicas.

Aun así, dada la complejidad del cifrado (había trillones de posibles códigos) y dado que los códigos se cambiaban cada día, no se dedicaron mucho a ello y siguieron considerándolo imposible. De todos modos continuaron pagando a sus confidentes para que les entregaran los libros de claves de cada día del mes. Ello debería haberles hecho más fácil la solución, pero al comienzo del día se enviaba una información, cifrada según el libro de claves de ese día, con un cambio de clave que había que hacer y era con esa «nueva clave» con la que se codificaba una clave especial diferente «para cada transmisión» del día. Todo dependía de esa nueva clave, no de la teóricamente usada ese día (la del libro de códigos).

El punto fuerte del código era la cantidad casi infinita de posibilidades distintas y el punto débil era que había que tener el que correspondía a cada día, porque jugar a probar todas ocupaba más de un día, y dos, y meses y años y siglos. Imposible.

## **UNA PEQUEÑÍSIMA GRIETA**

De todos modos, como medida de seguridad para la transmisión se enviaba la clave del mensaje «por duplicado» al principio, tres (seis) letras que abrían cada mensaje. Eso aseguraba que fuera una transmisión correcta o permitía pedir la reemisión si había habido interferencias. Pero el sistema tenía puntos débiles; pocos, pero los tenía. Y uno de ellos era eso de que en cada mensaje se enviaba la clave «dos» veces al comienzo. Ello dio pie a relacionar las posiciones 1 y 4, la 2 y 5 y la 3 y 6, y ya había «algo» que se sabía, aunque fuera poco.

## **EN LA GRIETA SE CLAVA UN CLAVO**

Otro punto débil, para que nos hagamos idea de hasta qué punto se agarraban a un clavo ardiendo, era que cada letra nunca quedaba codificada como ella misma, por lo que se eliminaba una posibilidad de cada veintitantas.

Con ello Rejewski estableció catálogos de relaciones, acabó logrando éxitos parciales y con el tiempo logró descodificar los mensajes, ayudándose de máquinas Enigma creadas según los planos y otras herramientas mecánicas, ya en su etapa británica, para generar claves y probar soluciones a los mensajes de forma rutinaria (que como hacían «tic-tac» al funcionar, fueron llamadas «bombas» de descifrado). Y su jefe, que tenía acceso a las claves (compradas a través de los franceses), estaba bien callado para que el genio se curtiese antes de la guerra, en que quizá ya no habría posibilidad de acceder a los códigos a través del espionaje.

Al acercarse la nueva guerra el código volvió a convertirse en indescifrable, lo que indicó a los polacos que los alemanes habían introducido mejoras en la máquina. Y así era, pues el número de discos posibles era mayor (podían disponer de una docena de discos y el libro de claves del día podía decir que había que trabajar con el disco 7 en la posición A, el disco 2 en la posición B y el disco 1 en la C, por ejemplo), y las letras que se cambiaban por medio de unos cables parecidos a los de una centralita

telefónica manual también habían aumentado.

## **MUCHA GENTE A TRABAJAR**

Poco antes de la guerra de 1939, los polacos se pusieron en contacto con franceses e ingleses, con los que habían firmado un pacto de defensa mutua, y les pasaron todo lo que tenían, incluyendo a Rejewski, a fin de que tuvieran acceso a lo que ellos sabían. Los franceses se quedaron con la boca abierta ante lo mucho que los polacos habían avanzado, y los ingleses crearon una nueva oficina para todo ello, con departamentos independientes para Tierra, Mar y Aire, ya que los diversos ejércitos alemanes usaban versiones distintas de la Enigma.

Según diversas fuentes, además de todo eso los ingleses consiguieron máquinas enigma saboteando un transporte de las mismas, interceptando barcos o submarinos, etc., y la copia de la máquina que habían reconstruido los polacos también fue enviada a Inglaterra con una compañía de teatro que volvía desde Polonia antes de que empezara la guerra.

Los británicos reunieron a los mejores expertos en criptografía, lógica, ajedrez y matemáticas (entre otros estaba Alan Turing) y los encerraron en Bletchley Park, una mansión fuera de Londres<sup>[2]</sup>, junto con todos los que pudieran ayudar de algún modo.

## **MUCHO DINERO**

Pusieron en marcha todo lo que les habían pasado los polacos y añadieron más «bombas» y personal para descifrar (tras mandar los técnicos una carta al propio Churchill pidiéndole de forma personal lo que se les negaba por los cauces reglamentarios) y con esa ayuda desarrollaron máquinas automáticas de descifrado (las Colossus, de las que hablaremos algo más adelante) y con el tiempo consiguieron leer los mensajes alemanes tras las dos horas que necesitaban para probar la clave inicial y descifrarla.

## **Y HASTA PSICÓLOGOS**

También se apoyaron en la psicología: el encargado de enviar el mensaje tenía que decidir esa clave que enviaba duplicada al principio de cada mensaje, y casi ningún soldado estaba tan motivado como para utilizar claves realmente imaginativas como «LST-LST», por ejemplo; por el contrario eran muy comunes combinaciones como «123-123», «QWE-QWE» (porque están contiguas en el teclado), etc. Los gabinetes de cifra, primero polacos y más adelante británicos, llegaron a documentar el sistema de turnos de las estaciones de radio principales para saber cuándo le volvía a tocar estar de guardia al operador que solía empezar sus claves con «123-123», por ejemplo, con el fin de intentar el descifrado empezando con esa posibilidad.

## **Y LOS «HOMBRES DEL TIEMPO»**

Se ayudaron incluso de la meteorología, porque el primer mensaje de cada mañana era el «parte meteorológico» del Mar del Norte y, desde la estación de Bergen, empezaban diciendo si había nubes o no: los británicos se tomaron muchas molestias para averiguar si a primera hora había o no nubes en Bergen y así saber cómo empezaría el mensaje de esa mañana para, con ese detalle, ayudar en su descifrado. Porque una vez que se descifraba uno, se tenía la clave del día y era relativamente sencillo descifrar el resto de mensajes que se habían transmitido. Lo malo era cuando el primer mensaje descifrado se terminaba de poner en claro ya por la noche.

Total, que avanzado el año 1940 ya podían descifrar mensajes alemanes.

## **DAÑOS COLATERALES: CREARON EL PRIMER ORDENADOR UTILIZABLE**

A partir de ese momento todo estaba «en claro» pero, como el tema era vital, habían ensayado otra de las ideas de Turing, que consistía en una máquina electrónica que se podía reconfigurar para hacer diversas operaciones matemáticas y lógicas y cambiar las tareas según interesara. Era, como señalábamos, el Colossus, quizá el primer computador de la historia, pero al terminar la guerra todo ello pasó a ser secreto y esa máquina fue desmantelada, cuando era un ordenador de pleno derecho y operativo que podría haberles proporcionado a los británicos un arma quizá decisiva en una de las siguientes guerras mundiales (la gran guerra comercial, que todavía dura y en la que no se hacen prisioneros).

También es triste saber que a Marian Rejewski le tuvieron todo el tiempo en labores secundarias, cuando fue quien logró el éxito inicial que permitió la solución. Al fin y al cabo, meter la pata es una vieja tradición de la humanidad (no es más que el segundo principio de la termodinámica en otra variante).

## **Y HASTA EL ÉXITO SE GUARDÓ EN SECRETO**

También resulta muy triste saber que en muchas ocasiones, los servicios de cifrado de los británicos obtuvieron «a tiempo» informaciones clave que podían cambiar el resultado de alguna escaramuza, o salvar un barco, o unos hombres en suma, y no utilizaron esa información para que los alemanes no sospecharan que se podía descifrar la Enigma.

El resultado final es que los mensajes alemanes fueron interceptados de forma cada vez más sistemática y ello ayudó a los aliados a ganar la guerra porque los alemanes «nunca sospecharon» de la debilidad de la Enigma y siguieron confiando a sus códigos las comunicaciones importantes. Por eso una máquina soberbia, la Enigma, fue a la postre un desastre para la Alemania nazi.

Una de las historias sórdidas de aquella guerra es que los alemanes sabían que los aliados se fiaban poco de los rusos, y por ello, cuando descubrieron en el bosque de Katyn unas fosas comunes que contenían cerca de veinte mil

cadáveres<sup>[3]</sup> de la oficialidad del ejército y la intelectualidad polaca que no eran afines a la Unión Soviética y por ello murieron asesinados<sup>[4]</sup> en 1940, se dedicaron metódicamente a desenterrarlos y tomar nota de los datos de cada cadáver, preparando una operación de propaganda anti soviética para destruir la alianza de los rusos con ingleses y americanos. Para ello, cada día enviaban mensajes al Alto Mando, y por lo tanto a través de los códigos de la Enigma, incluyendo los nombres de los muertos para que fuesen reenviados más adelante por vía diplomática a británicos y norteamericanos. Y ello con mensajes que incluían muchos nombres raros por la profusión de letras poco frecuentes en inglés pero que eran frecuentes (apellidos) en polaco. Al principio, los que descifraban esos mensajes creían que lo estaban haciendo mal o que eran mensajes sin sentido, y trabajaron mucho en asegurarse de que lo estaban descifrando bien, hasta que cayeron en ello (Marian Rejewski quizá tuvo algo que ver). En el proceso, se convencieron más aún de que iban por el buen camino.

De todos modos la alianza antialemana prefirió ignorar el tema antes que perder la colaboración del frente ruso en la lucha contra los nacionalsocialistas, aunque ello les ayudó a seguir perfeccionando sus técnicas de descifrado y es otro ejemplo de que cifrar lo que no hacía falta «comunicar en secreto», aunque sea normal, es otra de esas tonterías que se hacen y «desgasta» el sistema de cifrado; en esas fechas les costó carísimo a los aliados orientales de los alemanes, como vamos a ver a continuación.

## **EL OCÉANO ERA GRANDE Y LA INFORMACIÓN ESCASA**

En una determinada fase de la guerra en el Pacífico, los norteamericanos estaban en franca retirada, habían hundido casi toda su flota en Pearl Harbor y, gracias a que en un caso de clara imprudencia los habían sacado esos días del puerto para unas maniobras «sin escolta», les quedaban en ese momento unos escasos tres portaaviones, uno de ellos gravemente averiado. Con esos tres barcos tenían que cubrir todo el océano de los océanos.

Además parecía inminente un desembarco de los japoneses que, con sus

cinco portaaviones pesados y unos pocos más ligeros además de una potente flota de apoyo formada por acorazados, cruceros, etc., podían golpear con mucha fuerza donde sea que decidiesen atacar, y casi con la seguridad de que no iban a encontrar oposición salvo que tuviesen la mala suerte de atacar por donde estaban los portaaviones norteamericanos, y sólo si estaban todos en el mismo sitio.

Los posibles puntos de desembarco eran infinitos, desde las Aleutianas (donde efectivamente atacaron los japoneses como «maniobra de distracción») en el norte hasta, incluso, California o el Canal de Panamá por el sur, pero pasando por infinitas islas que por el camino podían ser una base de aprovisionamiento para siguientes ataques y sin olvidar el jugoso botín que les supondría atacar el territorio australiano o la India. Los norteamericanos necesitaban información sobre «dónde» iban a atacar los japoneses; sin embargo, se movían a ciegas a la hora de combatir en el océano. Y el Pacífico es enorme.

## **LOS JAPONESES ERAN DISCIPLINADOS**

Los japoneses tenían sus propias técnicas de cifrado. No estaban tan mecanizadas como las alemanas, pero eran utilizadas con mucho cuidado y profesionalidad, cambiando los libros de claves de vez en cuando, por lo que pudieron preparar una operación tan compleja y espectacular como el ataque a Pearl Harbor como si nadie les escuchase. Después de eso se han podido oír muchas «teorías de conspiraciones» diversas y variadas acerca de que los norteamericanos «sí» sabían que les iban a atacar en Pearl Harbor, algunas ingeniosas y creíbles, pero por si acaso hay que tenerles un gran respeto a los métodos de cifrado de los japoneses, que utilizaban un libro de codificación con 33 333 palabras, sílabas y letras que convertían en números de cinco cifras que luego combinaban según otro libro de claves, que era el que podía cambiar de un mes a otro.

Que los expertos en cifrado norteamericanos no tuvieran éxitos espectaculares no quiere decir que no trabajasen bien y que no hiciesen todo

lo que estaba a su alcance para saber qué órdenes radiaba el alto mando japonés a los capitanes de su flota. De hecho, el código japonés, que los norteamericanos llamaban JN25, al poco de comenzar la guerra ya estaba descifrado en su mayor parte, pero eso no era una ventaja decisiva en algunos momentos, porque cada vez que cambiaban los libros de claves los norteamericanos se volvían a quedar sordos durante unas semanas, y porque el cifrado lo complementaban con técnicas simples pero efectivas al referirse al «objetivo AF» sin detallar qué lugar del océano era «AF».

Una de esas cosas que estaba al alcance de los gabinetes de cifrado norteamericanos, aunque es una tarea laboriosa y de muy pobres resultados, es el «análisis de tráfico», que no es más que llevar la cuenta de los mensajes que se envían, sus orígenes, clasificarlos por diversas tipologías (algunas veces nada más que por si son «largos» o «cortos»). Es una labor oscura y poco productiva, pero a veces tiene sus momentos de gloria.

Y el análisis de tráfico les decía que los capitanes de la flota imperial se cruzaban un número inusualmente alto de mensajes con sus mandos que mencionaban un objetivo llamado «AF». Ese «AF» podía ser el lugar del desembarco principal, pero no sabían qué parte del Pacífico era llamada así por los japoneses en sus códigos, aunque sí habían llegado a saber cómo cifraban algunas cosas, como la palabra «agua» por ejemplo.

## **TIRARON DE LA LENGUA**

Lo que hicieron entonces los norteamericanos fue generar mensajes falsos, sin cifrar de una manera rigurosa, con informaciones que podían ser importantes para los japoneses. La isla de Midway está en mitad de la ruta que necesitaban los aviones de entonces para atravesar el océano (volaban de California a Hawái, de allí a Midway y de allí a Guam o a Wake, desde donde ya tenían autonomía para llegar a Australia y la India o incluso a China) y era uno de los destinos probables de los japoneses. Así es que desde allí emitieron un mensaje diciendo que tenían problemas con la potabilizadora de «agua». Hay que suponer que también lanzaron mensajes-



cebo referidos a otros destinos, pero el mensaje que pasó a la historia fue el de Midway.

## **Y LOS JAPONESES PICARON**

Los japoneses, desde alguna estación de radio perdida en una de las miles de islas del océano, no perdieron tiempo en transmitir esa noticia a sus mandos aunque, en un fallo de dimensiones históricas, lo transmitieron «cifrado» y los norteamericanos, al ver que en las siguientes horas salía un mensaje que hablaba de agua y de «AF», por fin supieron que «AF» era Midway, colocaron todas sus fichas en esa casilla del tablero de juego, sorprendieron a los japoneses, hundieron una parte muy significativa de su flota y a partir de ese día dejaron de estar en retirada para pasar a la ofensiva en el Pacífico.

## **EL PROBLEMA DE HABLAR MÁS DE LA CUENTA**

«No tiene sentido cifrar una información que no es secreta». Si los japoneses no hubiesen cifrado la información de que en Midway había problemas con el agua, cosa que se supone que sus enemigos ya sabían, es posible que la historia se hubiese escrito con conclusiones bastante diferentes y, quizá, en otro alfabeto. Aunque tampoco es cosa de tachar de ineptos a los japoneses, porque los norteamericanos habían emitido el mensaje falso utilizando un sistema de cifrado que «creían» que los japoneses ya les habían conseguido descifrar. Por lo tanto, si los japoneses emitían sin cifrar el contenido de ese mensaje que habían descifrado, estarían delatándose y diciendo que ya lo podían descifrar y, por lo tanto, perdiendo la ventaja de saber descifrarlo. Fintas en las fintas de las fintas de las fintas.

## **CITA CON EL DESTINO**

Todavía la criptografía fue protagonista de otro episodio clave de la Segunda Guerra Mundial, para nada glorioso como «hecho de armas», pero que tuvo una importante influencia en el desarrollo de las últimas fases de la guerra en el Pacífico.

Los norteamericanos detectaron y descifraron un mensaje en el que se anunciaba un viaje de inspección a varias bases por parte del almirante Isoroku Yamamoto. El mensaje era muy preciso en cuanto a horario y Yamamoto era alguien riguroso en el cumplimiento de sus planes, por lo que se podía dar por hecho que iba a estar en esos sitios y a esas horas. Y en uno de los trayectos, al acercarse a la isla de Bouganville, podía estar al alcance de los cazas pesados P-38 Lightning (más lentos que los demás, pero de mayor radio de acción). La oportunidad de, digamos, «eliminar» al más admirado almirante japonés era única; muy por los pelos, porque estaba en el límite de lo que los P-38 podían alcanzar, pero era posible si Yamamoto era puntual.

Los norteamericanos le tenían un auténtico respeto a Yamamoto, como militar y como persona; y el respeto era mutuo, pues Yamamoto había estudiado en Estados Unidos, conocía bien el país y se había opuesto a que Japón le declarase la guerra. Pero cuando fue inevitable, se dedicó a ello no sólo con disciplina, sino con todas sus fuerzas y profesionalidad. No obstante, por la misma razón, su muerte era la posibilidad de acortar la guerra de forma apreciable.

Los P-38 despegaron con depósitos auxiliares para aumentar su alcance, pero incluso con esa ayuda al llegar a la zona del ataque sólo dispondrían de catorce minutos de plazo para volverse, si querían llegar de vuelta a su aeropuerto. Se presentaron en el punto elegido a las 8:33. A Yamamoto se le esperaba por allí a las 8:35. Fue puntual.

Los norteamericanos derribaron los dos aviones de transporte japoneses y varios de los cazas Mitsubishi-Zero de escolta, perdiendo un P-38 en la escaramuza. El almirante Yamamoto fue encontrado casi sin heridas aparentes pero muerto en su avión que, con un motor averiado y un ala rota, se estrelló en la selva de Bouganville. Heridas aparte, murió por su

puntualidad (los relojes japoneses han heredado ese rasgo) y por confiar en un sistema criptográfico que ya había sido, a esas alturas, sobradamente sobrepasado por los técnicos de los gabinetes criptográficos norteamericanos.

## **UNA INSTALACIÓN POCO SERIA: LOS ÁLAMOS Y EL PROYECTO MANHATTAN**

Como se ve, en asuntos de seguridad la paranoia no es una enfermedad mental sino una virtud profesional; los profesionales no siempre están donde se les necesita y, muchas veces, no están allí porque «alguien» decide que sobran. Ese «alguien» se suele equivocar, pero a veces las cosas le salen bien por casualidad y quienes menospreciaron la seguridad sacan la conclusión, aún más equivocada, de que tenían razón. Un ejemplo es el Proyecto Manhattan en Los Álamos.

¿Se imaginan ustedes una instalación militar nuclear con los sistemas de seguridad de la «Señorita Pepis»? Pues haberla, la hubo. Estamos hablando de Los Álamos, donde se planeó y creó la primera bomba atómica, y donde surgió de la nada media industria nuclear contando para ello con los mejores cerebros de la época que quisieron colaborar en el Proyecto Manhattan.

A nadie hay que decirle que a los militares les gusta la seguridad y el secretismo, pues en su oficio es necesario y obligado. Lo que ya no es habitual es que los científicos lo adopten con facilidad, pues su espíritu es que el conocimiento debe ser público. Evidentemente hubo colisión de modos de trabajo y modos de vida. El proyecto estuvo a punto de fracasar de origen, pues el científico principal (Oppenheimer) tenía en su contra entre otras cosas haber tenido una novia comunista (y eso que en la Segunda Guerra Mundial americanos y soviéticos luchaban juntos), por lo que le pusieron vetos que finalmente terminaron levantando porque «Opi» era un organizador nato, sabía elegir los colaboradores adecuados y tuvo el apoyo total del general Groves (que, a cargo del proyecto a nivel militar, era alguien efectivo: venía de terminar de construir el Pentágono).

Hubo que captar a cada uno de los especialistas allí donde estaba, bien en

Estados Unidos o en Inglaterra, trasladarlo a las instalaciones correspondientes y ponerle a trabajar, construyendo para ello los laboratorios que necesitasen. Y todo contra reloj.

Según cuenta Richard Feynman (realmente Feinmanovich, hijo de emigrantes rusos) la seguridad era una obsesión, pero con fallos catastróficos para quien supiese leer. Por ejemplo, para trasladar al personal hasta Albuquerque (y desde allí a Los Álamos) se pedía a la gente que fueran en grupos de pocas personas (a poder ser familias) para no dejar pistas. Pero como cada experto era de un sitio distinto, de repente una estación relativamente poco importante empezó a tener en un corto tiempo un flujo de personas abundante que luego no volvían a coger el tren. Además, enviaban todo el material (cientos de toneladas, a la postre) desde la misma estación de origen cercana a la universidad o la empresa (cientos de cajas al mismo sitio y desde el mismo origen). Y muchas veces con el mismo destinatario.

Si ya parece que lo hemos visto todo, tan sólo hemos visto la parte externa, pues la seguridad era aparente, ya que tiene que dar mucho «cante» que en mitad de una zona desértica hagan en 1940 una carretera de varios carriles (por si hay que evacuarlos a toda velocidad, como si ante una explosión nuclear fuera posible salvarse corriendo).

Dentro de la base ocurría en toda su crudeza el choque de modos de ver el mundo. Todos los que tenían conocimiento directo y concreto de alguna fase del proyecto tenían que tener la información guardada en cajas de caudales o archivadores de seguridad (con llave o cerradura de seguridad). Y a los que no estaban en el ajo se les decía lo que tenían que hacer, dudando de que supieran estar callados, así que se les indicaba hasta el modo de hacerlo, pero no se les decía por qué tenían que hacer lo que hacían.

Feynman era alguien fuera de lo corriente en la manera de ver el mundo y era muy joven (todavía no había ganado su Premio Nobel), por lo que alguna de las veces que estaba transmitiendo lo que debían hacer otros, ante las preguntas o afirmaciones del tipo «¿por qué hay que hacer esto tan raro?» o «por lo que vemos parece que queréis fabricar tal cosa», confió en ellos y les dijo lo que necesitaban. El resultado fue algo que parece obvio: si te dicen lo que quieren de algo en lo que tú eres experto (y el que lo pide no lo es),

puede ocurrir (ocurre casi siempre) que hay modos mejores de hacerlo que los que se le hayan ocurrido al que lo pide. Feynman cuenta que cuando dijo lo que quería a un grupo de trabajo, sabían que como lo pedía era un método malo y lento, y que la ciencia ese tema lo había resuelto hacía tiempo bien y rápido, con lo que la solución se aceleraba sola.

Confiar ayuda casi siempre entre gente cabal; desconfiar sólo provoca susceptibilidades y atrasos. Pero los jefes de división (casi todos científicos) llevaban mal la manía de la seguridad, así que las combinaciones de las cajas fuertes eran las de origen tal como salen de fábrica —siempre las mismas, para no crear problemas a los vendedores— en la mitad de los casos, y en la otra mitad eran las clásicas fechas de nacimiento, boda y similares. Los puristas usaban códigos raros (como el famoso número  $\pi$  o el algo menos famoso número  $e$ ). Y a nadie se le había ocurrido que los fabricantes de archivadores suelen desbloquear la cerradura con maniobras sencillas que se sabe cualquiera del gremio, ni que los carpinteros llevan toda la vida abriendo puertas a la gente que se ha dejado las llaves dentro de casa.

Resultado, de cara a los militares se guardaban las apariencias pero, en el fondo, aquello era el paraíso de los espías.

Y si creen que el recinto tenía al menos un perímetro controlado, lo llevan claro, pues había zonas sin vigilancia, alambradas rotas por los animales salvajes de la zona (al cabo de unos cuantos animales que hacen saltar la alarma dejas de salir corriendo a ver quién se ha colado o quién se ha escapado). Feynman relata cómo salía por alguno de los agujeros de la alambrada, saludaba al guarda de la entrada a la que volvía por la puerta, volvía a salir por la alambrada rota, volvía a entrar, y lo hacía varias veces seguidas sin que nadie le llamara al orden.

Lo extraño es que los rusos no tuvieran la información al momento. La verdad es que lo difícil era irse de un lugar a cien kilómetros de ninguna parte hasta un sitio donde pasar la información, y la guinda del pastel es que uno de los pocos que tenían coche en aquel lugar y siempre estaba dispuesto a «ayudar» a otros era el que pasaba la información. Tristemente, condenaron a un matrimonio judío por ello, cuando lo que pasaban era «peccata minuta» frente a la ciencia de alto nivel que pasaba libremente «el del coche».

Y no sabemos si para la humanidad en su conjunto eso fue «buena» o «mala» suerte porque, tal como se hicieron las cosas, los soviéticos obtuvieron pronto la bomba atómica y, si los años de la Guerra Fría se hubieran desarrollado con sólo uno de los ejércitos armado con ella quizá el mundo sería hoy muy diferente. Por supuesto sería en exceso atrevido decir si para mejor o para peor.

## **TORRES MÁS ALTAS NO HAN CAÍDO**

Desde los éxitos criptográficos de los norteamericanos en la guerra del Pacífico, y pasando por los éxitos por los pelos de su seguridad en el programa nuclear militar, todavía en los últimos años del siglo XX y más allá, Estados Unidos ha sufrido una espectacular derrota propiciada por el buen uso que uno de sus enemigos asiáticos hizo de las comunicaciones cifradas.

Los servicios secretos norteamericanos presumen de espiar todos los correos electrónicos del planeta, pero no detectaron que Al Qaeda estaba planeando el atentado a las Torres Gemelas, pese a que en su preparación los terroristas utilizaron profusamente, y durante años, el correo electrónico, incluso viviendo largas temporadas en Estados Unidos. Pero es que sus mensajes los enviaban cifrados, como hacen cada vez más empresas y particulares.

La peor de las ironías es que para el cifrado utilizaron el *software* PGP (Pretty Good Privacy), creado de forma altruista por Phil Zimmermann bajo la bandera de las libertades personales y los derechos de las personas a, por ejemplo, la privacidad. Es un programa gratuito y norteamericano.

## **Capítulo 2. Del Z3 al Pentium II: una historia de fallos crecientes**

Después de la Segunda Guerra Mundial la informática siguió un curso ascendente imparable. Plagado de desastres, pero todos ellos desastres comerciales en los que una empresa apostaba por una solución que se demostraba equivocada o, al contrario, grandes empresas menospreciaban tecnologías que más adelante resultaban ser triunfadoras.

El primero de esos casos se dio nada más terminar la guerra: los británicos habían desarrollado el Colossus, que bien podía haber evolucionado hasta ser uno de los primeros computadores operativos, pero como su mera existencia era un secreto militar, nunca salió a la luz y los británicos también perdieron esa oportunidad histórica.

Los alemanes también tuvieron su oportunidad, porque la Z3, creada por Konrad Zuse en 1941, era a todos los efectos un ordenador moderno (aunque su velocidad de reloj no se medía en gigahercios ni en megahercios ni el kilohercios: era de unos cinco hercios, «cinco» pasos por segundo a contrastar con los «miles de millones» de los ordenadores en los que se ha escrito este libro). Pero bueno, los alemanes perdieron hasta la guerra y el Z3 resultó destruido en un bombardeo; el que ahora adorna una de las salas del Deutsche Museum es una reproducción construida veinte años después.

Así es como los publicistas norteamericanos defienden que el ENIAC fue el primer ordenador de la historia y la mayoría está de acuerdo, aunque no era programable en la misma medida que los actuales mientras que el Z3 lo era al cien por cien y el Colossus estaba muy cerca.

## **ARREBATANDO LA DERROTA DE LAS MISMAS FAUCES DE LA VICTORIA**

Más adelante la lucha comercial entre IBM y Sperry-Univac se saldó con la victoria de la primera, pese a que los diseños de la segunda eran en general más avanzados desde el punto de vista técnico, demostrándose desde muy al principio que la mercadotecnia era mucho más decisiva en esta industria que la propia tecnología. En aquellos días se decía que Sperry-Univac había conseguido «arrebatar la derrota de las mismísimas fauces de la victoria».

Los años cincuenta, y los sesenta, e incluso la mayor parte de los setenta, fueron relativamente aburridos para esta tecnología, con una hegemonía absoluta de IBM y sin grandes problemas, dado que era una compañía en extremo conservadora que no asumía riesgo alguno, porque su superioridad comercial le permitía ir siempre sobre seguro. En los años ochenta, sin embargo, a la vez que los ordenadores personales empezaban a socavar los cimientos del Gigante Azul (así se llamaba a IBM), otras compañías encontraron un hueco comercial que IBM no atendía con la misma pujanza que el de los grandes ordenadores centrales: en el mercado de los miniordenadores sí que había una cierta competencia.

Varias compañías prosperaron, una de ellas lo bastante como para llegar a convertirse en determinado momento en la número cuatro del *ranking* mundial de empresas, sólo por detrás de General Motors, Ford e IBM: era Digital Equipment Corporation.

## **CUANDO UN INGENIERO DIRIGE UNA EMPRESA...**

Pero Digital Equipment Corporation también cayó, y en su caso lo hizo de una forma espectacular: ya no existe, fue comprada por Compaq y esta, a su vez, fue absorbida por Hewlett Packard (la adquisición de Digital Equipment Corporation le produjo una seria indigestión a Compaq). Pero lo interesante para este capítulo es que Digital Equipment Corporation cayó por



unas cuantas meteduras de pata espectaculares que todavía se estudian en las escuelas de negocios.

Empezó su presidente y socio fundador, un tal Ken Olsen, declarando públicamente que «No hay necesidad de tener una computadora en cada casa<sup>[5]</sup>». Poco después sacó al mercado la compañía su propia versión del ordenador personal y produjo unos modelos cuyo diseño, en el momento en el que el mercado estaba lleno de propuestas para hacer todos los ordenadores a imagen y semejanza del de IBM, los hacía estrictamente incompatibles con los de todos los demás.

Para rematar, cuando el mercado de los miniordenadores también estaba saturado de iniciativas para utilizar todos un mismo sistema operativo (el UNIX, abuelo del Linux), Ken Olsen volvió a soltar una de sus perlas: «El sistema operativo de Digital Equipment Corporation, el VMS, es mucho mejor». Y seguramente lo era, pero los clientes estaban pidiendo ordenadores que fueran compatibles unos con otros y que comprar una máquina a una marca no implicase que todas las siguientes tendrían que comprárselas al mismo proveedor: preferían algo no tan brillante, pero que se pudiese comprar a cualquiera o, en otras palabras, que hubiese competencia y resultase mucho más barato.



Ken Olsen, a la derecha de la foto, promocionando su idea de ordenador personal.

Apartar de la presidencia de la compañía a Ken Olsen (buen ingeniero

pero pésimo adivino) no fue suficiente y la propia marca acabó desapareciendo pese a estar en el origen de los miniordenadores, de internet, de las redes locales y de tantos otros avances técnicos.

## **HUBO UN TIEMPO EN EL QUE LOS ORDENADORES NO FALLABAN...**

Una herramienta que hasta entonces no había fallado, y estamos ya en la segunda mitad de los años noventa, eran los propios ordenadores. Hasta entonces los ordenadores podían incendiarse, les podía caer encima un meteorito o un avión, y entonces dejaban de dar los resultados que se les pedía, pero que dejaran de funcionar por las buenas era casi inconcebible.

Una anécdota hoy en día difícil de creer: los ferrocarriles de Irlanda tuvieron un ordenador (un VAX de Digital Equipment Corporation con sistema operativo VMS) en marcha sin interrupciones, ni rearranques, ni paradas de absolutamente ningún tipo durante más de quince años de funcionamiento «continuado». Quizá lo tengan en marcha todavía, pues a los quince años no es que tuviesen que pararlo, sino que uno de nosotros, FBR, perdió el contacto con ese cliente.

## **PERO YA PASÓ**

Sin embargo, la informática de consumo nos ha ido acostumbrando a otro panorama y hoy en día nos parece de lo más natural el que los ordenadores personales (e incluso los no tan «personales») se paren en los momentos más inesperados, con o sin excusa.

Hasta los años setenta en la ventanilla del banco o en la agencia de viajes nunca se ponía como excusa para que las cosas no salieran bien lo de que «los ordenadores, ya sabe», mientras que hoy en día es la primera excusa que surge ante cualquier desastre y, lo que es peor, es la excusa más aceptada. Sin embargo, hasta abril de 1997 los fallos venían de programas mal hechos,

fallos eléctricos, de cualquier parte menos de los microprocesadores, de las CPU de los ordenadores. Y el 11 de abril de 1997 un tal DAN (nombre clave) descubrió que los Pentium II fallaban al hacer una determinada operación matemática y daban un resultado inexacto. Lo peor de todo era que no resultaba fácil darse cuenta de que el resultado era erróneo: no se paraba el ordenador, no nos daba un mensaje, no parpadeaban los números ni las luces. Simplemente se equivocaba y seguía trabajando como si nada, disimulando y silbando.

Las acciones de Intel bajaron, sacaron nuevas versiones del procesador sin ese problema. No pasó gran cosa, pero sólo porque todo el mundo tenía ya bien asumido que los ordenadores personales fallaban y otro nuevo fallo no le hizo cambiar su forma de trabajo a casi nadie.

Los ordenadores han recorrido un largo camino en dirección contraria al resto de las facetas de la tecnología: los aviones son ahora infinitamente más seguros que un siglo atrás, los coches son mucho más eficientes y muchísimo más duraderos, las naves espaciales son cada vez incluso más baratas; y los ordenadores fallan cada vez más y más gravemente y, para colmo, están atacados por unos virus cada vez más eficaces.

## **Capítulo 3. Los virus informáticos**

Los virus informáticos son uno de los grandes desastres tecnológicos del siglo XX, sin ninguna duda. Pero, a la vez, no hay manera de resaltar un desastre en concreto como ejemplo ni escarmiento. El desastre está distribuido democráticamente entre todos y cada uno de los millones de usuarios de los ordenadores de todo el mundo que alguna vez han sufrido inconvenientes, retrasos o pérdidas de datos por su culpa, con la extensión a las empresas que, a partir de cierto tamaño, tienen que dedicar recursos concretos (personas, máquinas, sistemas de protección, etc.) a luchar contra los virus y, a la postre, esos gastos terminan siendo repercutidos en el precio de lo que sea que venden y lo terminan pagando los clientes de a pie, que somos las víctimas finales de todo lo que funciona mal.

Ya que no podemos estudiar casos ejemplares, vamos a desarrollar este capítulo como una visión general de qué son y cómo «trabajan» esos elementos malditos conocidos con el nombre genérico de virus.

### **EL PROBLEMA MÁS RUINOSO DEL MERCADO**

Hay que empezar por decir que no se puede realizar una foto —estática— de la situación, sino más bien una película —dinámica: en constante movimiento, con un «argumento» que cambia a cada minuto— de lo que sucede día a día. En esta película aparecen pocos buenos y muchos malos, aparecen gusanos monstruosos, epidemias, espías con armas altamente sofisticadas, ejércitos invasores y hasta románticas cargas de la caballería

ligera. Pero no se debe olvidar, en ningún momento, que se trata de la «película» de mayor presupuesto de la historia, pues la práctica totalidad de las empresas se gastan en su supervivencia grandes sumas de dinero para protegerse de esos ataques y, quien no invierte en esas protecciones, en algún momento se gasta sumas aún mayores en recomponer los destrozos del ataque de un virus o de un auténtico y más tradicional ladrón.

Un dato: ya en el año 1984, todavía antes de la invasión de los ordenadores personales y de internet, el «producto» de los robos y fraudes informáticos en Europa Occidental era diez veces superior al de los atracos a mano armada en sucursales bancaria. Y según los incidentes comunicados al CERT (organismo relacionado con el CNI español), desde 1997 se está entre duplicando y triplicando cada año el número de problemas de seguridad de los que se informa, lo que no incluye los incidentes caseros ni en pequeñas empresas.

Podemos intentar establecer una clasificación, primaria, de las amenazas que sufre el *software* en función de si se trata de ataques dirigidos por personas —¿James Bond? o quizá ¿Robin Hood?—, o de ataques automáticamente realizados por programas que, por supuesto, en su día tuvieron una persona detrás, pero que les dejó que realizaran su daño de forma autónoma y desatendida —¿Terminator?—. En otras palabras, estamos hablando de intrusiones de alguien o de programas autorreplicables.

## INTRUSIONES

La intrusión típica es un acceso a sistemas protegidos, ya sea para exhibir habilidad (lo que hacen los *hackers*, el equivalente a un Robin Hood muy presumido) o para conseguir o manipular la información (el objetivo de los *crackers*, James Bond, simples rateros o alguien peor). En el segundo caso, en muchas ocasiones, el agresor busca un beneficio personal e inmediato, ya sea dinero, ya hacer daño a entidades concretas por venganza o por cualquier otro motivo.

Los métodos de una intrusión son muy variados y, como ya hemos

apuntado más arriba, no se ajustan a patrones estables sino que van evolucionando en el tiempo. Y los que nos defendemos debemos buscar y tapar todos los agujeros de nuestras defensas, pero el atacante tiene una labor relativamente más sencilla, pues a él le basta con encontrar un solo agujero en la muralla para entrar y hacer efectivo todo su ataque.

De todas formas sí que hay ciertos patrones y métodos genéricos, como los que se detallan a continuación.

## **SUPLANTACIÓN DE USUARIOS**

En este caso el atacante, de alguna manera, se hace pasar por una persona con acceso «lícito» a los sistemas. Esto puede conseguirlo robando sus claves de acceso de alguna forma, engañando —en persona— al administrador de los sistemas para que le dé su propia clave o, en ocasiones, utilizando la coacción física sobre cualquier usuario cualificado (es el caso de quien atraca a alguien delante de un cajero automático para que teclee la clave). Evidentemente, una vez obtenida una clave, se dispone de acceso a los sistemas durante un tiempo y se puede realizar con cierta calma el daño, robo o lo que toque.

## **INTERCEPTACIÓN DE LÍNEAS**

Las líneas por las que viajan nuestros datos —e incluso todo el trasiego de las consultas desde terminales remotos, incluyendo a veces las propias claves de acceso a los sistemas— salen de nuestro edificio y recorren la ciudad por caminos muy solitarios —sótanos, galerías de servicios, centrales telefónicas completamente automatizadas— y, por lo tanto, allí son susceptibles de manipulación por parte de los atacantes. En las comunicaciones más clásicas basadas en los circuitos de voz, es bastante sencillo instalar sistemas de «escucha» que graban o transmiten a terceros nuestras conversaciones, por ejemplo —¿qué película clásica de policías y

ladrones no incluye algo así?—. Pero por esos mismos circuitos viajan hoy nuestros faxes y muchas conexiones remotas a sistemas que pueden ser interceptadas en varios puntos del (desenfilado) camino que siguen entre nuestro terminal y el extremo contrario.

Los equipos de interceptación más sofisticados no necesitan ni siquiera acercarse a los cables para «escuchar» lo que por ellos circula, sino que lo consiguen por medio de antenas a cierta distancia; incluso, en algunos casos, desde satélites. El caso más espectacular puede ser el de la Red Echelon. Se trata de una supuesta red anglo-norteamericana de espionaje que está «escuchando» todas las comunicaciones posibles en todo el mundo, por medio de electrónica incluida en las centrales telefónicas de fabricación norteamericana, antenas próximas a otras centrales e incluso satélites de órbita baja. Puede parecerle fantasioso a alguno, pero es una acusación que ha sido hecha públicamente por los gobiernos europeos —con la obvia excepción del británico— y no ha sido convincentemente desmentida.

Incluso, tras los sucesos del 11 de septiembre de 2001, el Gobierno norteamericano ofreció los datos obtenidos —presumiblemente por la Red Echelon— a los otros gobiernos que luchan contra el terrorismo internacional, como es el caso del español frente a ETA, dando lugar no solamente a avances en la lucha antiterrorista, sino a la paradójica situación de que un Estado agradece a otro Estado la recepción de información obtenida con el espionaje de su propio territorio soberano.

Insistamos de nuevo en que toda la información de Echelon no está contrastada con una confesión oficial de los involucrados y se basa en acusaciones e indicios, si bien amplios y más o menos públicos<sup>[6]</sup>. La defensa ante estos ataques, sin embargo, es tan simple como «cifrar los datos»: hay que hacerlo siempre que se pueda, y la mayor parte de las veces es gratis.

## **INTRODUCCIÓN DE CÓDIGO MALICIOS (DAÑINO O NO) EN LOS PROGRAMAS**

Se trata de hacer que un programa —posiblemente un *software*

preexistente adecuadamente modificado para ello— haga «el trabajo» de comunicación, modificación o destrucción de datos. No deja de ser una variante de los puntos anteriores, respecto a los que, «simplemente», se ha automatizado el proceso.

Tiene las mismas dificultades —más o menos— introducirse en un sistema «en persona» que introducir un programa que haga lo que haríamos interactivamente, pero hacerlo con un programa exige una información más precisa y mejor preparación. Por contra, el programa malicioso puede (potencialmente) operar durante más tiempo sin ser detectado, por ejemplo esperando que suceda un acontecimiento clave, y es más difícil rastrear después al responsable, que puede estar aprovechando los resultados desde una considerable distancia.

Todo esto puede hacerse —o, al menos, intentarse— introduciendo el programa malicioso directamente en el sistema que se intenta atacar o, por el contrario, intentarlo a través de que el programa malicioso sea autopropagable; es decir, que se introduce en otro sistema —en la misma red, pero en un sistema (un ordenador) menos crítico, menos protegido, más débil — y que, con métodos descritos en los siguientes puntos, se propaga hasta entrar en el sistema que era el objetivo principal del atacante.

## **ATAQUES DE DENEGACIÓN DE SERVICIO**

Un caso especial de los ataques de *software* es el ataque de «denegación de servicio». Se trata de provocar la ejecución de un enorme número de transacciones en el sistema atacado —por ejemplo pidiendo una información libre y lícita, pero pidiéndola millones de veces por segundo— con la intención de colapsar el sistema e impedirle dar el servicio para el que está previsto. Es un tipo de ataque de muy difícil defensa, muy especializado, «y muy frecuente».

Por ilustrarlo con algunos ejemplos, la empresa SCO, licenciataria del sistema operativo Linux y con sede en Salt Lake City, publicó en determinado momento su intención de demandar a la mayoría de los grandes



usuarios del Linux —pero que no lo habían adquirido a través de ella— porque el código incluía partes del sistema operativo Unix —del que también ostentan la licencia—. La comunidad de usuarios de Linux a lo largo y ancho del planeta se dedicó durante un tiempo a bombardear con protestas el correo electrónico de SCO con la declarada intención de inutilizarlo, cosa que, como la carga que anunciábamos de la romántica caballería ligera, consiguieron plenamente.

Otro ejemplo puede ser el de un anuncio que circuló hace un tiempo por la red en el que se daba, con todo detalle, la oportunidad de ganar un teléfono celular de última generación enviando un mensaje a una determinada persona de Ericsson en Estocolmo. Esa persona, una directiva que realmente trabajaba en la compañía, tuvo que cambiar de correo electrónico ante los miles de mensajes que le llegaban y que, evidentemente, no se correspondían con una oferta real de Ericsson. Se descubrió que el origen de todo estaba en un empleado recientemente despedido por esa directiva y que urdió aquella novedosa venganza.

Lo más normal, sin embargo, es que los ataques de denegación de servicio tengan objetivos económicos y empresariales. Por ejemplo, la empresa de la que uno de nosotros era directivo en un determinado momento de su carrera, compitió por un importante contrato con varias otras (de las que, obviamente, no podemos dar datos, porque nunca se demostró cuál era la responsable) y uno de los parámetros decisivos para el cliente era la calidad de las comunicaciones y velocidad de respuesta ante determinadas peticiones a través de la red.

Casualmente, en los días en los que el aspirante a cliente estaba haciendo sus medidas, una masiva llegada de peticiones de datos, mensajes erróneos (que hay que filtrar, archivar, quizá contestar, y todo eso es trabajo para los ordenadores) y simples escrituras y lecturas en los directorios públicos de la compañía dejaron los ordenadores de servicio por completo saturados con hasta cien veces más tráfico del habitual. El aspirante a cliente se llevó muy mala impresión de la velocidad de respuesta y, por supuesto, firmó el contrato con otro de los aspirantes a suministrador, uno que en esos días no había sufrido ningún ataque de denegación de servicio y había dado un

tiempo de respuesta muy normal.

Y si se buscaba el origen de tanto desaguisado, por supuesto, no se encontraba a ninguna empresa conocida por los alrededores: esos ataques se pueden contratar, lo mismo que el envío de correos basura o tantas otras cosas; se trata de «servicios» que tienen su lista de precios y son ofrecidos por empresas que cotizan en bolsa, en las bolsas de países que, típicamente, tienen nombres difíciles de pronunciar y cuyas capitales nos cuesta aprender, porque en su mayoría son estados que se separaron de la extinta Unión Soviética, que tenían una infraestructura industrial más o menos aceptable y cuyo acceso al capitalismo ha sucedido de forma desordenada y fuera de todo tipo de tratados internacionales.

Un caso muy actual es el de la «organización» que reivindica sus ideas bajo el nombre de Anonymous, la cual utiliza una y otra vez este tipo de ataque con cierto éxito aprovechándose de la sorpresa y de la falta de preparación de tantas organizaciones que basan sus defensas en una buena batería, de abogados.



La máscara que utilizan los miembros de *Anonymous*.

## **PROGRAMAS MALICIOSOS AUTOPROPAGABLES**

En los últimos párrafos hemos estado dando por supuesto que un atacante, una persona, estaba dirigiendo el ataque para obtener un resultado concreto. Pero otras veces, muchas veces, el objetivo no es más que hacer daño de una forma genérica, como quien coloca minas en el campo para «atacar» a cualquiera que pase, sin importar demasiado a quién perjudique.

Si a esa imagen de la mina explosiva le añadimos la posibilidad de que al estallar siembre de otras nuevas minas los alrededores, tenemos un programa dañino autopropagable o, en una referencia más cinematográfica, un programa autorreplicante, lo cual, demos gracias al cielo, no tiene parangón entre las armas «clásicas» salvo el desgraciado caso de algunas armas bacteriológicas.

Los programas maliciosos autorreplicantes suelen seguir una pauta de comportamiento en tres fases claramente diferenciadas:

1. *Infección*. Es la fase en la que se introducen en un sistema por el mecanismo que sea, se instalan, se integran en programas preexistentes, toman información del sistema residente, etc. Veremos más adelante algunos de los mecanismos de infección actuales.

2. *Contagio*. Es la fase en la que se copian, se autorreplican en sistemas vecinos por el mecanismo que sea —últimamente suele ser por varios mecanismos a la vez—. Entre estos mecanismos se pueden encontrar hoy en día —mañana quién sabe— los siguientes:

- Reenvío por correo electrónico. Es el mecanismo más popular y más visible.
- Búsqueda de otros ordenadores en la red con servicios compartidos, principalmente discos o directorios compartidos. En esa búsqueda pueden llegar a abrir directorios cuya clave de acceso hayamos memorizado y copiarse a esos directorios. Es de destacar que se podría decir que los sistemas en cuyos discos se ha copiado el programa malicioso pero no han ejecutado dicho programa son portadores del contagio, pero todavía no han desarrollado la «enfermedad».
- Infección de programas, documentos, películas, etc., que sean susceptibles de ser intercambiados con otros sistemas. En ese caso el contagio se produciría al enviar el documento infectado a su destinatario por la vía que sea, incluso en una memoria USB.

La fase de replicación suele ser un período relativamente largo de tiempo y a veces se menciona como fase «durmiente» del programa malicioso,

durante el cual no suele dar ninguna otra señal de vida. Para el programa malicioso es fundamental que nadie le «moleste» durante su «reproducción», pues es su garantía de supervivencia.

3. *Daño*. Es la fase destructiva —en mayor o menor grado— en la que hacen la labor para la que están programados. Es de destacar que nunca un *malware* hace daño antes de haber tenido una oportunidad de reproducirse pues, si no fuera así, si atacara antes de reproducirse, moriría a la vez que su víctima sin provocar ulteriores contagios.

Otras veces, cada vez más, el daño consiste en dejar el ordenador abierto para que quien hizo el programa pueda entrar y hacer lo que quiera con él, por ejemplo sacarnos a relucir las claves de acceso a nuestro banco (hablaremos de ello en el capítulo de fraudes bancarios) o de nuestras tarjetas de crédito. Otras veces el mal uso que hace el delincuente del acceso a nuestro ordenador consiste enviar desde este los correos electrónicos de propagación de su *malware* o, cada vez más, utilizarlos como ordenadores zombis desde los que se envían los correos basura o los ataques de denegación de servicio.

Quien tiene el control del ordenador de otro puede hacer algunas cosas, pero este es un negocio de «volumen» y de lo que se trata es de controlar muchos ordenadores para que quien lo consiga no sólo pueda ofrecer «servicios» de envío de correos o ataques de denegación de servicio, sino que también pueda «comerciar» con esa red de zombis y venderla o alquilarla a otras organizaciones que medran en el lado oscuro de la tecnología.

También hay que decir aquí que muchos programas maliciosos no hacen ninguna labor destructiva explícita: no borran ficheros, no bloquean el sistema, no borran datos, ni lo dejan abierto a ser controlado por una red delictiva; pero, de todas formas, hacen daño en forma de desprestigio, de ralentización del ordenador —por estar haciendo otra cosa, aparte de lo que debe hacer— y, sobre todo, por la enorme cantidad de horas de trabajo de gente experta que se deben dedicar a «sanear» sistemas y redes infectadas, un gasto no productivo y que llega a tener una presencia significativa en la cuenta de resultados de alguna empresa frecuentemente atacada.

## MECANISMOS DE PROPAGACIÓN

Los mecanismos de propagación automática de este *malware* son también muy diversos y están en constante evolución, aunque se puede establecer una cierta clasificación siempre contagiada de referencias biológicas difíciles de evitar, por lo descriptivas y por lo extremadamente bien que se adaptan a la explicación:

**Virus.** Es el nombre que popularmente denomina todo tipo de programa malicioso aunque, en rigor, un virus es un programa malicioso que se integra —infecta, contagia— en otro programa portador —infectado— y que bajo su apariencia inocente y sana se ejecuta en los sistemas, desde los que se replica, reproduce e infecta otros programas y otros sistemas.

Un poco más en detalle, un virus es una pieza de código que se añade al código de un programa, a veces sustituyendo una parte del código original. Es evidente que para hacer eso sobre un programa preexistente hay que conocerlo muy bien. Un virus concreto infecta, por lo tanto, ficheros muy determinados: su programación está desarrollada para modificar programas conocidos y, si modificara cualquier otro, el engendro resultante no sería viable ni tendría ninguna posibilidad de funcionar de forma coherente. Y es que el programa infectado debe funcionar básicamente bien para que el usuario del sistema lo siga ejecutando confiadamente: sólo un programa que está en ejecución puede hacer algo, sea bueno o malo.

Los programas infectados, por lo tanto, suelen ser los más normales y omnipresentes: los del sistema operativo o los de tratamiento de textos, diseño, etc. También es muy normal infectar documentos añadiendo a un documento cualquiera una función —macro— que hace que durante su edición o lectura se comporte como un programa dañino —virus de macro—. Cuando el programa infectado forma parte del núcleo del sistema operativo —infección en el sector de arranque del disco, por ejemplo—, los daños son especialmente difíciles de recuperar, siendo muy normal terminar el día resignados y reinstalando todo el contenido del ordenador desde cero.

**Gusano.** Un gusano, al contrario que un virus, no se integra en ningún

programa preexistente para convertirlo en maligno, sino que es en sí mismo un programa completo y autónomo. Su desarrollo, por lo tanto, es técnicamente mucho más sencillo, pero tiene por el contrario la dificultad intrínseca de conseguir parecer suficientemente atractivo como para que lo dejemos entrar en nuestro sistema y lo ejecutemos, aunque en realidad no hace nada positivo y sí mucho daño. Otra consecuencia de ello es que un gusano debe estar preparado para hacer todo su trabajo a la primera, pues no es probable que el receptor de este *malware* lo ejecute más de una vez.

La mayoría de los gusanos hacen uso de la llamada «ingeniería social» como parte de su técnica de infección. Generalmente se propagan como correos electrónicos que prometen con su «lectura» algo realmente atractivo, lo cual hace que la gente los abra, se sienta más o menos desilusionada con el resultado —en la mayoría de los casos ningún resultado, lo cual se achaca a que algo «ha funcionado mal»— y se suele olvidar el asunto. La fase de contagio ya ha terminado. El gusano suele, en ese momento, pasar a la fase de replicación, reenviándose por correo, copiándose en sistemas vecinos, etcétera.

La ingeniería social utilizada suele mejorar en cada ataque, pero empezó siendo simplemente un «Asunto» del mensaje del tipo «I love you», para pasar en los últimos tiempos a utilizar como asunto y texto del mensaje trozos de documentos sacados del último sistema atacado con éxito, con lo que multiplican su «realismo», falsean el remitente, cambian de forma cada pocos envíos, no contagian más de unos pocos sistemas cada día para no llamar la atención, etcétera.

Un caso extremo —y mucho más común de lo que se puede suponer— de utilización de la ingeniería social son los mensajes conocidos como «Hoax», que no contienen ningún código malicioso, pero describen un nuevo «virus que no detectan los antivirus y no hay vacuna y es muy peligroso», con detalles de que reside en un programa de nombre muy concreto de un directorio del sistema. Recomiendan borrarlo y, por supuesto «avisar a todos los compañeros, amigos y familia». El tal fichero a borrar no sólo no es ningún virus, sino que suele ser un programa del sistema operativo necesario para la buena marcha del ordenador, y que el usuario, tras avisar a toda

persona conocida, ha borrado incautamente de su PC, creándose un problema, además de unos cuantos enemigos entre sus conocidos, y ahorrando al creador de programas maliciosos bastante trabajo de programación.

**Bomba lógica.** Es un mecanismo que activa una función no autorizada al cumplirse ciertas condiciones. En la forma de «programa que deja de funcionar si no se cumplen a tiempo determinadas condiciones» es un recurso frecuentemente utilizado de forma «comercial» por algunas empresas de desarrollo de aplicaciones que dejan por ejemplo treinta días a prueba el programa, pero si en ese período no se introduce un código —proporcionado por el fabricante del programa cuando ha cobrado su precio— el programa, simplemente, se bloquea, deja de funcionar.

El mecanismo es el mismo, pero no se contempla con el mismo beneplácito cuando no se trata de cobrar un precio lícitamente acordado, sino de hacer daño cuando ya se está suficientemente lejos. Es normal, en los casos en que algo así sale a la luz, que esté involucrado un empleado —típicamente un programador: de nuevo hablamos de la explosiva combinación de personas con un salario relativamente bajo, conocimientos de alto nivel y acceso sin cortapisas a los sistemas de la entidad— que, seguramente presintiendo un despido, deja sus programas «cargados» con una función maliciosa dispuesta a estallar, por ejemplo, con el cierre de cuentas de fin de año. Raras veces se trata de algún tipo de chantaje sino, en la mayoría de los casos, de venganzas personales a largo plazo.

**Caballo de Troya.** Son programas que incorporan subrepticamente funciones no autorizadas, en general para tomar control de un sistema tras el ofrecimiento de un programa o aplicación que se supone que hace otras cosas y, en general, ciertamente las hace. Hay múltiples ejemplos conocidos, algunos de ellos llevados a la pantalla en entretenidas producciones de Hollywood —como *La Red*—. La parte fundamental de la idea es, en este caso, un programa atractivo que, además, incluye alguna función maligna. Así sucedió en el caso del disco con el programa de la declaración de la renta en España, en la versión de hace algunos años que, en el caso de los que se distribuyeron junto con una determinada revista, incluían un virus que algún empleado había introducido.

En esta categoría se podría incluir una de las formas de contagio más comunes: las páginas web que, al visualizarlas, ejecutan el código malicioso (o, al menos lo intentan: un buen antivirus suele parar estos ataques sin problemas). El consejo, por supuesto, es no navegar por páginas que no sean de confianza.

**Puerta falsa.** Es un mecanismo no documentado y desconocido por el usuario legítimo, que permite a un tercero obtener acceso no autorizado a un recurso del sistema. De nuevo se han encontrado casos relacionados con utilidades no muy malintencionadas, con mecanismos de acceso dejados allí por programadores que los usan para dar un servicio más rápido a sus usuarios, entrando en el sistema a corregir errores de utilización de las aplicaciones y saltándose engorrosos y lentos filtros de seguridad. Ni que decir tiene que esta nunca se considera una buena práctica.

El caso más normal, y muy peligroso en determinadas circunstancias, es el de programas maliciosos introducidos en sistemas para que los dejen indefensos ante un ataque más específico. Dado el carácter masivo de las infecciones por parte de algunos programas maliciosos, no podemos estar seguros de contra quién en concreto estaban dirigidos, pero nadie puede quedarse tranquilo sabiendo que algunas de las cosas que hacen los «virus» de última generación es desbloquear puertos de comunicaciones para que cualquiera pueda entrar en nuestro sistema sin restricciones, enviar nuestras claves de acceso por la red a «alguien» y anular la capacidad de cortafuegos y antivirus para detener ulteriores ataques.

Todo eso, y cada vez más lindezas, es lo que hacen los «virus» en nuestros sistemas al entrar, incluso antes de hacer realmente daño. Como panorama es todo un desastre, ¿no?

## **¡VIRUS DE ESTADO!**

Por último, un «verso suelto»: en junio de 2012 el Gobierno norteamericano reconoció que el virus Stuxnet, que en 2010 infectó varias decenas de miles de sistemas cambiándoles la velocidad y cantando una cita



bíblica (no tiene desperdicio el detalle), era en realidad parte de un ciberataque que el Gobierno de Bush Jr. lanzó contra el centro iraní de procesamiento de uranio en Natanz y que, ya en tiempos de Obama, se salió del recinto por un descuido de uno de los ingenieros nucleares iraníes que se llevó un portátil a casa y lo conectó a donde no debía.

## Capítulo 4. THIS IS NOT IBM PC

Comparado con la seriedad intrínseca del capítulo anterior, esto no pasa del nivel de anécdota, pero viene bien para despertar una sonrisa. En los albores de los ordenadores personales, había múltiples modelos, todos diferentes e incompatibles entre sí. Podemos recordar que en aquellos años se vendían sistemas operativos para ordenadores personales con nombres como MS-DOS, CP/M, TURBO-DOS, MULTIPLE OS, MP/M, SYSTEM-V, XENIX, RIO, DS/DOS, OS/2, etc. Eso hoy parece absurdo, pero estamos hablando de cosas del siglo pasado; de aquello sólo quedaron dos vencedores: el PC y el Mac, con sus propios sistemas operativos, y con Google intentando recientemente meterse en el lío con su Android. Pero en los primeros años ochenta había una docena de sistemas diferentes, con arquitecturas más o menos brillantes. Eso duró hasta que IBM dio un puñetazo en la mesa y puso en posición de «firmes» a la mayoría de los clientes.

En aquella época hay que recordar que IBM sola vendía quizá el doble que todos los demás fabricantes de ordenadores juntos (midiendo el negocio en dólares, no en número de máquinas, porque las suyas eran especialmente caras). Es una cifra difícil de contrastar, pero es seguro que esa era la percepción de los mercados. Por lo tanto, cuando IBM decía que en el futuro las cosas iban a ser de una determinada manera, nadie dudaba de que la mayor parte del mercado iba a seguir esa tendencia con mucha más disciplina que cuando Coco Chanel decretaba que las faldas subirían o bajarían unos centímetros en el siguiente otoño.

Y en 1980 IBM decretó que el ordenador personal del futuro era el suyo, del que publicó todas sus especificaciones y que iba a empezar a vender antes

de dos años.

Lo siguiente que sucedió es que los clientes esperaron a IBM para comprar sus ordenadores personales en lugar de embarcarse con otros fabricantes en inversiones de dudoso futuro y, por otro lado, los de la competencia empezaron a intentar fabricar ordenadores que funcionasen igual que los de IBM, pero más baratos: era la moda de los «compatibles» y los «clónicos».



## LAS PRIMERAS COPIAS PIRATA

IBM se defendió de los «compatibles» y de los «clónicos» de muchas maneras, una de ellas fabricando programas que sólo funcionaban sobre los PC legítimamente fabricados bajo su marca. Eso lo consiguió haciendo que sus programas comprobaran que el microcódigo del ordenador fuese el de IBM y, si no era el caso, no hacían más que poner pegatas para funcionar. Pero resulta que IBM no había patentado ni los disquetes, ni las memorias ni los

procesadores, fabricados por otras empresas, y existían incluso desde antes de que IBM lo pusiera todo junto en el primero de sus PC, pero sí que había patentado el microcódigo, ese programa que desde la placa principal del PC gobierna cómo un ordenador arranca y lanza el sistema operativo: en cierto modo es lo que dirige el ordenador en un principio y define su funcionamiento general. Muchos lo llaman anteponiendo el tipo de circuito electrónico en el que se almacena, que suele ser memoria de sólo lectura: la ROM-BIOS (*Read Only Memory-Basic Input Output System*).

No era demasiado difícil hacer «otro» microcódigo que funcionase más o menos igual, e incluso mejor, pero como el de IBM estaba protegido por todas las leyes que se acordaron de echarle encima, lo que no podían hacer era copiarlo, y si les ponías ese «otro» microcódigo a tu PC, los programas clave no te funcionaban (sobre todo el intérprete de BASIC, el elemento que permitía ejecutar los programas que otros estaban programando para el PC de IBM).

Hasta que alguien se dio cuenta de que la comprobación que hacían esos programas era tan frágil como leer el nombre de esa versión del microcódigo, en cuya primera línea ponía «THIS IS THE IBM PC», y comprobar que allí dijese «IBM PC». Así de simple: leían el microcódigo y si ponía «IBM PC» en las posiciones correctas seguían funcionando; si no, pues nada que hacer.

La siguiente generación de ordenadores «compatibles» llevaba un microcódigo, desarrollado por la empresa Minty y vendido en masa a todos los que quisieron comprárselo, que empezaba declarando solemnemente que ese «no» era un ordenador de IBM o, en sus propias palabras: «THIS IS NOT IBM PC». Y, como ponía «IBM PC» en el lugar correcto de la primera línea de la ROM-BIOS, los programas funcionaban. Y como lo que decía era cierto, no les pudieron demandar, porque habían patentado y protegido muchas cosas, pero no habían patentado esas posiciones de la primera línea de su memoria.

Todo aquello fue una anécdota nada más, pero fue el principio del fin de aquella IBM que regañaba a los clientes si no le compraban suficientes equipos, que todavía dirigía con mano de hierro la informática de toda la segunda mitad del siglo y que gozaba de una situación de privilegio igual, si

no superior, a la que después disfrutó Microsoft y hoy en día Google. A partir de aquello, los fabricantes de ordenadores personales baratos se hicieron con la mayor parte de ese mercado y a continuación una gran parte del proceso de datos de las empresas se empezó a hacer en esos ordenadores personales en lugar de en los ordenadores centrales. Estos últimos eran muy rápidos, pero cada vez que les pedías algo a los del Departamento de informática te contestaban que «no» o para hacerte caso te daban unos plazos de meses. Así que cada vez más, una parte del presupuesto de informática no iba a los grandes ordenadores que habían hecho inatacable a IBM, sino a suministradores de ordenadores personales baratos importados de alguno de los «Dragones de Oriente» (Taiwán, Singapur, Malasia, Corea, etc.), e IBM empezó a perder poder por culpa del éxito imparable de un invento suyo.

Hasta llegar al día de hoy, en el que IBM sigue siendo de los grandes, pero ni una sombra de lo que fue. Y no fabrica ordenadores personales.

## **Capítulo 5. La invasión de Granada (una de Gila)**

No nos referimos a lo de 1492. Aquello no tuvo nada de tecnológico, tal como entendemos hoy la tecnología (aunque fue una de las primeras guerras en las que se utilizaron cañones como artillería). Hablamos de cuando en octubre de 1983 los norteamericanos (presididos entonces por Reagan) se hartaron de las declaraciones del gobernante de esa isla homónima caribeña. Era un tal Maurice Bishop, que había llegado al puesto por el tradicional método del golpe de Estado, y cuyo discurso, de corte marxista-leninista, hacía temer (o desear, según la ideología de cada cual) que se implantase un régimen al estilo cubano.

Como ya había una Cuba en el Caribe, y dos eran demasiadas para Estados Unidos, invadieron con fuerzas de tierra mar y aire la islita y en unos días la conquistaron, pusieron un gobierno no comunista y hasta hoy. Lo llamaron «Operation Urgent Fury».

Pero ¿dónde está el desastre? Porque ganaron, ¿no? El desastre queda a la vista en lo que fue más bien una anécdota, pero muy jugosa. Vamos a ello.

### **MUCHOS Y MAL AVENIDOS**

El caso es que los sistemas informáticos de los Rangers, Delta Force, la Marina y demás fuerzas involucradas por el lado norteamericano estaban muy evolucionados, sobre todo para evitar tener que dar esas típicas escenas

de un oficial vociferando por la radio órdenes del tipo «¡atacad por el flanco norte de una \*\*\*\* vez!» en unos tiempos en que todas las comunicaciones de radio se podían interferir, las voces simular por medios electrónicos, etcétera.

Ahora todo va cifrado, y así se sabe quién ha dado una orden con plena seguridad y, de paso, se ahorran los gritos y los tacos. El problema está en que para entender una orden primero hay que saber descifrarla y, para eso, el que la ha cifrado tiene que estar de acuerdo con el que la va a descifrar. Sin embargo, como en la «guerra de Gila», los sistemas informáticos de la Marina no se hablaban con los de los Rangers.



Soldados norteamericanos durante la operación «Urgent Fury».

Lo de «guerra de Gila<sup>[7]</sup>» y sus geniales actuaciones utilizando el teléfono como cómplice no es una alusión gratuita, sino que viene muy al caso, como se verá a continuación. Llegó un momento en el que los Rangers (paracaidistas de la 2.<sup>a</sup> y 3.<sup>a</sup> brigadas de la 82.<sup>a</sup> División Aerotransportada) estaban en los alrededores de Saint George, la capital, machacados por los últimos granadinos (ayudados por cubanos con armamento ruso, según los informes norteamericanos) que, desde una colina, carecían de la amabilidad de permitirles seguir avanzando. En una situación así, el oficial al mando de la tropa hace una llamada para pedir apoyo aéreo, un bombardero suelta una bomba en el nido de ametralladoras enemigo y seguir el avance. Pero no había manera: el oficial llamaba a sus superiores una y otra vez y desde el

centro de mando le decían que no conseguían establecer comunicación con el otro centro de mando del que dependía el avión de apoyo. Se dice que el oficial incluso transmitió los números de identificación de los aviones que estaban sobrevolando la zona.

¿Nos lo podemos imaginar?: «Que le digáis al piloto del avión modelo tal, número cual, que suelte una bomba en la colina que tiene justo debajo, en las coordenadas tales...». Como en la «guerra de Gila». Pero cifrado.

## **NUNCA SALGA DE CASA SIN SU TARJETA DE CRÉDITO**

Al final, la solución fue tan chusca como la siguiente: el oficial de la 82.<sup>a</sup> División Aerotransportada dejó a sus chicos atrincherados frente a la colina, echó a andar y retrocedió unas manzanas dando un paseo hacia el centro de la ciudad hasta encontrar una cabina telefónica, introdujo su tarjeta de crédito, obtuvo línea, y llamó a su cuartel en Fort Bragg, Carolina del Norte, desde donde, por fin, ya hablando con sus superiores, le conectaron vía satélite con el centro de mando de la Marina en el norte de la isla y pudo pedir que el C-130 cuyo número de serie estaba incluso viendo desviase su rumbo para atacar la colina «enemiga» y poder proseguir con la gloriosa invasión de Granada.

## **LAS DIFICULTADES DE SABER DÓNDE PARAN UNOS ADOLESCENTES**

Por supuesto, por llamativa que sea la anécdota, no es más que la punta de un inmenso iceberg: desde el primer victorioso día se sucedieron los malentendidos en esa primera «gran» operación de fuerzas combinadas que emprendían los norteamericanos desde lo de Vietnam: paracaidistas que a la hora de equiparse no tienen paracaídas (de emergencia) para todos o que aterrizaban donde no era, tropas de élite que tenían que utilizar planos turísticos para llegar a los enclaves estratégicos (los planos militares los



habían enviado en papel y no llegaron a tiempo, porque no tenían canales seguros para enviarlos por línea digital<sup>[8]</sup>), una operación de rescate de unos estudiantes norteamericanos (siempre hay unos inocentes ciudadanos norteamericanos cuyo rescate justifica algo) que no estaban donde decía la CIA y que hubo que localizar siguiendo las indicaciones de otros estudiantes acerca de dónde solían reunirse, un temible equipo SEAL que va acercándose a la costa con sigilo, al amparo de la oscuridad de la noche, en una motora a la que se le cala el motor y queda once horas a la deriva... Si eso fue una gran victoria, cómo serán las derrotas.

Al menos aprendieron una cosa: la tecnología puede ser un arma de doble filo. Y lo de Granada se podía considerar un pequeño entrenamiento, porque cuando años después invadieron Irak la exhibición tecnológica que mostraba la CNN era como para apabullar al más despistado: lo de la tecnología definitivamente se lo habían trabajado.

## **ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS EMBARULLADAS**

Pero entretanto tuvieron otro tropiezo sonado, aunque no todo el mundo se enteró: cuando tres años después los F-111 norteamericanos bombardearon Libia, uno de ellos se estrelló derribado por las comunicaciones y radares propios.

Las interferencias de tantos radares, comunicaciones, guías de misiles y partes meteorológicos que transmitían esas hipersofisticadas máquinas provocaron un «batido de ondas», nombre más técnico de lo que parece, pues así se denomina al hecho de que si dos frecuencias no muy diferentes, por ejemplo (en la banda de ondas sonoras, para que lo visualicemos mejor) de mil y mil cien hercios, nada más dos pitidos desde el punto de vista de nuestros oídos, suenan a la vez en la habitación y se dan las circunstancias adecuadas de potencia de una y otra, lo que sucede es que podemos llegar a oír otra frecuencia, que nadie ha puesto allí, de cien hercios o, en otras palabras, oímos un zumbido por la diferencia de las dos ondas.

Fue en el desierto, lejos de cámaras y periodistas, así que se tardó

bastante en tener el informe, pero era claro: cuando ya regresaban de soltar sus bombas en una fábrica de fertilizantes que producía armamento (e informatizada por una empresa española, por cierto), su radar, junto con el resto de ondas de radio de tantas diferentes frecuencias y potencias, provocó un batido de ondas cuyo resultante estaba en la banda de frecuencias del altímetro, el cual lo interpretó como que iba a mayor altura de lo que realmente estaba, y el avión, automáticamente, bajó unos metros más de la cuenta (y ya volaban todo lo bajo que era posible para evitar los radares libios), siguió bajando y no regresaron a la base.

El resto es secreto. Pero, lo dicho: la tecnología, como arma, tiene doble filo, y este es muy afilado.



El General Dynamics F-111 Aardvark, un avión de ataque táctico e interdactor de medio alcance que se usa para misiones de bombardero estratégico, reconocimiento y guerra electrónica en sus distintas versiones.

## **EL BARULLO SE ALEJÓ DICIENDO: VOLVERÉ**

Por supuesto, el origen de este tipo de problemas, lo mismo que en el caso del *Apollo I*, fue que los sistemas de la Marina, de la Fuerza Aérea y del

Ejército de Tierra se adquirirían por separado en los Estados Unidos, cosa que terminaron unificando.

Pero en Europa tenemos la OTAN, que no sólo no tiene unificadas sus adquisiciones (excepto para el cuartel general), sino que depende de las adquisiciones de cerca de treinta países independientes y soberanos, los cuales, a su vez, no sólo carecen (la mayoría) de ingenierías militares unificadas, sino que poseen suficientes diferencias en sus organizaciones internas como para que «un batallón» no signifique lo mismo en todos los ejércitos, más allá de traducciones.

Es por eso por lo que las maniobras conjuntas se suceden con regularidad, y por lo que las maniobras más discretas, esas en las que no se dispara un solo tiro, son las más importantes: no llegan a la prensa, pero en ellas unas fuerzas muy tecnificadas se pasan unos días muy intensos en unas praderas apartadas, comprobando que los conectores de sus aparatos son compatibles unos con otros, que las frecuencias son las que se esperan, que los códigos se descifran cuando es debido y no cuando no se debe, que se pueden comunicar unos con otros; en suma, que es algo que no se puede suponer con tanta facilidad como el valor.

## Capítulo 6. Fraudes a la banca

Los ciberatracos a bancos son un tema muy cinematográfico: se ve cómo un grupo de gente con pocos escrúpulos, sin más que un ordenadorcito y una conexión a internet, se forran a ingresar dinero en sus cuentas corrientes (de «otro» banco, por supuesto) y a los espectadores, salvo por la pinta de sabio loco, desaseado, malhablado y mal alimentado del que maneja el ratón, todo les da la sensación de que son cosas que podría hacer cualquiera, por lo que se «integran» en la ficción y pasan un par de horas sintiéndose los protagonistas y disfrutando de un nivel de adrenalina un tanto por encima de lo que conseguirían viendo un musical romántico.

El éxito de Los Beatles también tenía algo de lo mismo: cuatro muchachos con dos guitarras, un bajo y una batería parecía «algo al alcance de cualquiera», y eso añade un componente de ilusión y de implicación en quien lo está viendo.

### NO ESTÁN AL ALCANCE DE CUALQUIERA

Pero los atracos informáticos no son tan sencillos como parece en las películas. Sobre todo porque la información necesaria para meterse por donde se meten en esos argumentos no sólo es difícil de conseguir, sino que en la mayoría de los casos ni siquiera existe: no hay manera de hacer esos traspasos de fondos sin dejar una cantidad tal de pistas que resultan inviables. Y, por supuesto, no se pueden hacer desde casa, porque las redes bancarias miran muy mucho que sus transacciones que mueven dinero se hagan desde

donde se pueden hacer: desde las oficinas centrales, por ejemplo, y en un horario de trabajo, etcétera.

Por supuesto, estamos hablando de estafar «al banco». Si nosotros manejamos nuestra cuenta desde casa y le decimos nuestras claves a quien no debemos, es problema nuestro y podemos perder todo lo que tengamos, pero eso no es un robo a un banco, sino a un pardillo imprudente.

En cualquier caso sí es cierto que alguna vez ha funcionado eso de robar a los bancos.

## **LO DE LOS CÉNTIMOS DEL REDONDEO**

A alguien se le ocurrió que las fracciones de céntimo no las reclama nadie en su saldo y que si de cada transacción se redondea en promedio medio céntimo y se hacen millones de transacciones cada día, se puede sacar un buen pellizco. Pero en esos casos hay que ser poco ambicioso y deshacer el truco antes de que alguien se dé cuenta, porque si no, caes en las redes del principal problema de los fraudes bancarios: el dinero se queda dentro del sistema bancario, en una u otra cuenta, y para sacarlo de allí hay que identificarse como una persona de fiar. A veces eso no es fácil y, sobre todo, para cuando vas a hacer la siguiente transacción con el fin de disfrutar de «tu» dinero, lo más normal es que algún maldito contable haya echado de menos ese dinero, haya rastreado las últimas transacciones y haya señalado a la policía dónde hay que esperar para atrapar al aspirante a ladrón de guante blanco. Hay una frase muy popular en la bolsa y que también describe esta situación: «el último euro que lo gane el de al lado», porque apurar demasiado las oportunidades suele acabar muy mal.

Los bancos han ido aprendiendo todos esos trucos y lo que podía ser posible en 1970, era posible sólo para muy poca gente. Y en 1980 ya no era posible para nadie. Pues, además, la mayoría de los fraudes bancarios se realizan desde dentro: son empleados desleales del propio banco los que más fácil tienen delinquir de esa aséptica manera aunque, por la misma razón, el banco les tiene a ellos especialmente bien identificados y vigilados.

## **LA CIUDADELA: EL CENTRO DE PROCESO DE DATOS (CPD)**

Pero de todo esto que nadie piense que los fraudes bancarios no existen o son un problema muy excepcional. Como ya dijimos más atrás, en 1984, los atracos informáticos a los bancos dieron en Europa (Occidental) un botín a los ladrones del orden de diez veces más dinero que los atracos a mano armada en las sucursales. Desde entonces los bancos han aprendido mucho, y quien intente meter un programa fraudulento en el departamento de informática de un banco cualquiera se encuentra con que los sistemas de seguridad e inspecciones previas a poner en ejecución una nueva aplicación son dignos de la Asociación Internacional de Paranoicos Profesionales.

Por ejemplo, si un programador se cree más listo que nadie y, además, trabaja en alguna parte del departamento de informática de un banco, podría imaginar que el próximo programa que le pidan para calcular los puntos-descuento de una promoción de sartenes que se regalan con lo que sea, va a meter, por su cuenta y riesgo, una rutinita escondida que le transfiera mil euros en su cuenta corriente todos los meses. Se empezaría por contar con el inconveniente de que ese programa tiene que pasar toda una batería de pruebas en un entorno separado, y en ese entorno alguna contabilidad echaría en falta esos mil euros antes de meter el programa en el entorno real; además, alguien se repasa todo el programa para comprobar que no hace nada difícilmente comprensible.

Se intentó alguna vez entregar un programa «limpio» para inspección y otro «vitaminado» para instalarlo después, pero los inspectores sólo admiten instalar el que han inspeccionado (de ese programa legible que han leído construyen el programa a instalar, no les vale ningún otro). Y lo de poner en la rutina una fecha para que sólo empiece a pasarle dinero después de un plazo de tiempo también se lo saben los inspectores, los cuales por otra parte tienen detrás sistemas de seguridad para no poder ellos mismos hacer la trastada.

No, no es fácil. Eso sí: los fraudes bancarios les suponen a los bancos

unas pérdidas de millones de euros también por el lado de que, para prevenirlos, mantienen en marcha equipos de gente, servidores y sistemas aislados y procedimientos de puesta en explotación que les cuestan una fortuna.

## **SI NO PUEDES CON EL BANCO, QUIZÁ SÍ CON SUS CLIENTES**

Y sin embargo, hoy en día el negocio de los fraudes sobre las cuentas bancarias es un negocio próspero que mueve millones. ¿Cómo puede darse esa paradoja? Muy sencillo: como ya distinguimos más arriba, no roban a bancos, sino a particulares que se dejan sustraer las claves de acceso a sus cuentas.

El asunto funciona gracias a los virus, troyanos, gusanos de red, etc.; a la postre programitas que se meten en los ordenadores personales de quienes no tengan al día su antivirus o no tengan uno de calidad y se dediquen a navegar por páginas digamos que dudosas (y atractivas, qué duda cabe). Típicamente es así. En alguna de esas páginas no muy serias, o dentro de un mensaje que les promete cualquier cosa interesantísima, va oculto un programa que, a partir de entonces, facilita que su creador entre en nuestro ordenador y nos espíe a su gusto. No es sencillo que metiéndose en nuestro ordenador nos saquen dinero de nuestra cuenta corriente, pero es posible porque algunos accedemos a nuestro banco desde casa y tecleamos nuestras claves, o hacemos compras por internet y tecleamos los datos de nuestras tarjetas de crédito. Ese es el segundo elemento a tener en cuenta.

El problema es que vigilar unos cuantos miles de ordenadores para espiar cuándo se meten en la cuenta del banco es un trabajo arduo. Ahí se pone en marcha todo un mercado de compraventa de datos de tarjetas y bancos y, en un segundo escalón, muchos de esos trabajos-chollo que se ofrecen en correos de dudosa legalidad afirmando que desde casa puedes sacarte un sueldo con pocas horas de dedicación y que luego utilizan las redes de ordenadores espiados para, con paciencia, sacarles los datos económicamente rentables o, en el peor de los casos, situar al incauto como cabeza de turco y

único responsable visible del delito cuando la policía investigue el fraude.

Recordemos que todo empieza por dejar que entre un «virus» en nuestro ordenador. Si evitamos eso, el problema prácticamente desaparece.



## **Capítulo 7. El London Ambulance Service**

Inevitablemente, llegó el día en el que la informática fue la causa de la muerte de muchas personas. Hay ciudades en las que si se necesita trasladar a un enfermo, existen distintos servicios de ambulancias que pueden satisfacer esa necesidad, pero en Londres, así como en la mayor parte del Reino Unido, se trata de un servicio que presta el Estado y se resuelve de forma centralizada.

Es indudable que, al menos en teoría, un servicio centralizado puede optimizar muchos aspectos del mismo, quizá incluso los costes si se hace bien, pero también tiene como consecuencia ineludible que aparezca lo que cualquier ingeniero llamaría «puntos singulares de fallo», es decir: puntos (de la organización, de la maquinaria o de lo que sea) que, si dejan de funcionar, hacen que «todo» el servicio se colapse.

### **POLÍTICA...**

Eso es lo que sucedió en el caso del London Ambulance Service (LAS) en octubre de 1992, en un momento de eternas presiones políticas del partido de la oposición para dejar en ridículo al partido en el poder y dentro de un debate más amplio sobre la efectividad de los servicios estatales y la tentación de privatización del National Health Service (NHS), gratuito en el Reino Unido.

## DINERO...

Más de cerca, el escenario estaba poblado de políticos tacaños a la hora de otorgar presupuestos y excesivamente ambiciosos en el momento de exigir resultados. Pero sus exigencias sólo se dirigían a las empresas privadas que trabajaban para el Estado; todo ello vino agravado por la absoluta ignorancia que, en algunos casos, exhibieron los políticos responsables del proyecto sobre los elementos técnicos vitales de lo que se estaba poniendo en marcha.

Lo descrito en los párrafos anteriores no es un problema que esté relacionado con hablar inglés ni con conducir por la izquierda; son males de carácter epidémico en la actualidad, por lo cual lo que allí pasó es sólo un ejemplo (dramático, trágico) de lo que sucede cada día en muchos otros rincones del planeta.



Una de las discretas ambulancias londinenses.

Hasta aquel momento, cuando alguien llamaba pidiendo una ambulancia, una persona atendía la llamada y ella misma (apoyándose en normas y en su

experiencia y profesionalidad) tomaba una serie de rápidas decisiones acerca de a qué ambulancia asignaba el caso, hacía las llamadas pertinentes, y unos escasos minutos después un vehículo sanitario emprendía el camino hacia donde se le necesitaba. Con un poco de suerte era la ambulancia que realmente estaba más cerca del enfermo.

La idea que surgió entonces era bien sencilla: mejorar ese proceso al que se le encontraban varios defectos. Por un lado, la ambulancia tardaba una media de diez minutos en llegar al lugar en que se la necesitaba y siempre se puede pensar (y prometer, en caso de elecciones) que se va a llegar en menos tiempo convirtiendo el minuto o minutos del operador telefónico en escasos segundos de una máquina automática. Si, además, tenemos todas las ambulancias señaladas en un bonito plano electrónico que se actualiza cada pocos segundos, nos sería fácil elegir la más cercana, lo que nos aseguraría acertar. Además, estaba la aspiración a ahorrar unas cuantas libras esterlinas eliminando un buen puñado de puestos de trabajo.

Por último, aunque no menos importante, estaba la permanente sospecha, quizá blandida por quien no tiene más argumentos, de que si era una persona la que decidía cuál de las setecientas ambulancias disponibles era la que hacía el servicio, esa persona era susceptible de tener amigos en alguna de las contratas de ambulancias y darles a ellos más trabajo o, también, a encargarles los trabajos más cómodos reservando los más problemáticos para algún conductor al que le tuviese cualquier grado de inquina. Una máquina podría tomar ese tipo de decisiones de una manera por completo exenta de pasiones y, además, era fácilmente auditable, cosa que a los funcionarios les suele encantar.

El hecho de que los programas que toman esas decisiones también pueden estar sesgados a favor o en contra de alguien (en este caso de quien hay que ser amigo es del programador) suele pillar desprevenidos a los políticos, pero en general los técnicos a cargo del proyecto sí suelen estar al tanto de esas cosas. Pero los técnicos a cargo del proyecto no parece que estuviesen a la altura de las circunstancias.

## **... E INFORMÁTICA: MEZCLA POTENCIALMENTE LETAL**

El contrato, tras el correspondiente concurso público, se concedió a Apricot, una empresa británica que ya había intentado vender ese sistema a la región de Cambridge sin conseguirlo (aunque sí lo terminó poniendo en marcha en ciudades infinitamente más sencillas que Londres) y que arrastraba una buena cantidad de críticas de sus últimos clientes. Sin embargo sostenía que podía hacerlo por 937 463 £, mientras que las ofertas más bajas del resto de contendientes estaban en 1 600 000 £ y 3 000 000 £. Nadie preguntó por qué otras empresas consideraban imposible hacer el proyecto por menos del doble o el triple de lo que decía Apricot y era muy tentador comprar libras a treinta peniques. Además, Apricot era una empresa que vendía, sobre todo, ordenadores, y su oferta era en un 96% cacharrería (ordenadores y los sistemas de localización de las ambulancias), reservando poco más de treinta mil libras para el desarrollo de los programas, lo cual, con las ambiciosas especificaciones del NHS, era escandalosamente poco.

Se comenzó el desarrollo de los programas en 1987, en paralelo con el despliegue de sistemas de localización de vehículos para todas las ambulancias y terminales vía radio para los conductores. Y se hizo sin ningún método, de una manera poco profesional, pero sin que la parte contratante se alarmase lo más mínimo.

Hay que ser conscientes de que en ese momento todavía no se había producido la extensión masiva y universal de internet (sólo teníamos acceso a ese tipo de comunicaciones unos pocos afortunados, entre los que nos encontrábamos los autores de estas páginas), ni wi-fi, ni teléfonos móviles, el GPS era un sistema de desarrollo militar, etc. Cuando en 1989 ya iba avanzada una parte significativa del proyecto, a la parte contratante le pareció bien cambiar bastantes elementos del encargo: es como si con el coche a medio construir decimos que lo queremos con otros dos asientos y descapotable, porque es más *fashion*.

En 1990 se canceló el proyecto por considerarse imposible terminarlo de

manera adecuada.

## **CANCELAR EL PROYECTO FUE LA ÚNICA DECISIÓN ACERTADA, PERO NO DURÓ**

Como los responsables del NHS seguían insistiendo, se elaboró un estudio que concluía que hacían falta todavía diecinueve meses de desarrollo (fueron casi el doble para cuando funcionó de verdad) y otro millón y medio de libras esterlinas (no es de caballeros preguntar cuánto costó al final) y eso partiendo de lo ya desarrollado por Apricot, porque si se empezaba de cero era peor aún. Se decidió relanzar el proyecto.

El resultado es que lo que se puso en marcha un par de años después de esa decisión tenía dos graves fallos conocidos, cuarenta y cuatro problemas operacionales (no hacía lo que él LAS necesitaba exactamente) y treinta y cinco problemas menores; los ordenadores asignados al servicio estaban sobrecargados y no aprobaron presupuesto para ampliarlos, y se había hecho tan sólo una prueba general que había funcionado limitadamente y no en condiciones de carga reales. Además, el sistema de localización de los vehículos no conseguía seguirlos de manera coherente, perdía algunos (en túneles, callejuelas, por fallos de los equipos, interferencias) y mantenía una base de datos de localizaciones totalmente irreal.

Los mensajes de error se amontonaban y los no respondidos en tiempo y forma correctos generaban nuevos mensajes de aviso que empeoraban el problema. Explicado así, ¿alguien se extraña de que no funcionase bien? Sin embargo, se puso en marcha el 26 de octubre de 1992.

## **ESTANDO AL BORDE DEL PRECIPICIO... DIERON UN PASO ADELANTE**

A media mañana había enfermos para cuyo traslado se presentaban dos ambulancias y otros para los que la ambulancia se presentaba con cada vez

más retraso; este llegó a ser de hasta once horas (la ambulancia se presentaba cuando el «paciente» ya hacía horas que se había ido por su cuenta y riesgo al hospital). En los tres primeros días fallecieron cuarenta y seis personas por causa del mal servicio de ambulancias. La mayoría de los responsables del sistema de salud y del LAS dimitieron, se recibieron unas novecientas denuncias formales, los londinenses dejaron de confiar en su servicio de ambulancias y cobró mucha publicidad una oferta de privatización del servicio.

A los diez días, cuando se había conseguido que el retraso producido por el sistema informático se redujese a «sólo» media hora en cada llamada, los ordenadores se bloquearon y los de reserva, sobre los que no se habían ido implantando todos los parches de emergencia que se habían desarrollado en los últimos días, no arrancaron bien. Se volvió al sistema manual de reparto de servicios y de todas las unidades afectadas llegaron mensajes diciendo que por fin funcionaba bien el sistema.

## **6092 COSAS MAL HECHAS**

El informe encargado por el Gobierno británico, que se hizo público en febrero de 1993, describe, una por una, seis mil noventa y dos cosas que se hicieron mal en la contratación, desarrollo y puesta en marcha de ese maldito proyecto. No obstante, el mayor fallo es que había costado decenas de vidas humanas.

## Capítulo 8. El *Ariane 5* y su envoltente de rumbos

*Por un clavo se perdió una herradura, por una herradura se cayó un caballo, por un caballo se perdió un caballero, por un caballero se perdió una batalla y por una batalla se perdió la guerra.*

Políticos tacaños, ingenieros presionados por los plazos a cumplir, la aplicación informática que se deja en segundo plano para reservar el dinero para las máquinas. Este capítulo estaba destinado en principio a figurar en la sección de accidentes espaciales, pero las grandes similitudes que mantiene con el caso del servicio de ambulancias de Londres nos ha hecho colocarlo aquí.

En el fondo no fue más que un fallo de programación ocasionado por hacer las cosas mal, por supuesto, pero a favor de los responsables de la Agencia Espacial Europea (ESA) y de Arianespace hay que reconocer que mientras en el análisis posterior de la catástrofe sanitaria de Londres se encontraron más de seis mil fallos cometidos en el proceso, en este caso que ahora nos ocupa se encontró que todo el problema venía de «un único fallo», aunque pasó desapercibido a causa de varias deficiencias organizativas que lo hicieron posible; si sólo una de esas deficiencias se hubiese subsanado a tiempo, este capítulo no habría tenido razón de ser.

**LA CARRERA ESPACIAL CONVERTIDA EN CARRERA**

## COMERCIAL

Todo sucedió en un contexto de competencia en el mercado de los lanzamientos espaciales a finales del siglo. Ya no era una carrera espacial de tintes militares y políticos, sino una cuestión de negocios: quien tenga el mejor servicio de puesta en órbita conseguirá más y mejores contratos y más y más dinero.

A mediados de los noventa los norteamericanos estaban un poco desdibujados del panorama, pues su apuesta por el transbordador espacial les había dejado en un callejón sin salida y habían descuidado un poco sus lanzadores clásicos, de modo que sus precios eran poco competitivos. De todas formas, tanto por su gran mercado interior (sólo con sus lanzamientos militares y los de las empresas que por alguno de sus rincones trabajan para el Estado, ya se mantiene toda una industria aeroespacial potente), como también por su enorme capacidad de persuasión sobre algunos entornos y países, mantenían un volumen de lanzamientos notable. Por otro lado, chinos, japoneses o brasileños tenían todavía una presencia puramente testimonial en ese mercado y no eran la preocupación de los norteamericanos, pero la carrera de precios y lanzadores existía, y era con los rusos y la ESA.

## LA CALIDAD EUROPEA Y LOS PRECIOS RUSOS

Cuando la ESA se puso a la tarea de convertirse en una opción viable del mercado, lo cierto es que los rusos arrancaban con una enorme ventaja: sus lanzadores estaban probadísimos y su economía centralizada y socialista les daba una flexibilidad infinita a la hora de competir. En otras palabras: los ex soviéticos casi podían poner los precios que quisiesen mientras que Arianespace tenía que demostrar que era fiable antes de empezar a hacer ofertas y, sobre todo, debía ser rentable para sus socios.

Y los *Ariane* tuvieron su lógica cuota de fallos y desastres, pero a base de hacer las cosas bien, gracias al paciente soporte de los gobiernos involucrados (sobre todo Francia y Alemania, pero también España entre



otros) y trabajando poco a poco, fueron dejando de ser noticia los lanzamientos del *Ariane 1*, del *Ariane 2*, del *Ariane 3*, etcétera.

El *Ariane 4* ya era un lanzador que se consideraba muy fiable y los precios de puesta en órbita, fuera ya de subvenciones gubernamentales, eran tan competitivos o más que los de los lanzamientos rusos.

## **OBJETIVO: LA ÓRBITA GEOESTACIONARIA**

Todos los lanzamientos de los *Ariane* se hacen desde Kourou, en la Guayana Francesa, que está más cerca del ecuador que los centros de lanzamiento norteamericanos y mucho más cerca que los de Baikonur, por lo que en puestas en órbita geoestacionaria sobre el ecuador (que es la órbita más atractiva para muchos de los satélites comerciales) Arianespace parte con ventaja<sup>[9]</sup>.

Cuando un satélite está a esa altura, tarda exactamente veinticuatro horas en dar la vuelta al mundo, mientras que, cuanto más baja sea la órbita, más rápido tiene que girar para mantenerse: es como si la fuerza «centrífuga» se tuviese que compensar con la atracción de la gravedad, que es mayor cuanto más cerca de la Tierra estemos. Un satélite en órbita baja da una vuelta a la Tierra cada cien minutos, más o menos, pero un satélite en posición geoestacionaria, sobre el ecuador, parece que está quieto, y eso es una ventaja, porque podemos apuntar hacia él una antena y dejarla fija.

Si los satélites de televisión no estuviesen en órbitas geoestacionarias, nuestras antenas tendrían que estar girando constantemente como las de los radares de los barcos (bueno, algo más despacio), tendrían que ser aparatos muy complejos y ver la televisión por satélite sería muchísimo más caro e inseguro.

Sin embargo, para poner en órbita geoestacionaria una carga, hace falta mucha más musculatura que para subir el satélite a una órbita baja: hay que levantarlo a cerca de cuarenta mil kilómetros de altura, no a los doscientos de cualquier lanzamiento rutinario. Además, los satélites comerciales de comunicaciones cada vez pesan más. Y los militares mucho más. El *Ariane 4*

se estaba quedando corto.

## ***ARIANE 5***

Por ese motivo, nació el *Ariane 5*, un potente cohete, algo rechoncho y con dos muletas a los lados, que eran sus otros dos motores aceleradores en el arranque. Era (y es) un lanzador muy competitivo en prestaciones y en precio al que, al nacer, sólo le faltaba demostrar que funcionaba. Sus primeras versiones eran capaces de levantar unas seis toneladas hasta la órbita geoestacionaria y la versión evolucionada a la hora de escribir estas líneas levanta más de diez toneladas hasta esa elevada órbita.

Pero no nos adelantemos y volvamos al 4 de junio de 1996, día en el que el vuelo inaugural del *Ariane 5* despegaba con la mayor expectación a las nueve y media de la mañana. En la película del lanzamiento se puede observar cómo, a los cuarenta segundos del despegue, el cohete se inclina bruscamente hacia abajo y queda destrozado por el choque con la atmósfera a tan alta velocidad en una posición inadecuada.



El *Ariane 5* es un cohete de un solo uso que se diseñó para colocar satélites en órbita geoestacionaria y enviar cargas a órbitas bajas.

## PROGRAMAS DE SEGUNDA MANO

¿Qué había pasado? Se descubrió rápidamente. El informe final es de pocas semanas después. El problema vino de bastante atrás, de cuando se empezó a diseñar el *Ariane 5* y, para ahorrar costes, se aprovecharon todas las piezas posibles del *Ariane 4*, lo cual no es en sí mismo un pecado, y menos teniendo en cuenta que el *Ariane 4*, en el momento del primer lanzamiento del *Ariane 5*, llevaba más de ochenta lanzamientos sin grandes problemas. Una de las cosas que se reaprovecharon fueron los programas de a bordo de control de vuelo, que se copiaron tan literalmente que incluso se mantuvo en activo alguna función que no hacía falta para nada en el *Ariane 5*: por ejemplo el sistema de alineamiento, que sólo tenía sentido mientras el cohete

estaba en la plataforma de lanzamiento, se mantenía activo en el caso del *Ariane 4* durante cincuenta segundos desde que se pasaba a modo «vuelo» para que, si se suspendía el lanzamiento en los primeros segundos (se pasaba a modo «vuelo» nueve segundos antes de que el cohete se moviese de la plataforma) se tardase mucho menos en reorganizar todos los datos para relanzar la cuenta atrás.

En el caso del *Ariane 5*, la secuencia de preparación es diferente y no era necesario mantener el sistema de alineamiento en marcha tras el paso al modo «vuelo», pero se mantuvo ese plazo de funcionamiento de cincuenta segundos extra sólo para no cambiar en los programas nada que no fuese absolutamente necesario modificar.

Cincuenta segundos, les sobraron cuatro o cinco nada más: si el sistema hubiese aguantado sólo un poco más no habría habido desastre alguno; al menos en ese vuelo, porque quizá en otro se hubiese descubierto el problema de una manera más costosa. En esos vuelos de prueba no se suelen poner en órbita satélites «de pago» y en aquel la carga eran unos satélites científicos, cuatro medidores idénticos del viento solar, cuyos promotores no tenían presupuesto para pagar un lanzamiento y aceptaron viajar en ese vuelo de prueba a cambio de ahorrarse el dinero. Pero les salió mal, porque además ninguna compañía de seguros suele aceptar contratar una póliza en un vuelo experimental. Con el tiempo y piezas de repuesto, se construyeron otros cuatro satélites idénticos, que se pusieron en órbita en «dos» vuelos, y no de la ESA, sino *Soyuz*.

## **CUESTIÓN DE DECIMALES**

En concreto, lo que salió mal en ese vuelo inaugural fue que el sistema de alineamiento tuvo un fallo de programa que no estaba preparado para soportar. El ordenador entero rearrancó y dejó mientras sin control al cohete, que se inclinó y fue destrozado sin remedio. El sistema de alineamiento estaba duplicado, pero cuando el ordenador de control de la nave trató de conmutar el sistema de reserva, este también había fallado, justo cinco

milésimas de segundo antes. El que los dos fallasen a la vez ya era una buena pista. Se reprodujo la situación y se vio enseguida que todo lo desencadenó un problema matemático. Vamos a tratar de explicarlo.

Los ordenadores trabajan con los números de dos posibles maneras: o bien como números enteros del tipo 123456, o por el contrario como números en coma flotante, en cuyo caso el número anterior se representaría de una forma parecida a 1,23456 multiplicado por 100 000; o, más conciso, multiplicado por 105. Esta última manera es mucho más rebuscada, desde luego, pero tiene la ventaja de que se pueden representar números mucho más grandes y mucho más pequeños sin estirar demasiado el tamaño del propio número; por ejemplo,  $1,23456 \times 1099$  es un número que escrito de la primera manera ocuparía varias líneas de esta página y, así como escribir un número en varios trozos no es una manera correcta de hacerlo, tampoco lo es si no cabe en la posición de memoria del ordenador.

Se puede pasar de una a otra manera de representar el número, pero se corre el riesgo de que si, por ejemplo, el número es demasiado grande, no «quepa» en la posición de memoria, lo cual daría lugar a un error. En el lenguaje Ada<sup>[10]</sup> de programación, que es el lenguaje en el que se escribieron todos aquellos programas, hay una manera de prevenir esos errores haciendo un pre-cálculo del resultado y preparando de manera automática la posición de memoria adecuada para el mismo. Pero eso cuesta tiempo de proceso, y los ordenadores de a bordo ya estaban al ochenta por ciento de su capacidad, por lo que ese pre-cálculo, en el caso de algunos números con un contenido fácil de predecir, se hizo a mano, ya que se llegó a la conclusión de que esa variable nunca podría ser mayor o menor que una determinada cantidad, pues era un parámetro del vuelo que dependía de la potencia del cohete y de las posibles curvas que describía para ascender a la órbita. Aquello se dejó preparado para esas, y sólo para «esas», curvas de vuelo posibles; es lo que se conoce como «envolvente de rumbos».

Pero lo que sí variaba entre el *Ariane 5* y el *Ariane 4* era, precisamente, la potencia y los rumbos que seguían camino de la órbita. Y la maldita variable que no estaba previsto que superase determinado valor sobrepasó a los treinta y siete segundos del vuelo del primer *Ariane 5* ese límite, por lo que falló la

operación matemática subsiguiente y, como no estaba previsto el fallo, se paró el ordenador, se descontrolaron las toberas de los cohetes, se torció el rumbo y se destruyó la nave.

Es como esa cita que se ha puesto al principio del capítulo, donde un clavo provoca la capitulación en la guerra, aunque en este caso sólo se perdió dinero (mucho dinero; es uno de los fallos informáticos más caros de la historia) y el *Ariane 5* vuela hoy con normalidad y éxito comercial: lleva más de medio centenar de vuelos culminados y sólo un fallo, y es la imagen de Arianespace y de la ESA, además de la maqueta que llena el escaparate de sus oficinas en el centro de Madrid.

## Capítulo 9. El videocasete

Durante más de treinta años, cualquiera podía aspirar a grabar una canción en un magnetofón. Los había de cinta de varios tamaños, alguno incluso barato, y en los años setenta el casete terminó de popularizar la tecnología. Hubo otros intentos, como la cinta de ocho pistas, que no necesitaba ser rebobinada, pero de la que nunca se comercializaron grabadores domésticos, así que los clientes se decantaron por otras técnicas con las que sí pudiesen grabar cualquier cosa: el cartucho de ocho pistas fue uno de esos pequeños desastres comerciales.

Pero, en un mundo en el que la «fuerza» estaba del lado de la televisión, grabar una canción de la radio sabía a poco.

### **TRES OPCIONES SON DEMASIADAS COMO PAREJA DE BAILE**

El mercado doméstico estaba pidiendo un magnetoscopio y a principios de los ochenta llegaron no «una», sino «tres» soluciones para esa pretensión.

Philips proponía su casete Philips V2000, con gran duración y con una ventaja diferenciadora: la cinta se podía dar la vuelta y por la cara B grabar y reproducir otro tanto como en la cara A, una ventaja frente a la necesidad que tenían sus competidores de rebobinar los casetes durante minutos que se hacían eternos para volver a ver esa película.

Sony vendía su sistema Betamax, con una calidad de imagen inferior a la de Philips y unas cintas que duraban mucho menos, aunque eran más pequeñas.

Matsushita (JVC, Panasonic, etc.) comercializó el VHS, con la peor calidad de imagen de los tres sistemas (tenía bastantes menos líneas por pantalla) y unas cintas más grandes y aparatosas.

Si por los técnicos hubiese sido, es evidente que el V2000 se hubiese impuesto a Betamax y VHS, pero Philips, que en ese momento era todo un imperio holandés de la electrónica, no estableció ningún acuerdo significativo con otras marcas para fabricar magnetoscopios con su tecnología y descubrió, demasiado tarde, que en muchas tiendas sus equipos ni siquiera eran ofrecidos a sus clientes, por tener más ofertas de Beta y VHS mientras que de V2000 sólo había un modelo o dos, que quedaban arrinconados entre decenas de modelos de la competencia. Llegados a ese punto la solución sólo podía ser gastar una fortuna en publicidad, pero no lo hicieron, fueron tacaños, y le dejaron el campo de batalla a las compañías japonesas.

Philips desapareció del panorama con cierta rapidez y Sony, a la vista del fracaso de Philips por presentarse sola en el mercado, y muy segura de que su mejor calidad de imagen les daba ventaja frente al único oponente que quedaba, se gastó una fortuna en publicidad pero estableció acuerdos casi sólo con Sanyo.

## **NO BASTA CON SER EL MEJOR: ALGUIEN TIENE QUE DECIRLO**

Se repitió la historia: en las tiendas había dos o tres «vídeos» de Sony y Sanyo y el resto del escaparate estaba plagado de ofertas de JVC, Panasonic y la propia Philips, que abrazó la causa del VHS con el entusiasmo del converso. Hasta cuarenta marcas licenciaron las patentes de Matsushita y le decían a los aspirantes a compradores que la mejor opción era una en formato VHS. Al final, Sony pasó también a fabricar videocasetes (magnetoscopios) de formato VHS y nos quedamos todos con la peor de las tres opciones, por el poco empuje de Philips y la excesiva ambición de Sony, que pretendía cobrar demasiado por sus patentes.

Otra forma de ver este pequeño desastre comercial es que en cuestiones tecnológicas, las decisiones «por mayoría» no tienen ningún sentido, por



democráticas que resulten, pero elegir la mejor tecnología al comprar tampoco garantiza que sea una buena adquisición si esa tecnología no está apoyada por una empresa adecuada y con voluntad de perdurar.

## Capítulo 10. Mavica

La Magnetic Video Camera (Mavica) que anunció Sony en agosto de 1981 no era una gran cámara de fotos. Su resolución de  $570 \times 490$  no sólo nos parece hoy ridícula, sino que ya entonces era insuficiente para la mayoría de las aplicaciones. Además era una cámara relativamente grande porque tenía que caber dentro de ella un disquete de ordenador de 3,5 pulgadas (con sus motores y electrónica de grabación y lectura), sólo se podían ver las fotos en la televisión, el disquete no se podía leer en un ordenador y ni siquiera era una cámara «digital», porque la imagen se grababa en el peor formato analógico del mercado: NTSC.

El primer modelo digital, el MVC-FD5, no se vendió mucho, y los siguientes avances técnicos (memorias USB de gran capacidad, sensores ópticos de muchísima mejor resolución, etc.) pasaron por encima de la Mavica hasta convertirla en muy pocos años en un objeto de museo, pero si dedicamos a esta cámara de fotos un capítulo de este libro no es por ninguna de esas razones, sino porque fue un grandísimo desastre, aunque para sus competidores.

### **ERA TÉCNICAMENTE MALA, PERO CONVIRTIÓ A TODAS LAS DEMÁS EN PEORES**

Y es que la fotografía digital era una solución tan lógica que sólo con anunciar que ya estaba cerca su advenimiento hizo temblar los cimientos de todo lo que se le oponía. Todos los fabricantes de cámaras fotográficas,

algunos con unas ópticas y mecánicas depuradas durante cerca de un siglo, tuvieron que aprender el oficio casi desde cero, y de hecho fueron los que mejor parados salieron del envite en términos generales ya que aún siguen en el mercado (pues más de una gran marca ha desaparecido para siempre y la mayoría de las restantes no son ni una sombra de lo que eran).



La Mavica digital que revolucionó la fotografía.

## **ACABÓ PARA SIEMPRE CON INDUSTRIAS ENTERAS**

Aun así resultó mucho peor para otra industria: los fabricantes de carretes fotográficos que hoy en día sobreviven en negocios marginales, haciendo película para radiografías (cada vez menos) y completando su negocio con la comercialización de objetos que nunca habían formado parte de su catálogo.

Los grandes imperios comerciales de Kodak, Fuji Film o Agfa, por ejemplo, ya no nos bombardean al principio de cada verano con publicidad de sus carretes para que inmortalicemos las vacaciones en sus negativos o en sus

diapositivas. En la página web de una de esas grandes fabricantes de películas de hace unos años, los carretes son el producto número trece en la lista de lo que vende. Los doce anteriores son cosas que antes de la Mavica no fabricaba ni distribuía: se ha reinventado y, de la empresa de entonces, apenas ha aprovechado los canales de distribución para vender ahora cámaras de fotos (digitales, por supuesto), tarjetas de memoria o pilas. Igual sucede en otra de esas marcas y en la web de la tercera no se ve por ninguna parte nada que induzca a creer que vende o alguna vez vendió carretes fotográficos.

Las tiendas de fotografía todavía hacen algo de negocio tratando de convencer a la gente de que las fotos, para verlas como es debido, hay que imprimirlas. No nos vamos a meter en el revuelto charco de opinar acerca de eso.

Ya en aquel agosto de 1981 bajaron en bolsa las acciones de todas las empresas dedicadas a la fotografía, y desde entonces la fotografía «digital» ha convertido en piezas de museo las cámaras de la fotografía «química» en un plazo de relativamente pocos años. Una industria venerable y muy depurada ha sido borrada del panorama comercial sin dejar apenas rastro.

## **Y LA IMAGEN ESTÁ AHORA EN TODAS PARTES**

Los videocasetes acabaron en las vitrinas de los recuerdos, desplazados por los DVD cuando en muchos hogares todavía funcionaba el primer aparato que había adquirido esa familia. Pero en muchos cajones de recuerdos, en muchos trasteros de muchos hogares se guardan cámaras de fotos que estaban en perfecto estado de uso (quitadles las pilas si queréis que se conserven), en algunos casos sólo después de hacer unas decenas de fotografías. Y todo empezó con aquella Mavica que guardaba nada menos que cincuenta fotos de baja calidad en un disquete poco fiable.

Hoy en día las cámaras de fotos son apenas un accesorio de los teléfonos, se incluyen sensores de imagen en los ordenadores, los videoporteros automáticos han bajado de precio, etc. Además, como el sensor de la imagen es ahora un microcircuito de dimensiones muy reducidas, una óptica

minúscula es capaz de enfocar la imagen en esa pequeña superficie con una calidad que antes sólo se podía alcanzar con objetivos enormes y carísimos, por lo que incluso los fabricantes de ópticas de calidad han dejado de ser tan imprescindibles como cuando tenían que garantizar un perfecto enfoque sin aberraciones en toda la superficie de un negativo de treinta y cinco milímetros de ancho.

Como casi todo en la informática, esto ha sido un desastre para algunos y un beneficio para la mayor parte de la gente.

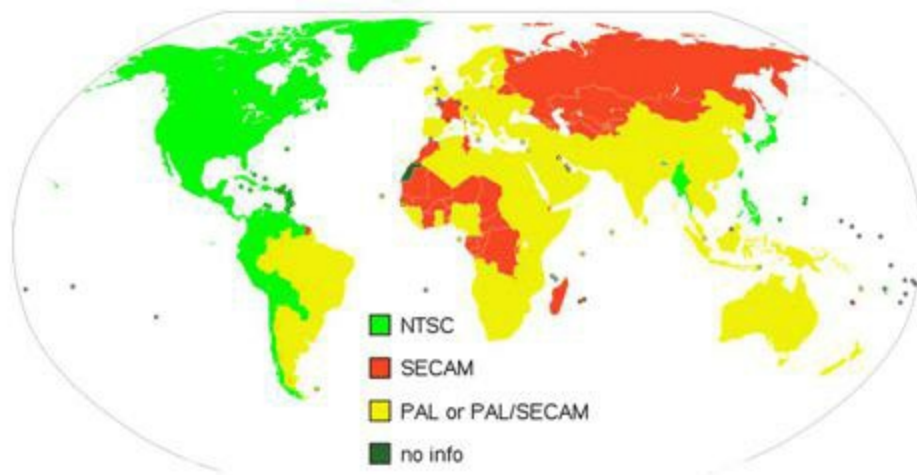
## **Capítulo 11. Mp3, Avi, la primera televisión de alta definición y mucho más**

Parecen temas que no tienen mucho que ver entre sí, pero técnicamente su éxito o su fracaso se basa en lo mismo: los algoritmos de compresión de datos. Tanto la imagen como el sonido, durante la mayor parte del siglo XX, eran señales «analógicas»: el sonido (y la imagen de la televisión) se podía registrar de la misma manera que llega a nuestros oídos, como una onda que representaba la presión del aire sobre nuestro tímpano (sobre la membrana del micrófono, en rigor), se transmitía de un lado a otro o se registraba (el surco de un disco de vinilo, en el fondo, no era más que una onda esculpida en espiral) y terminaba moviendo un altavoz, por lo que el aire volvía a moverse de la misma manera que lo hizo ante el micrófono y llegaba a nuestros oídos un sonido más o menos exactamente fiel al original.

Durante mucho tiempo esa era la mejor manera de grabar música o vídeo. En el mundo de la televisión, dado que grabar una imagen es más pesado que grabar el sonido y dado que el cine implica grabar veinticuatro imágenes por segundo<sup>[11]</sup>, como el problema era más difícil, las soluciones eran algo más complejas. La televisión siempre ha sido una solución de compromiso entre dar la mayor calidad posible y transmitir esa imagen con unos costes limitados.

### **NORMAS TÉCNICAS Y NACIONALISMOS**

La solución de compromiso era diferente en cada país, por eso nunca se pudo comprar una televisión en cualquier país y traérsela al propio: sólo se podía hacer en algunos casos excepcionales. Por ejemplo, en España la televisión funcionaba con un tamaño de pantalla de seiscientos veinticinco líneas (unas quinientas setenta y seis efectivas) y una corriente eléctrica de cincuenta hercios, mientras que en la mayor parte de América eran unas cuatrocientas líneas efectivas funcionando a sesenta hercios.



Con el advenimiento del color se complicaron más las cosas, porque había tres normas incompatibles entre sí, con el agravante de que los usuarios estaban prisioneros de las normas de cada país y no podían, como en el caso de la guerra entre el VHS, Betamax y V2000 cambiar de norma. Y había claras diferencias de calidad entre unas normas y otras, con cierta ventaja para el sistema PAL respecto al SECAM (al que a veces le salían unas barras de colores desvaídos) y clara desventaja para el NTSC, que era muy inestable respecto al color que realmente salía por la pantalla<sup>[12]</sup>. Con ese panorama, se hicieron varios intentos de unificar los sistemas y aprovechar para ofrecer al público una televisión de mayor calidad. Lo malo es que se volvieron a hacer «demasiados» intentos y de nuevo las peleas político-comerciales dejaron a los usuarios como principales perdedores por mucho tiempo.

Pero por fin se llegó a una norma de televisión de alta definición que prometía ser «única», con una imagen de mil doscientas líneas y un sonido de

varios canales. En Japón se llegó a realizar alguna emisión de prueba pero era demasiado tarde: la televisión digital ofrecía ya prestaciones muy superiores a un coste ridículo en comparación con las propuestas de aquellos comités que, después de décadas de reuniones, habían perdido el contacto con la realidad.

Y es que entre medias se habían desarrollado mucho los algoritmos de compresión de datos.

## **LA CLAVE DE TODO: COMPRESIÓN DE DATOS**

Volvamos para comprenderlo a la onda que representaba el sonido al principio de este capítulo. Hay dos formas de transmitirla de un sitio a otro: la más intuitiva es enviarla en el mismo formato que se tiene, es decir, se transmite una onda que también sube y baja de una forma «análoga» a la onda original. Pero hay otra manera de transmitir esa onda, que es «medir» la altura de esa onda en cada momento, darle un valor numérico a esa «altura» y transmitir esos números; si eso se mide y se transmite miles de veces por segundo, en el extremo contrario de la transmisión alguien podría reconstruir la forma de la onda original a través del «dibujo» de puntos donde los números que le llegan colocan a cada paso la altura de la onda. Eso es exactamente la transmisión «digital» de la señal, que en francés se llama «numérique».

Lo bueno es que, si se graban y transmiten bien los números, la onda resultante es exactamente fiel a la original, cosa que en la transmisión analógica es difícil a veces con las interferencias o los ruidos electromagnéticos del camino, aunque el gran «pero» de la transmisión digital era que para transmitir esos números hacía falta mucho más tiempo que para transmitir la propia onda analógica, o hacerlo desde más «emisoras» a la vez; en otras palabras, utilizar un mayor ancho de banda.

La televisión utiliza para su señal unos ocho megahercios de ancho de banda y, con ese ancho, en la banda de UHF caben bien una docena de canales después de considerar repetidores, interferencias de los canales de ciudades próximas y márgenes de seguridad. La televisión analógica de alta



definición ocupaba cuatro veces más y dejaba reducida a la cuarta parte la capacidad de canales del espectro radioeléctrico. Una transmisión digital, sin mayores trucos, era inviable. Pero el gran truco apareció en forma de algoritmos de compresión de datos.

No es realista pretender dar aquí una visión comprensible de cómo trabajan estos algoritmos, y no sólo porque son muy complejos, sino porque para ello no habría más remedio que hacerlo a partir de lo que hemos tratado de evitar a toda costa en este libro: habría que utilizar fórmulas y demostraciones matemáticas de esas que incluso en la pizarra de una universidad resultan farragosas y son el terror de los alumnos.

Pero no podemos reprimarnos el dar un par de pistas. Por ejemplo, al transmitir un sonido, que es una onda única que se extiende en el tiempo, en lugar de transmitir la «altura» que decíamos antes de cada uno de sus puntos, basta con transmitir «una» altura y los pequeños «incrementos» de los puntos siguientes; en otras palabras, en vez de transmitir 97, 98, 99, 101, 103, 105, 104 se puede transmitir 97, +1, +1, +2, +2, +2, -1, y son menos números quizá. Eso es comprimir.

En el caso de las imágenes, de los más de dos millones de puntos que tiene una imagen de televisión en alta definición, la mayor parte de los puntos no cambian de una imagen a la siguiente (imaginemos un locutor leyendo una noticia o un par de personajes diciéndose algo en un salón: la decoración del fondo no se mueve o lo hace suavemente toda a la vez en la misma dirección) así que basta con transmitir los puntos que «cambian» de una imagen a la siguiente y, cuando cambian, es posible que sea mejor decir que un grupo de puntos se «mueve» una distancia en una dirección que volver a transmitirlos todos. Además, cuando cambian muchos puntos a la vez (una persecución en un bosque, por ejemplo), no solemos ver el detalle de cada punto de la pantalla, sino que nuestra atención se centra en pocos elementos de buen tamaño.

**COMPRIMIDOS, EN LA CHISTERA DEL MAGO CABEN MUCHOS CONEJOS Y PALOMAS**

El resultado es que una película en alta definición implica mover unos doscientos setenta millones de bits de información por cada segundo, para lo cual no bastaría con todo el ancho de banda del UHF, pero si se comprime, es suficiente con cinco millones de bits en un segundo y eso abulta bastante menos que la señal analógica correspondiente. Y así, por donde antes se enviaba un canal de televisión en formato analógico, ahora se pueden enviar cuatro o cinco (en función del nivel de calidad que se quiera para la imagen) comprimidos digitalmente; es lo que se llama conoce como televisión digital terrestre (TDT o DVB en sus siglas inglesas).

De este modo, pues, murieron los primeros intentos de televisión en alta definición (a favor del formato actual, mucho mejor en conjunto) y casi se muere también la industria cinematográfica y la discográfica.

## **DAÑOS COLATERALES: TRÁFICO CLANDESTINO DE CONEJOS Y PALOMAS**

Al igual que los medicamentos, que se diseñan para tener un efecto principal pero deben vigilarse muy de cerca los efectos secundarios, la popularización de las técnicas de compresión de datos ha tenido unas consecuencias desastrosas para el mundo de la música y del cine.

Todo empezó con los primeros lectores portátiles de minidisc. No tuvieron mucho éxito fuera de Japón y Estados Unidos, pero allí se podía grabar uno mismo sus canciones favoritas en un disquito de pequeñas dimensiones e ir oyéndolo en el autobús o en la biblioteca con muy alta calidad sonora. La única pega consistía en que primero tenías que convertir las canciones que querías oír desde el formato del CD o dónde sea que las tuvieses, al formato comprimido en el que lo grababas después: el formato MP3.

Había programas para realizar esa conversión, pero en aquella época ni la velocidad ni la capacidad de todos los ordenadores eran las adecuadas para hacerlo. Pero si algún conocido ya lo tenía convertido, te bastaba con

copiárselo. En los últimos años del siglo, después de otras iniciativas menos populares, nació Napster. No era el primer sistema de intercambio de archivos entre particulares, pero sí fue el que llegó en muy poco tiempo a tener más de veintiséis millones de usuarios. De esta manera, lo que de toda la vida se había hecho sin que las compañías discográficas se molestasen demasiado, copiar la canción de un amigo en un casete (sonaba algo peor cada nueva copia, pero era lo que había, y había que conformarse con eso), se pasó a hacer de manera masiva, intercambiando temas con gente de todo el planeta y en un formato digital que ni se desgastaba ni perdía calidad en cada copia.

Las discográficas protestaron, incluso consiguieron cerrar Napster, pero la gente había encontrado muy simpático eso de intercambiar archivos y ya antes de que Napster desapareciese una pléyade de iniciativas herederas habían nacido, aunque ya sin las «debilidades» legales que hicieron caer a Napster.

## **LAS GRANJAS DE CONEJOS Y PALOMAS SE ARRUINAN**

La siguiente torre que cayó fue el cine, porque los formatos de compresión que se habían desarrollado para la televisión digital también daban la opción de transmitir una película por internet en un tiempo razonable. De todos modos, para eso vino a ayudar la propia industria cinematográfica cuando su arma definitiva cayó en poder de sus enemigos, aunque eso merece un capítulo aparte, justo el siguiente.

## Capítulo 12. El DVD

*Como no me enseñaron la verdad, tuve que buscarla yo mismo, y descubrí la Verdad.*

Atribuida a Albert Einstein

El DVD no nació para proporcionar al público un medio de reproducción de películas de alta calidad en casa y no murió (está en ello) por no conseguirlo o dejado atrás por nuevos desarrollos que satisfacían mejor las necesidades de los ciudadanos. El DVD nació para proporcionar a las distribuidoras una forma de vender las películas sin que los compradores pudiesen copiarlas como ya estaban haciendo con los vídeos VHS. En el momento en que los DVD dejaron de ser imposibles de copiar en el ámbito doméstico, la industria cinematográfica rescató del olvido la vieja idea de la televisión de alta definición, durante tanto tiempo postergada, para intentar recuperar la posición de privilegio que le otorgó durante unos pocos años una tecnología que se imaginó blindada ante las copias privadas. Lo mismo se puede decir del cine en tres dimensiones, que resurge justo en el momento en que los cines claman por más clientes, las ventas de Blu-Ray avanzan con mucha lentitud y surgen los primeros programas que permiten convertir las películas en ese soporte en ficheros informáticos fáciles de copiar y compartir.

Pero vamos a por qué el DVD es uno de los grandes desastres (comerciales) de la tecnología.

## UNIDOS FRENTE A LOS CLIENTES

Después de las cruentas luchas de los años ochenta entre VHS y Betamax por la supremacía en el mercado de los videocasetes de uso doméstico (el Philips V2000 nunca pasó del nivel de tercero en discordia, pese a sus indudables ventajas técnicas frente a los otros dos), las distintas compañías tomaron la decisión de unir sus esfuerzos. No lo hicieron por vocación de servicio, sino para que en el siguiente avance tecnológico pudiesen mantener el control a ultranza sin depender de que alguien de la competencia, desesperado por sus malos resultados, decidiese vender algún nuevo «avance» que fuese demasiado ventajoso para sus clientes a costa de los intereses del resto de la industria.

La industria del entretenimiento estaba «muy» escaldada después de tener que renunciar quizá para siempre (también está el proceso en marcha) a sus jugosos porcentajes de ganancia por la venta de música. Aquello fue un problema cuando la gente empezó a copiar sus CD con las primeras grabadoras que equipaban los PC; eso ya alarmó a la industria discográfica hasta que se ha acabado convirtiendo en el actual desastre tecnológico del MP3: un algoritmo de compresión de música que ha cambiado toda una industria, propiciando que cualquiera pueda meter en máquinas pequeñas, baratas y robustas lo que la industria discográfica proponía a finales del siglo XX que siguiéramos escuchando en los lectores de CD portátiles, que gastan muchísima más batería, y dependen de discos frágiles y relativamente grandes. Los lectores MP3 son mucho más versátiles, los CD tienen ante ellos perdida la guerra, y el tardío intento de las distribuidoras de música de por fin venderla en el formato en que la quiere la gente quizá ha llegado tarde: en el arranque del siglo XXI los músicos viven de las actuaciones en directo, no de la venta de discos.

En el lado del cine, por entonces Sony ya había tenido que defenderse en un juicio en el que le acusaban de que el sistema Betamax permitía a cualquier particular copiar una película o grabarla de la televisión sin pagar derechos de autor, aunque se defendieron diciendo que, en último extremo, la

copia tenía menos calidad que el original y las copias sucesivas darían resultados de muy baja definición. También alguien ya había dicho que sacar el CD al mercado había sido un error, pues dejaba en manos del público el «master» de la obra musical y ahora se podían hacer infinitas copias del original sin siquiera la pérdida de calidad que antes suponía pasarlo a casete.

Había que hacer algo sin repetir pasados errores y a la hora de la verdad se presentaron sobre las mesas de reuniones los desarrollos, por un lado, de Sony y Philips (padres del CD y, en el caso de Sony, camino de ser una de las mayores productoras de cine del planeta), con su MMCD y, por otro lado, Toshiba, Matsushita y Time Warner con su propuesta, que llamaban SD.

Es importante el detalle de que en todas estas iniciativas en primera fila estaban, al lado de las empresas tecnológicas, las grandes productoras de cine: era una llamada del mundo del cine al de la tecnología para conseguir un planteamiento que les permitiese vender las películas a otros clientes aparte de los que hacían cola en las taquillas de los cines, pero siempre resguardando el negocio frente a las copias privadas.

Más adelante, uniendo los esfuerzos de otras compañías, entre ellas el muy llamativo nombre de IBM, terminaron formando el DVD Consortium y, más adelante, el DVD Forum, hoy en día una organización con centenares de miembros. En 1995 anunciaron el futuro: el DVD.

## **LA DICTADURA DEL MONOPOLIO**

Este consorcio tomó bastantes decisiones, alguna de ellas muy significativa. Por ejemplo, al principio pretendieron que no se comercializasen equipos grabadores de DVD. En poco tiempo, por presiones diversas, tuvieron que admitir que se podían desarrollar sistemas de grabación porque, ante la ausencia de una postura común, empezaron a aparecer diversas normativas de grabación (DVD-R, DVD-RAM, DVD-RW, DVD+RW) con una compatibilidad sólo relativa entre unos resultados y otros. No obstante, el DVD Forum consiguió al principio, por lo menos, que la capacidad de los discos grabables fuese inferior a la del DVD

comercializado con películas grabadas, para evitar que se pudiese copiar uno en otro. Hay que recordar que en esos años los discos de los ordenadores no tenían capacidad para guardar en ellos un fichero de cuatro gigabytes, por lo que si una película salía del DVD, se suponía que sólo podía ir «a otro» DVD o a una cinta magnética digital, que era una técnica que apenas se había difundido en el mercado doméstico fuera de Japón.

En 1997 aparecieron los primeros lectores y grabadores para PC, con el objetivo de servir de elemento de almacenamiento masivo (por entonces el tamaño de los discos no era mucho mayor que el del DVD y este representaba una buena opción para las copias de seguridad). La industria cinematográfica todavía se las prometía muy felices, porque los discos magnéticos disponibles seguían sin tener capacidad ni precio como para almacenar películas de forma competitiva y no parecía que ese panorama fuese a cambiar en un futuro próximo. En realidad, una película en DVD ocupa cuatro gigabytes no porque necesite todo ese espacio, sino porque su codificación está artificialmente hinchada para que no sea sencillo copiarla a un disco de menos capacidad.

Además, y eso parecía determinante, todas las películas que se comercializaban portaban un par de protecciones especialmente interesantes: las «zonas» y el «Content Scrambling System» (CSS).

## **PONER PUERTAS AL CAMPO**

Con la división por zonas, las productoras de cine conseguían crear fronteras artificiales. Cuando los usuarios ya se alegraban por anticipado de la desaparición de los problemas derivados de las codificaciones del color (con el sistema NTSC para los americanos, el PAL para la mayoría de los europeos y el SECAM para franceses y rusos) los lectores de DVD, que en teoría podían leer cualquier película y la mostrarían en el sistema de color televisivo de cada país, quedaban divididos por zonas y no podía venirse de Francia o Estados Unidos trayéndose una película entre las cosas compradas allí durante el viaje. Las zonas reedificaron las fronteras con el objetivo de

poder controlar cuándo se estrenaba una película en cada sitio y que nadie en Europa viese los estrenos de Hollywood hasta que la correspondiente productora decidiese que era el momento comercialmente oportuno.

## **EL CIFRADO, CLÁSICA TÁCTICA FRENTE AL ENEMIGO**

Con la segunda protección, el CSS, es con lo que evitaban que nadie pudiese copiar la película a otro formato. Funciona de la siguiente manera: la película, dentro del DVD, está cifrada, encriptada, bajo clave. Sólo sabiendo la clave el programa del aparato lector de DVD puede sacar del disco la película, descifrarla y mostrar el resultado en pantalla. Así pues, se le dio una clave de descodificación a cada fabricante reconocido de equipos lectores de DVD como una forma de controlar que nadie hiciera un reproductor que, por ejemplo, no hiciera caso de las limitaciones de zonas o cualquier otra protección que se le ocurriese a la industria cinematográfica para salvaguardar sus intereses. Cada fabricante tenía la responsabilidad de guardar en secreto su clave, por cuya obtención había pagado una fuerte suma de dinero, y que representaba su derecho a fabricar equipos relacionados con los DVD.

Cada disco DVD comercializado tiene, además de la película por la que pagamos, las alrededor de cuatrocientas claves de las empresas fabricantes reconocidas previstas por el DVD Forum. El *software* del CSS, incluido en cada lector de DVD, tiene la clave del fabricante de ese equipo lector y, si es uno de los reconocidos, no tiene ningún problema para descifrar la película y mostrárnosla en pantalla. Con eso, cada fabricante (de electrónica o de programas) relacionado con el DVD sabe «su» clave, fabrica y distribuye «sus» productos y estos leen los DVD. Controlando la distribución de esas claves se podía restringir a qué fabricantes se les otorgaba el derecho a leer los DVD y a la postre controlar de esa manera el cumplimiento de cualquier restricción que la industria, representada por el DVD Forum, quisiese aplicar al mercado.



## «CLAVE» ES «LLAVE»

Tenían la sartén por el mango y, como consecuencia, los precios de los DVD eran muy superiores a los de las cintas VHS que contuviesen la misma película, pese a que para fabricar una cinta de vídeo hay que grabar varios cientos de metros de cinta magnética fina y delicada, montada en un casete que incluye una docena de piezas móviles y el DVD, por el contrario, se graba de un golpe de plancha en un disco de plástico barato y más robusto que la cinta.

Por esos mismos años, Digital Equipment Corporation, uno de los mayores fabricantes de ordenadores pero en plena barrena comercial por su poca visión de futuro como ya hemos comentado, había vendido a Intel sus patentes de diseño y fabricación de microcircuitos de silicio y, por primera vez en mucho tiempo, se quebró la Ley de Moore que dice que cada par de años, más o menos, se duplica la velocidad de proceso de los sistemas: en un par de años Intel pasó de velocidades de cincuenta a setenta y cinco megahercios a velocidades superiores a ochocientos megahercios. Esos avances permitían que un procesador de propósito general, que pocos años atrás apenas podía con las operaciones de una hoja de cálculo no muy grande, ahora sin mucho esfuerzo era capaz de decodificar una película a velocidad real y mostrarla en la pantalla con una calidad muy aceptable.

En algún momento de los años 1997-1998, alguien llegó a la conclusión de que, ya que había lectores de DVD para PC, también se podían desarrollar programas visualizadores de las películas para que los PC pudiesen decodificarlas y sus propietarios pudiesen verlas en las pantallas de sus ordenadores, cosa que en aquellos años era una novedad revolucionaria. Pero se decidió que sólo se harían programas decodificadores para el sistema operativo Windows, y nunca para Linux, puesto que Microsoft era una empresa de confianza pero Linux, con su filosofía de programas gratuitos y compartir todo lo que se encuentra, no parecía tan controlable. A las productoras de cine Linux les debía parecer el Anticristo.

## ALGUIEN DE FUERA DEL SISTEMA

Esa decisión fue el principio del fin para el DVD. Porque en esa situación, un noruego llamado Jon Lech Johansen, junto con algunos amigos con los que formaban el grupo MoRE (Master on Reverse Engineering), decidieron cubrir el hueco y desarrollar por su cuenta un visualizador de DVD para Linux. Eso es algo que no estaba prohibido (lo mismo que no está prohibido copiar la fórmula de la Coca-Cola®, si se consigue), puesto que se creía que sin la clave no podrían avanzar, además de tener que programar la interpretación de la información de imagen y sonido, tarea a priori compleja. La industria quizá consideró que era un reto fuera del alcance de quienes no contasen con los medios de las grandes empresas, y esas grandes empresas ya tenían firmados sólidos compromisos de no hacerlo sin la aprobación del DVD Forum.

Por supuesto, la mayor dificultad era encontrar una de las cuatrocientas claves válidas, pero los del MoRE no tuvieron que esforzarse demasiado, porque una de las compañías reconocidas, Xing Technologies, no había tomado la precaución de cifrar la propia clave de descifrado, con lo que al analizar el programa que comercializaban la encontraron legible y utilizable. De hecho, como descubrieron que era una clave de sólo veinticinco bits significativos, se tomaron la molestia de buscar, a base de intentos aleatorios, otras claves diferentes y encontraron ciento setenta que también eran válidas. Más adelante Jon Johansen declararía que no entendía cómo se había pagado tanto dinero por una chapuza como el CSS. Quizá los del DVD Forum confiaron más en el secreto que en la potencia de los mejores algoritmos de cifrado y no cuidaron bien su secreto. Siguiendo el comportamiento habitual en el mundo del «*software* libre», los del MoRE terminaron su visualizador para Linux y lo publicaron en internet, junto con sus fuentes y, en ellas, las claves «secretas» que abrían para siempre las puertas de los DVD. Habían pasado cuatro años desde que se anunció el DVD y apenas dos desde que se empezaron a comercializar las primeras películas en ese formato.

## **EL GIGANTE ESTÁ HERIDO DE MUERTE**

El resto fue como fichas de dominó puestas de pie, en fila, cayendo todas al empujar la primera. De nada sirvió que la Policía noruega entrase en el domicilio de Jon Johansen a detenerle por su supuesta fechoría (por cierto, no habíamos mencionado su edad: tenía por entonces dieciséis años), porque el daño ya estaba hecho y, además, la justicia noruega terminó sacando la conclusión de que no había hecho nada ilegal.

La industria cinematográfica, por supuesto, no alentó la difusión de esas informaciones y todavía disfrutaron de unos años de prosperidad, pero ese barco tenía una vía de agua que no podían achicar y desde entonces infinidad de programas han circulado para convertir una película comercializada en DVD en un fichero con la definición y tamaño que se quiera, susceptible de grabarse en un CD, en otro DVD, compartirse en las redes P2P o, más recientemente, meterse en los discos multimedia que almacenan cada vez más películas. Desde entonces todo han sido nuevas y cada vez más graves vías de agua.

## **LOS ABOGADOS DANDO LA PUNTILLA A SU CLIENTE**

En algún momento de esas batallas legales hubo un juicio en California en el que se acusaba a un empleado de la industria del cine de haber trabajado en el desarrollo de los programas que descodificaban las películas de los DVD y, para apoyar sus argumentos, los abogados de la acusación presentaron al juez los programas originales de sus clientes para que comprobase su señoría lo parecidos que eran a los programas que circulaban por internet facilitando las copias.

No hubiese sido algo digno de recordar salvo por el detalle de que aquella oficina judicial estaba muy tecnificada (por eso «entendía» de temas tecnológicos) y lo siguiente que hizo el juez fue poner en internet las pruebas de un juicio que era público. Como los abogados no habían marcado como

«confidencial» los programas de su cliente, desde entonces las claves siguen circulando por internet.

Se intentó patentar el código y protegerlo de mil maneras, pero se hicieron pancartas con el código impreso e incluso alguien llegó a fabricar camisetas y corbatas para defender que era algo público, conocido y decorativo: tan patentable como la Estatua de la Libertad.

## **LA MAGNETORRESISTENCIA GIGANTE ENTRA EN LA BATALLA**

Y, en el entreacto de este drama, los recientes avances en la capacidad de los discos magnéticos han tenido como consecuencia una inesperada multiplicación de su capacidad, una disminución de su precio por gigabyte, que nos familiaricemos con el término «terabyte» y que al francés Albert Fert y al alemán Peter Grünberg se les concediese el Premio Nobel de Física en 2007 por su descubrimiento de la «magnetorresistencia gigante», que es lo que hizo posibles esos avances en el almacenamiento magnético (y que parece que no serán los últimos que veremos en este campo: se habla de técnicas que todavía multiplicarán por diez o por cien las capacidades de almacenamiento de los días en que escribimos estas líneas). Era el complemento que faltaba para que los ordenadores domésticos pudiesen competir con los videoclubs.

Poco más de diez años después de su nacimiento, el DVD estaba descifrado, copiado y sus contenidos distribuidos de forma masiva fuera de los canales aceptados por la industria, que era la que había distribuido las películas en el formato más apropiado para que se pudiese copiar con gran calidad. Como consecuencia, las ventas de películas bajaron en picado sin que los descensos de precios hayan evitado el desastre. ¿Dónde quedó esa utopía de las productoras de controlarlo todo, incluido el precio?

El siguiente movimiento de la industria (alta definición, cine en 3D, etc.) todavía está en este momento por dar todos sus frutos, pero con gran lentitud puesto que para las familias supone renunciar a los discos multimedia,

cambiar televisiones y lectores (a altos precios) para, a continuación, volver a comprar (también a precios disuasorios) las películas que ya adquirieron en DVD cuando las distribuidoras decían que era el formato definitivo. Además, los programas para convertir películas comercializadas en Blu-Ray a ficheros de ordenador no tardaron demasiado en aparecer.

Y todo porque no quisieron crear un visualizador de películas DVD para Linux y un chaval de dieciséis años, fuera del control de la industria, se puso manos a la obra para resolverlo.

## Capítulo 13. Efecto 2000

A finales de los noventa la industria informática estaba en horas bajas. Cuando las empresas de alta tecnología se empezaban a recuperar de la crisis económica de principios de la década, les cayó encima el desplome de las «puntocom», esa crisis sectorial que afectó a miles de negocios contruidos en el aire y apuntalados tan sólo en la presunción de que toda idea que tuviese detrás una *web* iba a tener un futuro brillante y eso iba a suceder de forma inevitable.

### EL SARPULLIDO DE LAS PUNTOCOM

Durante algunos años había sido cierto, y ni siquiera los directores comerciales de algunas empresas «puntocom» tenían una idea clara de cuáles eran las razones de que el dinero pareciera que les buscaba aunque se escondiesen. Pero cuando internet dejó de ser algo mágico y pasó a ser un elemento más del paisaje empresarial, cuando los inversores, ante la afirmación de un directivo de que «estamos en internet» ya no ponían cara de admiración sino que preguntaban cuánto dinero les reportaba eso, miles de empresas desaparecieron tan rápido o más que como habían crecido. Lo cual, a pocos años del cambio de milenio<sup>[13]</sup>, dejaba un panorama empresarial deprimido, árido, falto de ideas sobre las que trabajar.

Y allí surgió la nueva panacea: el Efecto 2000.

## UN NUEVO NEGOCIO SURGIDO DE LA NADA

El problema, si lo describía un consultor al rancio estilo de la vieja Arthur Andersen, podía ocupar un informe de cientos de páginas y predecir el final inapelable de la civilización. Pero descrito con palabras llanas venía a ser que muchos programas de ordenador iban a tener problemas al comparar fechas, porque sólo guardaban los dos últimos dígitos del año (comodidad, a la vez que consecuencia del vicio de los viejos informáticos de ahorrar espacio) y, al cambiar de milenio, les parecería por ejemplo que faltaba casi un siglo para tener que pagar una factura del 99, dado que estábamos en el año 00.

Hay que pensar que en la época en que se escribieron esos vetustos programas, un disco de treinta megas podía costar más de un millón de pesetas, unos quince mil dólares de los de entonces: se miraba con lupa cada bit que se almacenaba allí. Ciertamente podía ser un problema, muy agravado por el detalle de que se trataba de algunos programas muy viejos, hechos por programadores que también eran ya muy viejos. Y los programadores en activo no tenían ni idea de las técnicas de programación de moda cuando sus padres se conocieron y esos programas se estaban creando a toda velocidad y en muchos casos, adornados con el hecho de que había innumerables entidades que llevaban una doble contabilidad: una para hablar con Hacienda y otra para llevar las cuentas de verdad. Estamos diciendo que cualquiera de las dos contabilidades podía dar problemas. Lo de que el problema fuese grave era más discutible.

Pero todo aquel que se enteraba del chollo que se les venía encima procuraba echar un par de leños más en la hoguera. Al poco, circularon alarmantes informes de que los ordenadores personales se iban a parar en el peor momento porque no entenderían en qué fecha estaban (bueno, los ordenadores personales ya llevaban tiempo parándose sin necesidad de encontrar una buena excusa, por lo que era creíble que también por esto se pararían), que los tratamientos de texto harían tonterías y las hojas de cálculo, tan llenas como están de fechas, iban a ser un galimatías indescifrable.

## HISTERIA COLECTIVA

Por supuesto, todos los bancos empezaron a publicar que ellos en concreto no iban a tener ningún problema porque iban a hacer unas enormes inversiones en repasar hasta el último programa para garantizar que (puede que por primera vez en su historia) iban a tener una informática perfecta y sin errores.

Lo peor no obstante les cayó a las compañías eléctricas, de gas, agua, aviación, etc. Las esporas del alarmismo están depositadas por toda la sociedad y, al igual que las esporas de las setas, están ahí aguardando el tiempo que haga falta un pequeño chaparrón de nada que les permita medrar, crecer y surgir en el paisaje como vistosos elementos decorativos pero muy peligrosos: muchos hongos y no pocos alarmistas son un veneno para quien se trague sus productos.

Según se acercaba la fatídica fecha, quien leyese periódicos estaría preocupado porque en el momento de brindar por el nuevo año iba a suceder un apagón, nos íbamos a quedar sin agua, sin calefacción, sin teléfonos, los bancos iban a olvidar para siempre nuestros saldos y, prácticamente, las únicas máquinas que iban a seguir funcionando eran las pistolas y las bicicletas. En los últimos meses de 1999 era muy difícil comprar un sistema de alimentación ininterrumpida de tamaño suficiente como para mantener en marcha una sala de ordenadores, se vendieron toneladas de velas y candiles y millones de pilas alcalinas.

Unos pocos días antes del cambio de milenio (el 28 de diciembre, tradicional día en el que en España se gastan todo tipo de bromas pesadas) a la empresa de uno de los autores le dejó de funcionar la contabilidad (en pleno cierre de las cuentas anuales). Para cuando se demostró que era un problema que no tenía nada que ver con el cambio de milenio sino con el contrato de renovación de la aplicación, cuya actualización se vio perjudicada por un error de la empresa proveedora del servicio, había muchas caras de profunda preocupación alrededor del director de informática, que llevaba



meses diciendo que no había que ponerse histéricos con eso del Efecto 2000.

## **A RÍO REVUELTO, GANANCIA DE PESCADORES**

Hubo empresas que ganaron, y otras gastaron, millones de euros (virtuales: los euros sólo se implantaron unos pocos años después) o de dólares vendiendo o comprando equipos que llevasen la etiqueta de «Compatible» con el año 2000, renovando aplicaciones que se cobraban como nuevas y cuya única diferencia con la anterior versión era que no se hacían un lío con las fechas. Durante unos pocos pero revueltos meses cualquier informático al que habían prejubilado un par de años atrás se pudo dar el gustazo de volver a su antiguo banco, tomarse un café con sus antiguos compañeros y trabajar unos pocos días cobrando por ello lo que en tiempos le pagaban durante varios meses de rutinaria programación.

Y llegó el año 2000. Eso era casi lo único real e inevitable.

## **Y NO PASÓ NADA**

Por supuesto, no hubo apagones, ningún banco se arruinó por hacer mal las cuentas, los coches siguieron teniendo los mismos accidentes que en 1999 y los ordenadores siguieron encontrando variadas e imaginativas excusas para hacernos la vida difícil sin necesidad de hacerse líos con las fechas. El único problema que sufrimos alguno de nosotros en primera persona es que, a causa de la precaución que habíamos tomado de mandar apagar todos los ordenadores posibles en esa Nochevieja, a la hora de ponerlos de nuevo en marcha siempre había alguien que no se acordaba de la clave de acceso.

Las grandes consultoras que habían cobrado facturas millonarias a sus clientes para revisar sus sistemas tuvieron que agarrarse con todas sus fuerzas al argumento de que si no había habido ningún problema en ninguna parte era gracias, precisamente, a que se habían revisado los sistemas. Y cuando se les respondía que tampoco había habido problemas conocidos en las empresas

que no habían revisado sus sistemas, en vez de decir que esas otras empresas no tenían grandes problemas porque no tenían grandes consultoras aconsejándoles, se agarraban al argumento de que había sido un éxito que tenían que agradecer a la revisión de los sistemas y repetían una y otra vez esas consignas como un mantra.

A continuación se pusieron a redactar los prolijos informes que advertían de los apocalípticos castigos que caerían sobre la banca y las empresas por el advenimiento del euro, agravado en España e Italia por haber dejado de trabajar con céntimos décadas atrás, acostumbrándonos a «redondear» en todas las operaciones, y los viejos programadores se volvieron a frotar las manos con esa nueva ocasión de complementar sus siempre escasas jubilaciones, ayudados también por Hacienda, que sigue haciendo necesaria para muchas entidades la doble contabilidad.

## **II. LA AVIACIÓN**

# Introducción. Aproximación a un tema delicado

*Si algo puede fallar, tarde o temprano fallará.*

Edward Aloysius Murphy

Ingeniero aeronáutico y militar de los tiempos en los que los aviones se hacían con madera y tela, Ed Murphy (por favor, no confundir con el actor Eddie Murphy, que no se parecen en nada) dedicó los últimos años de su vida profesional a desarrollar asientos eyectables como culminación de una carrera en la que siempre estuvo diseñando artilugios que tenían utilidad cuando todo lo demás fallaba.

Su tesis, madre de todas las «Leyes de Murphy» que circulan por la cultura universal, es que si una pieza tiene una posibilidad entre un millón de fallar, y se utiliza millones de veces, es estadísticamente inevitable que ese improbable fallo ocurra en alguna parte. Esto, en el mundo aeronáutico actual, en el que mientras se lee este párrafo están despegando docenas de aviones en la infinidad de aeropuertos del planeta, hace que una fiabilidad de «una entre un millón» sea inaceptable en sistemas críticos, porque cada pocos días se suma otro millón de vuelos a las estadísticas y eso implicaría un fallo cada pocos días.

Si esa imagen la completamos desde el punto de vista de que un avión comercial tiene millones de piezas, eso querría decir que cada día fallaría algo. En definitiva: en la aviación, una posibilidad de fallo entre un millón es

inaceptablemente alta para las cosas importantes. Aun así, por desgracia, las catástrofes aéreas podrían dar lugar ellas solas a una monografía mucho más voluminosa que el libro que el lector tiene ahora en sus manos. Lo malo no sólo es que resultaría deprimente, sino que también resultaría aburrida. Y morbosa.

Y muy rastrera, porque como veremos, en muchos casos fue el ahorro de unos euros lo que llevó a alguien a saltarse unas «recomendaciones», o a disimular un defecto de diseño, o a realizar un mantenimiento no muy riguroso, y ello en el contexto de las eternas luchas comerciales por dominar un mercado, el del transporte aéreo, en el que países enteros se juegan la prosperidad y el prestigio.

Pero la razón de que la sección que le dedicamos a la aviación sea tan relativamente breve es también que la inmensa mayoría de los accidentes aéreos tiene mucho más que ver con la imprudencia personal y con saltarse las normas que con los fallos tecnológicos. Una y otra vez. Y no hay mucho que aprender de ello. Por supuesto hay excepciones y, en un tema tan amplio como este, algunas son muy jugosas. Vamos pues con las más notables.

## **Capítulo 14. *R-100/R-101***

En un principio fue el globo, aunque hay quien defiende que lo primero que levantó del suelo a un ser humano fue una cometa. Pero seguramente la primera vez que alguien se separó por completo del suelo, voló y lo pudo contar, fue gracias a un globo; sucedió en 1783.

### **LA DURA VIDA DE LOS PIONEROS**

Luego vino lo de Diego Marín Aguilera, un pastor de Coruña del Conde (provincia de Burgos), que al anochecer del 15 de mayo de 1793 voló de forma controlada con lo que hoy consideraríamos un rústico planeador que manipulaba con movimientos de las alas: desde un cerro próximo al pueblo llegó a cruzar el río, y tuvo que hacer el primer aterrizaje forzoso de la historia por la rotura de un perno en una de sus alas.

No era un intento alocado: llevaba seis años construyendo el artilugio con ayuda del herrero y, cuando despegó, lo hizo diciéndoles a este y a su hija, sus únicos ayudantes, que se iba a Burgo de Osma, que de allí pensaba seguir a Soria y que volvería pasados unos días. Ese hombre sí que tenía valor.

Tampoco era su primer invento notable, pues Diego debía ser lo que ahora llamaríamos un manitas y, para aquella época, era todo un genio de la ingeniería. Ese pastor, pese a ser analfabeto, ya había mejorado el funcionamiento del molino y los batanes de un pueblo próximo, optimizó también la explotación de una cantera vecina e hizo otros apaños en la capital de la comarca. Pero todos esos méritos y trabajos por el bien de la comunidad

no evitaron que, a la mañana siguiente de su hazaña, mientras él se reponía de los chichones del aterrizaje, algunos vecinos encabezados por el cura párroco destrozasen y quemasen lo que quedaba de su aparato, que tildaban de diabólico.

Es evidente que había una buena razón para que hubiese iniciado su vuelo amparándose en la noche. Diego Marín Aguilera fue pionero incluso en sufrir la incompreensión de la ignorancia y el miedo a las nuevas tecnologías.

## **POR FIN VOLAR**

Aproximadamente un siglo más tarde, los cielos estaban conquistados para la humanidad y, pese a que siempre queda alguien que insiste en que si Dios hubiese querido que volásemos, nos habría dado alas, en los primeros años del siglo XX los aviones pioneros ya volaban de forma más o menos rutinaria.

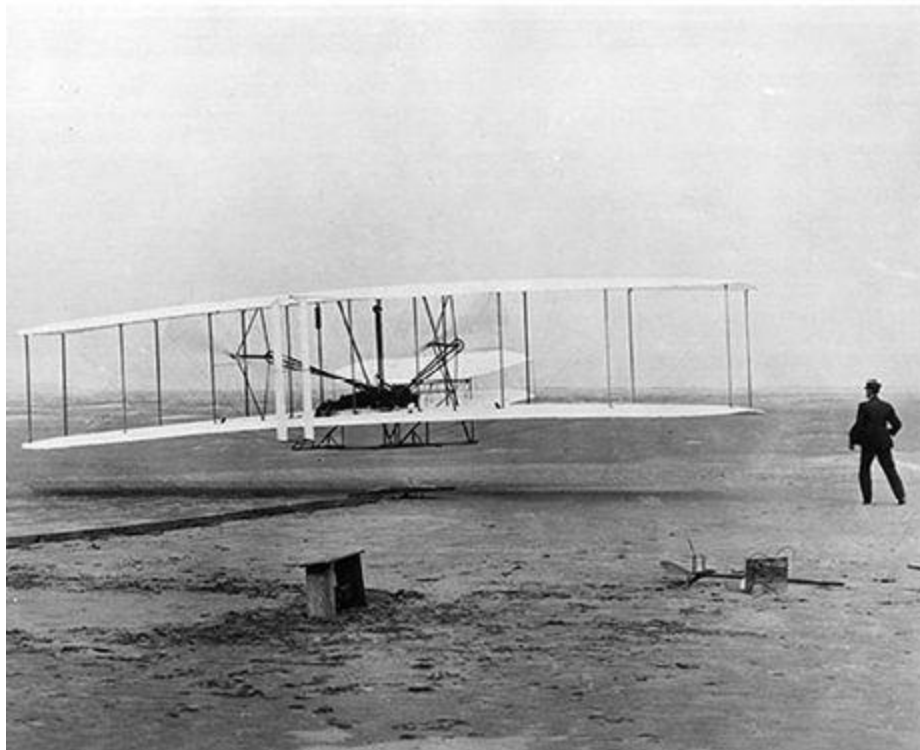
Los hermanos Wright hicieron volar el primer avión en 1903. Pero ¿alguien se ha preguntado por qué no existe una boyante compañía aeronáutica que se llame Wright? Hay un par de razones y un resultado inapelable.

La primera razón es técnica: aquel avioncito de los hermanos Wright tenía un aspecto que hoy nos parece raro, arcaico; de hecho en las películas de aquella hazaña parece que hacen volar el avión hacia atrás: al contrario que la inmensa mayoría de los aviones actuales tenía los alerones de control «por delante» de las alas principales; esa fue la primera razón de su fracaso.

El principal problema en aquellos tiempos no era tanto levantarse del suelo, sino controlar cuándo y «cuánto» se levantaba: los antecesores de los Wright llegaron a pegar algún buen salto, pero lo normal era que cuando empezaba a levantarse el morro, siguiese haciéndolo de forma descontrolada y terminase dando una vuelta de campana en lugar de elevarse con suavidad.

Los hermanos Wright (con la colaboración del Ed Murphy, al que mencionábamos más atrás) consiguieron unos planos de control que no eran los mejores, como se pudo demostrar más adelante, y esa fue la primera causa

de sus problemas. No obstante tenían un funcionamiento aceptable y «lo patentaron». Y esa fue la segunda razón de su fracaso, porque gastaron los siguientes años y «todo» su capital en defenderse de cualquier intento de copia por parte de cualquiera que pretendiese hacer volar un aparato.



Sus abogados prosperaron, pero los Wright se arruinaron y desaparecieron del panorama aeronáutico porque, además, los sistemas de control que surgieron frente la imposibilidad de que los Wright les permitiesen utilizar los patentados por ellos resultaron ser mucho mejores: hoy en día lo normal, con muy raras excepciones (el Concorde por ejemplo) es que los aviones tengan los alerones de control «detrás» del ala principal. La solución de poner los planos de control detrás del ala principal supone un peor rendimiento, porque el plano de control siempre está empujando hacia abajo. Fijémonos en la cola de un avión cuando despegue: apunta hacia el suelo, baja pero se levanta el morro, las alas principales se orientan hacia arriba y elevan el avión.

Tener en un avión una parte que empuje hacia abajo no es lo mejor que se nos puede ocurrir cuando el problema que intentamos solucionar con los



aviones es, por el contrario, «subir», pero esa solución, a cambio, tiene la importante ventaja de que el aparato es autoestable, porque si empuja demasiado hacia abajo, el avión levanta el morro, baja la cola, y el alerón trasero deja de estar tan inclinado hacia abajo y deja de empujar tanto que incluso genera sustentación, de manera que el morro baja hasta que el alerón trasero vuelve a empujar hacia abajo con efectividad suficiente como para volverlo a levantar. En otras palabras, si ponemos el alerón en una posición medianamente sensata, el avión encuentra solo el ángulo de equilibrio y vuela.

En el caso de que se coloque el alerón delante, sucede al contrario: a poco que nos descuidemos el avión se levanta un poco, el alerón ahora mira «más» hacia arriba, levanta «más aún» el morro y la nave se desmanda hacia arriba y da una voltereta o, si el avión se nos había desviado hacia abajo, lo que sucede es igual pero en dirección contraria: se dirige hacia el suelo en un último picado.

Los propios hermanos Wright, con la cerrada defensa que montaron alrededor de su pretensión de monopolio, provocaron que naciesen otras soluciones y que, una de ellas, resultase técnicamente mejor. Eso volvería a suceder ochenta años después en otro ámbito: la lucha entre Sony, Philips y Matsushita por los formatos de los grabadores domésticos de vídeo en que los altos precios puestos a las patentes de Sony o Philips desembocaron en desastres comerciales para ambas. Pero de eso ya hemos hablado más atrás, ahora limitémonos a despedir a los Hermanos Wright. Amén.

## **LOS GIGANTES DE LOS CIELOS**

Mientras progresaba el diseño de los aviones, los primeros globos habían dado paso a algunas de las máquinas más admirables de todos los tiempos: los dirigibles.

La idea, que hoy nos parecería sencilla, era colocarle un motor a un globo, pero resultó que para que aquello funcionase bien había que saber varias cosas, y aprender alguna de esas cosas costó algo más que dinero. Para

empezar, si se quiere tener una cierta capacidad de dirección, era necesario que el globo tuviese una forma alargada. Igual que los barcos: es fácil imaginar que un barco redondo resultaría complicado de dirigir.

Pero entonces surge el siguiente problema: un globo en forma de pez<sup>[14]</sup> tenía el grave inconveniente de que era, por su propia naturaleza, muy inestable. El problema era que si, por cualquier motivo, la parte delantera flotaba un poco más que la trasera (o al contrario), por poco que fuese, esa parte (o la contraria) se elevaba y el gas del globo, que tiende a subir pues para eso se usa, se acumularía en esa parte elevada, la levantaría más aún y el aprendiz de dirigible acabaría vertical, con el morro o la cola mirando al cielo y con los pasajeros agarrándose donde pudieran.

Eso llegó a suceder realmente a alguno de aquellos pioneros que tenían más «arrojo» que sesera y, por cierto, es el mismo problema que podrían tener los submarinos: nos parece muy normal que naveguen horizontales, pero eso no es más que el resultado de una gran cantidad de mecanismos como, sobre todo, depósitos de lastre (agua) en los extremos del barco a los que se bombea agua adelante y atrás en cuanto se detecta cualquier inclinación indebida. Ese lastre se mueve de un extremo a otro por esas típicas tuberías que en las películas, cuando les atacan con cargas de profundidad, saltan para mojar a los tripulantes y dar tensión a la trama; de paso, si dejan de funcionar los sistemas de equilibrio, el submarino se inclina, sólo puede navegar arriba o abajo con la hélice y, finalmente, se va hasta el fondo sin que puedan controlarlo los esforzados tripulantes.

La solución era complicada en el caso de los dirigibles, porque el peso importa mucho y no se pueden cargar con demasiados mecanismos: hay que afinar mucho más que en los submarinos.

## **EL CONDE ZEPPELIN**

Hubo pioneros, como Giffard, que consiguieron éxitos notables, pero fue el conde Zeppelin el primero que, a finales del siglo XIX, lo convirtió en una empresa rutinaria y predecible desde el sur de Alemania, a orillas del bello

lago Constanza o, tal como se llama desde el lado alemán, a orillas del Bodensee.

Allí construyó los primeros dirigibles realmente operativos, que a veces despegaban desde hangares flotantes sobre el lago. Cometió su lógica tasa de errores, pero fueron pocos y leves, y sus aparatos tenían en los primeros años del siglo XX todas las características de ser productos más o menos caros, pero predecibles y fabricables al gusto de cualquier cliente dispuesto a pagar su precio.

La primera forma de aprovechamiento de los dirigibles fue turística: la DELAG (Deutsche Luftschiffahrts-Aktiengesellschaft) daba paseos aéreos por Alemania, en los días de buen tiempo, a quienes podían pagárselos. Desde luego, era un privilegio ser de los primeros seres humanos que veían la Tierra desde arriba.

Pero sólo «en los días de buen tiempo», porque la complejidad de mecanismos que necesitaba un dirigible para volar con seguridad era tal que no se podían hacer aeronaves pequeñas y, al crecer, ya no eran un par de globos metidos en una funda alargada, sino que tenían que ser muchos globos y, para mantenerlos en fila, había que añadir una estructura metálica que le diese una forma aerodinámica estable, estructura que también pesaba y que asimismo había que levantar del suelo a base de más hidrógeno y más globos y más y más tamaño. El resultado era, de forma inevitable, una nave enorme, del tamaño de un barco grande, y muy frágil, porque todo en ella se había hecho teniendo en mente que debía ser algo muy ligero. Por eso era imprudente que volase con mal tiempo: no soportaba el viento racheado, que lo podía partir, no le gustaba la lluvia, que al empaparlo lo hacía demasiado pesado, y los rayos, ni mencionarlos.

## **MÁS ALTO QUE NADIE**

Luego vino la Gran Guerra, mucho más tarde rebautizada como Primera Guerra Mundial. Esa locura significó el nacimiento real de la aviación, y de los grandes dirigibles, que volaban muy por encima de la altura a la que los

aviones podían atacarles, y que bombardearon Londres durante meses sin que los pilotos del Cuerpo Aéreo Real, más adelante Royal Air Force (RAF), pudieran responder a esa agresión con efectividad. Porque los dirigibles eran alemanes: nadie más dominaba esa tecnología a un nivel suficiente. Sí: había dirigibles ingleses y franceses pero, al lado de sus adversarios alemanes era como hacer carreras de caballos de pura sangre contra dromedarios.

## MÁS LEJOS QUE NADIE

Al acabar la Gran Guerra, la aviación se empezó a dedicar a transportar personas. Pero los aviones de entonces no tenían un alcance suficiente como para atravesar el Atlántico, y menos cargados de pasajeros. Hoy es difícil hacerse cargo de lo que eso significaba.

Ahora, en el momento de leer estas líneas, los cielos del Atlántico están poblados por decenas de miles de personas, de treinta mil a sesenta mil en cualquier instante de un día o noche normal; es gente que viaja entre Europa y América mientras ven películas, comen, dormitan, leen (esa es la mejor opción, sobre todo con un buen libro como este, ¿no cree?) o toman una copa, formando un «pueblo aéreo» digno de Julio Verne.

A principios del siglo XX, sin embargo, lo más rápido para «cruzar el charco» era todavía el barco, que tardaba del orden de una semana en la ruta del Atlántico Norte y, si corría más de la cuenta, podía saltar a la fama de la misma manera que el *Titanic* frente a Terranova o el *Príncipe de Asturias* frente a Brasil. Pero el dirigible sí podía correr, y en 1928 empezó a volar con toda regularidad el *Graf Zeppelin*, que llegó a cruzar el Atlántico centenares de veces, con decenas de pasajeros y cargando, entre sus quince toneladas de mercancías de pago, el correo a Sudamérica con toda puntualidad.

A partir de entonces, si el Gobierno de Su Majestad Británica quería enviar una carta urgente a su embajador en Buenos Aires, la manera más rápida a su disposición era enviar la carta a Alemania y confiarla a los puntuales e infalibles servicios aéreos germanos. Pero no es que pudiesen confiar plenamente los británicos en los alemanes, con los que habían estado

en guerra unos pocos años antes. Y a los británicos, que todavía podían recordar los bombardeos de Londres por esas máquinas inalcanzables, les escocían los éxitos alemanes de una forma muy especial, porque eran los británicos los que al otro lado del Atlántico trataban de conservar sus relaciones comerciales y sociales con Canadá, todavía bajo la autoridad teórica de la Corona, y también con sus descarriados ex súbditos, los estadounidenses, sus aliados naturales en cualquier empresa comercial o militar.

Tampoco se podía olvidar el resto del Imperio, con una joya como la India, a la que costaba meses enviar una carta y recibir respuesta, o Hong Kong, o Australia, etc. Lo cierto es que si alguien necesitaba una solución al transporte a larga distancia, ese era el Imperio británico. Y depender del «enemigo» para ello no era una opción aceptable.

## **CUANDO SE METE A TÉCNICO QUIEN NO DEBE...**

La única opción viable resultaba ser, en ese momento, el dirigible y se abordó la solución del problema de una forma muy «imperial». Los británicos disponían además de un dirigible alemán, uno que fue forzado a aterrizar en la isla tras un bombardeo en 1916, y del que copiaron todas sus soluciones.

Por todo ello, con la industria alemana ya amenazando el horizonte con soluciones equivalentes, en 1924 el Gobierno decidió auspiciar la construcción de dos grandes dirigibles que comunicasen la metrópoli con las colonias y que, de paso, resolviesen el retraso de la industria aeronáutica británica respecto de la alemana.

Ello formaba parte de un plan a largo plazo en el que se mencionaba un transporte de tropas con capacidad para doscientos soldados pertrechados, lo que ahora llamaríamos una unidad de despliegue rápido y que los británicos, con su extendido imperio, tenían claro que les era muy necesario: a no ser que haya revueltas en todas partes, es más barato tener una unidad que puedas llevar a donde la necesites que tener unidades preparadas en cada

punto potencialmente problemático.

Para que el aprovechamiento de la experiencia fuese máximo, uno de los dos primeros dirigibles, denominado *R-100*, lo construiría la industria privada, mientras que el otro, el *R-101*, sería construido en los arsenales del Estado con métodos auditados por el Parlamento. Esa decisión sólo resultó ser acertada en un 50%. El *R-100* se empezó a construir en Yorkshire, por una compañía creada al efecto como una subsidiaria de Vickers. El *R-101* lo empezó el propio Ministerio de Aeronáutica en Bedfordshire.

Pero no resultaron dos dirigibles idénticos, ni mucho menos. El *R-100* estuvo sobrado de soluciones imaginativas, incluso saltándose las directivas del gobierno (utilizaron incluso motores distintos de los aprobados). Entre los ingenieros que ayudaron en ese proceso estaba Barnes Wallis, que en la Segunda Guerra Mundial lograría cierta fama al inventar una bomba que rebotaba en el agua de un embalse una y otra vez hasta que chocaba con la presa, momento en que se hundía y estallaba donde más daño podía hacer: sumergida y en la base del muro de hormigón. A Barnes le llamaron *Dambuster*: ‘rompepresas’.

Para el *R-100* ahorraron en todos los aspectos del diseño; por ejemplo: la estructura estaba hecha con barras de sólo once modelos, que casaban de diferentes maneras; un mecano.

El *R-101*, sin embargo, estuvo lastrado por su condición de proyecto público, que debía dar cuenta de cada decisión y avance, que debía soportar las críticas de cualquiera que publicase en la prensa cualquier opinión discrepante (y que tenían que contestar razonada y educadamente), que necesitaba la aprobación del Parlamento de cada gasto extra que se juzgase necesario, que no podía cambiar decisiones que resultaban erróneas (los motores aprobados eran demasiado pesados y consumían más que otros, más modernos, desarrollados muy poco después y que incorporaban los últimos avances técnicos), etcétera.

Además, para facilitar el ataque de la nave, que siempre se hacía de proa contra un mástil, venía muy bien poder «frenar» en el último momento y, para ello, en el *R-101* se añadió un motor extra que apuntaba en sentido contrario a la marcha. Tres toneladas que sólo se utilizaban unos minutos en

cada viaje. El *R-100*, por el contrario, utilizaba cinco motores para avanzar, pero dos de ellos tenían hélices reversibles que podían impulsar adelante o atrás según se necesitase.

El resultado fue el de siempre: el *R-101* era un dromedario (que no es más que un caballo diseñado por un comité). En otras palabras: el *R-101* era dieciséis kilómetros por hora más lento que el *R-100*, cargaba sólo veinticinco toneladas, que era la mitad de lo que podía levantar el *R-100*, y perdía gas por todas sus cámaras, que tenían unas válvulas de seguridad demasiado sensibles y estaban a mitad de altura de los globos, en lugar de estar colocadas en la parte de abajo (si fallaban, cosa que hacían de vez en cuando, la pérdida de hidrógeno sería mínima estando abajo, pero perdía la mitad del gas si estaba a media altura). Los globos además estaban hechos de membranas de tripas de vacuno según algún deficiente procedimiento resultado de cualquier concurso público con un precio de salida lo más bajo posible; a quien haya tratado de vender algo al Estado esta situación le traerá algunos grises recuerdos.

La solución que aprobaron para la falta de capacidad de carga del *R-101* fue de cirugía mayor: cortar el dirigible en dos y añadirle unas cámaras de gas extra. Para colmo, eso lo hicieron dos veces. La aerodinámica del resultado era muy pobre y tuvieron que modificar proa y popa para hacerlas más flexibles y que ofreciesen una menor resistencia al viento.

Mientras, el *R-100* realizaba un vuelo inaugural a Canadá sin incidentes en el que fue el primer vuelo de la historia sobre el Atlántico de este a oeste.

## **SI CON LA BUROCRACIA NO ERA SUFICIENTE... UN LORD**

Si alguien podía personificar el fracaso y, en consecuencia, sentirse especialmente «molesto», ese era el ministro de Aeronáutica, lord Thompson, al que en lugar de pensar en solucionar los problemas se le metió en la cabeza que tenía que ir a la India con urgencia y regresar en pocos días para estar presente en otra reunión importante.

Dicho y hecho: en contra de la opinión de todos los técnicos (pero que,

como funcionarios, no tenían más remedio que obedecer a sus superiores), el *R-101* despegó a primeros de octubre de 1930, después de ser alargado decenas de metros, sin hacer ningún vuelo de prueba, con problemas conocidos en su estanqueidad, etc. A bordo iban cuarenta y ocho tripulantes (incluimos en esa cifra a los seis ingenieros de la fábrica que se incorporaron al viaje para vigilar de cerca el funcionamiento) y seis pasajeros, entre estos últimos el propio lord Thompson, acompañado del secretario de Aviación Civil y otros funcionarios de alto nivel del Ministerio.

Cincuenta y cuatro personas pesan bastante, pero no se pudo evitar que lord Thompson metiese dentro, para colmo, un equipaje tan pesado que no todas las compañías ferroviarias se lo hubiesen aceptado, aunque, como esa era «su» compañía, o no encontró oposición o la ignoró.

Además, para un viaje con tan ilustres personajes se añadió una cubertería de plata, macetas con plantas naturales, doscientos metros de gruesa alfombra de calidad que embellecía cada pasillo y cada rincón, y comida y bebida en abundancia, pues parece ser que los cocineros ingleses no se fiaban de la gastronomía que iban a encontrar por el camino y, encima, querían agasajar a los dignatarios de los países visitados, en particular Egipto, con banquetes aéreos de cocina inglesa (había que dejar claro que si había problemas, las tropas de la metrópoli se podían presentar allí de forma muy rápida).

Ah, había otras nueve toneladas extra: el combustible suficiente como para llegar a la India sin repostar a mitad de camino pues cargar combustible en El Cairo, mientras cenaban a bordo unos caballeros de categoría, no era algo adecuado a las circunstancias. El sentido británico de la diplomacia lastraba pues el dirigible.





Detalle de la vajilla cargada en el dirigible.



El aspecto interior de la aeronave, desde luego, no es comparable con el de los aviones actuales.

## EL CORTO VUELO DE LA GALLINA

El *R-101* despegó penosamente. Ya nada más soltarse del mástil de amarre, la proa se inclinó hacia el suelo de forma muy peligrosa. La única manera de enderezar la nave fue soltando lastre, pero sólo quedó horizontal cuando se soltaron completos los mil quinientos kilos del lastre de proa. El *R-101* se quedó sin lastre antes de echar a andar: ya no tenía margen de

maniobra.

Superó los árboles de las granjas cercanas por los pelos. Parece que se le vio sobre el Canal de la Mancha (British Channel para ellos) cruzándolo a muy poca altura. Los que lo vieron mencionaban que se reconocía a los pasajeros en las ventanillas. Se le vio, casi a ras de tierra, por encima de Beauvais, un centenar de kilómetros al norte de París y, a las dos de la madrugada, se perdió el contacto vía radio con el *R-101*.

Pese a que hubo ocho supervivientes (dos de ellos fallecieron en los siguientes días), no se sabe con seguridad lo que pasó. Se sabe el resultado: a la mañana siguiente, sus restos calcinados estaban en la ladera de una colina de Beauvais. Lo demás son suposiciones pero, con la cantidad de problemas que arrastraba, las discusiones se centran en señalar cuál de ellos fue el primero en arrastrar a la muerte a aquellas cuarenta y ocho personas.

Uno de los supervivientes que más adelante fallecieron informó de que en un determinado momento hubo un choque del que pareció que el dirigible se recuperó, pero que pocos momentos después la proa se inclinaba de nuevo hacia el suelo. Le ordenaron correr a tirar por la escotilla el tanque de lastre delantero pero, cuando iba a hacerlo, un segundo y definitivo choque detuvo el dirigible que, a continuación, se incendió. La suposición más admitida es que el primer choque, quizá con la ladera de la colina, rompió alguno de los globos delanteros, se perdió gas de forma crítica y el dirigible, con sus motores a plena potencia, se inclinó hacia abajo hasta estrellarse en el suelo. Eso desde el punto de vista técnico, porque desde el punto de vista organizativo nadie duda de que la causa del accidente fue el caos burocrático que determinó su diseño, en el que se ignoró a los técnicos.

## **HAY QUE HACER ALGO, AUNQUE SEA ABSURDO**

Como el «cabeza de turco» más obvio había muerto en el accidente y no se le podía ridiculizar en el Parlamento, lo que sucedió es que, al igual que en el triste caso de Diego Marín Aguilera, en el siglo XX de nuevo «el pueblo», esta vez representado y encabezado por el Parlamento, ordenó desmantelar,

sorprendentemente, el *R-100*, con lo que no sólo desapareció una aeronave que no tenía ningún problema conocido, sino que desapareció una parte importante de la industria aeronáutica británica y el retraso tecnológico que ello produjo todavía se deja notar en Reino Unido<sup>[15]</sup>.

En esos mismos años, mientras grupos de entusiastas seguidores de Tsiolkovski como Perelman, Tsander o el propio Korolev en Rusia, Esnault-Pelterie en Francia, Oberth en Alemania o Goddard en Estados Unidos lanzaban a cada vez mayor altura cohetes, en experimentos casi exclusivamente «privados», que fueron la base de toda la futura industria aeroespacial, en Reino Unido se promulgaba una ley que prohibía a los particulares construir o financiar la construcción de cualquier tipo de cohete.

La compañía Zeppelin compró parte de la chatarra resultado del desguace del *R-100*, sobre todo el duraluminio del armazón, esas barras que con sólo once modelos formaban toda la estructura de una forma especialmente ingeniosa.

## Capítulo 15. *Hindenburg*

El *Hindenburg* fue la mayor aeronave de la historia, cruzó el Atlántico decenas de veces dando un servicio regular de pasajeros puntual y de calidad, pero sólo se la recordará por sus últimos treinta y siete segundos, cuando se incendió a punto de atracar en Lakehurst.

La película de la catástrofe se proyectó en todos los cines durante las siguientes semanas. Es una catástrofe aérea muy bien documentada desde el punto de vista periodístico, con una admirable narración de Herbert Morrison en directo, emocionada y emocionante, que podemos escuchar mientras vemos arder al coloso, lo vemos bajar con lentitud, podemos ver pasajeros y tripulantes saltando desde las ventanas en los últimos metros, supervivientes corriendo entre las llamas, etcétera.

Realmente no se sabe por qué sucedió. Hay varias teorías, alguna de ellas bastante bien fundada. Pero no hay manera de estar seguro de cuál fue la causa de aquello. Porque era una nave muy bien construida. La industria alemana llevaba por entonces cerca de medio siglo acumulando experiencia en la construcción de dirigibles para las mayores hazañas, habían hecho volar más de un centenar de grandes aeronaves y no habían tenido accidentes que no pudiesen explicarse por causas que no había por qué repetir. Alguno de sus dirigibles, en los primeros tiempos, había sido doblado por alguna racha de viento, pero se habían hecho más rígidos desde aquello.

En la Gran Guerra, por supuesto, habían sido derribados varios dirigibles por la artillería británica, pero también habían regresado muchos a las bases con averías, demostrando una notable capacidad de supervivencia en condiciones de combate. Incluso, en plena guerra, se organizó un vuelo a

Tanganica para ayudar a las tropas del general Paul von Lettow-Vorbeck, acorraladas por los británicos en lo que ahora es Tanzania. El dirigible de socorro despegó el 21 de noviembre de 1917 desde Bulgaria con catorce toneladas de alimentos y municiones para tirárselos a los sitiados y bombas para ayudarles en el combate. La opción de rescatar a los sitiados y sacarles de allí o incluso volar hasta Alemania estaba descartada: no tenían combustible para el regreso.

El dirigible se dio la vuelta a doscientos kilómetros de Jartum, en Sudán, porque las noticias radiadas desde Berlín hablaban de que la guarnición se había rendido o había sido masacrada. Aterrizaron de nuevo en su base búlgara después de noventa y seis horas de viaje, tras recorrer zonas por las que nadie había volado antes y con combustible todavía para volar sesenta y cuatro horas más. No consiguió su objetivo, pero el solo hecho de que pusieran en marcha una misión así habla de la seguridad que inspiraban esas aeronaves y de sus inmensas capacidades, muy por delante y por encima de cualquier otro transporte aéreo de la época.

Tras la guerra los alemanes tenían prohibido construir dirigibles, pero no por ello dejaron de trabajar y de investigar y, cuando pudieron emprender la construcción de nuevas aeronaves, produjeron las más grandes, más famosas y más admirables de todos los tiempos. Entre ellas destaca el *Graf Zeppelin*. Quizá no era la más grande, pero sus diez años de servicio regular, ininterrumpido y sin incidentes le forjó una brillante aureola de maravilla de la técnica. Además, la mayor parte del mundo civilizado tuvo ocasión de contemplar su plateada figura, pues en sus viajes recorrió casi todo el planeta, incluyendo una vuelta al mundo por encima de Siberia, y sus viajes regulares para llevar carga, correo y pasajeros a Sudamérica le hicieron habitual de sus cielos.

Muchas ciudades del mundo tienen en sus archivos de «momentos históricos» alguna imagen del *Graf Zeppelin* flotando majestuoso por encima de sus tejados.

**PASEANDO BIEN ALTO LA BANDERA... DEL PARTIDO**

El dirigible era un gran éxito mediático y comercial, pero no por eso era lo mejor que se podía hacer. Además, en aquellos complicados años, Alemania estaba dirigida por Adolf Hitler y los éxitos técnicos se convertían en éxitos políticos con toda soltura: siempre había presiones para hacer algo mejor, más grande, más glorioso.

No es que entre medias no se construyesen otras aeronaves; incluso los alemanes construyeron dirigibles para exportar a Estados Unidos. Pero para mayor gloria del Reich había que hacer una aeronave que llevase la bandera alemana a más destinos. Se llamó *Hindenburg*. Y en lugar de pintarle en la cola la bandera alemana, dibujaron la esvástica del partido nazi. Es como si a los aviones de American Airlines, por poner un ejemplo, en lugar de la bandera de barras y estrellas les pintasen el anagrama del Partido Republicano (o del Demócrata, que tan absurda es una cosa como la otra).

El *Hindenburg* estaba diseñado para ser llenado de helio, un gas que tiene un 10% menos de potencia elevadora, pero que a cambio «no» es combustible. Uno de los primeros dirigibles del conde Zeppelin, el *LZ4*, tras un aterrizaje forzoso en el campo por una avería y una vez abandonado por la tripulación, fue arrastrado hacia unos árboles y, tras partirse la estructura, acabó ardiendo. Salvo el caso de aquel primitivo diseño los alemanes no habían tenido más incendios en sus aeronaves que los causados por las balas incendiarias de los cazas británicos en sus bombardeos sobre Londres, y estaban muy orgullosos de sus métodos que, confiaban (y tenían muchos años de experiencia que los corroboraban), hacían casi imposibles los accidentes: Pero si además no los llenaban de hidrógeno, mejor aún.

Sin embargo, el helio no abunda y, en aquellos años, los norteamericanos tenían el monopolio de su comercialización y ninguna gana de vendérselo a alguien que lo iba a utilizar para pasear una esvástica por todo el mundo. Los alemanes respondieron con un encogimiento de hombros oficial y lo llenaron de hidrógeno, lo que les permitió, además, cargar aún más personas, más paquetería y más lujos, incluyendo un segundo piano de cola. Era una aeronave en la que los pasajeros disponían de camarotes, cama, terrazas desde las que disfrutar del paisaje, salón de fumadores (sólo había un

mechero en toda la nave y estaba allí, fijado a la pared y vigilado el salón por un camarero), dos pianos, comedor, cocinas, sala de juegos, etc. A día de hoy sigue sin volar una nave tan cómoda y lujosa como el *Hindenburg*.

En la temporada de 1936, realizó todos los vuelos programados sin ninguna incidencia y, al principio de la temporada de 1937 (sólo volaba en la ruta Alemania-Estados Unidos desde la primavera hasta el otoño), todo parecía que iba a seguir así: la travesía del Atlántico era ya algo rutinario. Pero el primer vuelo de la temporada sí despertaba cierta expectación, así que fue la ocasión de filmar unos metros de película para los noticiarios cinematográficos, y en Lakehurst estaban, además de los familiares de los pasajeros, unos cuantos periodistas cubriendo la noticia de la reanudación de los vuelos.

Para la transmisión radiofónica se estrenaba un método que entonces era original y que, gracias a él, pudo escucharse en los días siguientes por todos los norteamericanos, y todavía hoy podemos oír aquella emocionada transmisión: en lugar de emitir en directo se grababa un disco parecido a los de vinilo para después llevarlo a la emisora y emitirlo en diferido.

Cuando el *Hindenburg* ya estaba sobre el mástil de atraque, en una más de sus maniobras rutinarias, cuatro minutos después de soltar los cables de arrastre que ya estaban siendo llevados a la torre para desde ella acercar el dirigible como se hacía cuando el viento superaba cierto umbral, simplemente empezó a arder.

## **EL FINAL DE UNA ERA, EN TREINTA Y SIETE SEGUNDOS**

Como mostraron las imágenes de la tragedia, el fuego empezó en la cola, cuando la aeronave todavía estaba a un centenar de metros de altura. Hay quien declaró que lo primero que vieron fue una nube de humo negro, lo cual alimenta desde entonces la teoría de que fue una bomba lo que lo provocó. Treinta y siete segundos después era un montón de chatarra en el suelo.

Lo que parece increíble contemplando las imágenes es que de las noventa y siete personas que viajaban a bordo entre pasajeros y tripulantes, sólo

murieron treinta y cinco (más una persona del equipo del aeropuerto) y las sesenta y dos restantes se salvaron con diversos grados de heridas y quemaduras, alguno prácticamente ileso. Hubo quien saltó por las ventanas cuando el dirigible estaba a pocos metros del suelo, algún tripulante se salvó porque reventó sobre él un depósito de lastre y el agua le evitó lo peor del fuego, hubo un camarero de catorce años (la legislación de entonces no era como la de ahora y un empleado de catorce años pesaba menos que si tuviese treinta) al que le dio tiempo a intentar llevarse algún recuerdo (al día siguiente todavía volvió por su reloj, que encontró, y se llevó alguna pieza de porcelana de la vajilla del *Hindenburg*). Hubo alguno incluso al que se ve en las imágenes saliendo por su propio pie de entre las barras de duraluminio todavía en llamas.

Los últimos en abandonar el *Hindenburg* debieron de ser un par de ancianos pasajeros que se quedaron en su camarote (hecho de materiales relativamente ignífugos) y que fueron obligados a salir de allí, entre las llamas de lo que todavía ardía (el hidrógeno se consumió en segundos, pero las maderas y telas ardieron un rato más), por los primeros miembros del personal de tierra que se metieron entre los restos del dirigible para buscar supervivientes.





## LOS ÚLTIMOS GIGANTES DE LOS CIELOS

Como hemos dicho, «no se supo la causa y, por lo tanto, no se pudo aprender nada de cara a evitar futuras tragedias como esa». Por eso mismo, la navegación en dirigibles sufrió un duro golpe, un golpe definitivo. Las conclusiones de las dos comisiones de investigación que se formaron, una norteamericana y otra alemana, son las mismas: quizá fue una bomba, quizá fue un disparo desde tierra de una bala incendiaria, quizá fue un rayo. Pero quizá fuera algo difícil de predecir y, por lo tanto, difícil de evitar.

Al *Graf Zeppelin*, en ese momento volando cerca de Canarias de regreso de Río de Janeiro, se le hizo atracar en su base y se suspendieron sus vuelos definitivamente. Fue desinchado en junio de 1937, porque inflado con helio no tendría autonomía para atravesar el Atlántico: en su configuración, utilizaba el gas de sus globos como combustible para los motores.

El gemelo del *Hindenburg*, el *Graf Zeppelin II*, estaba en construcción y se terminó de poner a punto, aunque no se destinó a los vuelos civiles, sino

que se convirtió en una aeronave militar con misiones de vigilancia y espionaje. A finales de mayo de 1939, con la guerra ya en el horizonte, hizo un vuelo sobre las Islas Británicas tratando de localizar los radares militares, pero los alemanes no sabían que esos radares funcionaban a unas frecuencias muy superiores a las que ellos vigilaban, no los detectaron y la misión fue un fracaso; si el *Graf Zeppelin II* hubiese tenido éxito, quizá la Batalla de Inglaterra se hubiese desarrollado de forma muy diferente.

Los norteamericanos, con diseños propios como el *Shenandoah*, y copiando soluciones del dirigible *LZ-126*, que compraron a los alemanes y rebautizaron como *ZR-3 Los Angeles*, escribieron su propio capítulo de la historia de los dirigibles. Fueron buenos aparatos, robustos, pero todos (menos el construido en Alemania, curiosamente) sucumbieron víctimas del mal tiempo y, en los casos del *Shenandoah* y del *Akron*, murieron varios de sus tripulantes.

Es curioso que la entrega del *LZ-126* a sus compradores, con un vuelo sin escalas entre Alemania y Estados Unidos, fuese de paso en mayo de 1924 el primer vuelo de la historia entre la Europa y la América continentales. Para un dirigible era un vuelo casi rutinario, la entrega al cliente de lo que había comprado, pero supuso un hito de la aeronáutica.

Hay una espectacular foto del *Los Angeles* en posición completamente vertical, con el morro todavía amarrado al poste de tierra: lo colocó de esa manera una racha de viento de cola, pero el dirigible terminó colocándose de nuevo horizontal al otro lado del amarre sin más daños que los derivados de los objetos que rodaron de un lado para otro durante el malabarismo.

En Akron, Ohio, se formó una compañía mixta germano-norteamericana de nombre Goodyear-Zeppelin, con unas buenas instalaciones de las que surgieron dos nuevos dirigibles, el *Akron* y el *Macon*, unas ambiciosas naves militares a las que se dotó incluso de aviones, solución ensayada en el *Los Angeles*, biplanos que iban colgados de la panza del dirigible y se soltaban para misiones de defensa o de observación. Los aviones, diseñados para la ocasión por la Curtiss, en algún caso ni siquiera estaban provistos de ruedas para el aterrizaje, pues la idea era que siempre volvían al dirigible al final de sus misiones.

De todas formas en 1933 el *Akron* se estrelló en el Atlántico, de nuevo por culpa del mal tiempo, y murió la mayoría de sus tripulantes, y el *Macon*, con el agravante de una avería previa en el timón de cola, también cayó en 1935 víctima de una racha inoportuna aunque, en su caso, lo hizo sobre aguas templadas del Pacífico y se salvó la mayor parte de la tripulación.

Los norteamericanos llegaron a la conclusión de que no iban a seguir intentándolo y desguazaron el *Los Angeles*. Parece una maldición de esas naves que las mejores de ellas estuvieran condenadas a ser desguazadas cuando funcionaban perfectamente.

## SUCESORES SIN ROMANTICISMO

En cualquier caso, los dirigibles terminaban su ciclo y, dos meses después del incendio del *Hindenburg* hizo su primer vuelo Berlín-Nueva York el *FW200*, un avión de pasajeros alemán capaz de atravesar el Atlántico sin escalas que dejaba atrás los anteriores tímidos avances hechos con hidroaviones.

Los hidroaviones tienen su momento de auge en esos años, con un vuelo regular a través del Pacífico. Les daba mucha seguridad a tripulación y pasajeros saber que podían amarar si tenían problemas por el camino. Incluso había habido un curioso conato de servicio regular de correo en el que un pequeño hidroavión con las sacas de correspondencia volaba cargado a la espalda de otro hidroavión más pesado, el cual le acercaba lo más posible a la costa contraria para que pudiese llegar con su limitado radio de acción mientras el hidro pesado se volvía al aeropuerto del que había salido.

Pero el hecho de cargar con un casco de barco por debajo del avión, con la robustez necesaria para embestir el mar, quizá con olas, a cientos de kilómetros por hora, los hacía pesados y poco capaces de cargar correo y pasajeros en comparación con los que aterrizaban sobre ruedas.

En esos días estalló la Segunda Guerra Mundial y el aire, durante casi seis años, fue territorio militar. A su final, cruzar el Atlántico era una tarea que estaba al alcance de la técnica sin llevarla a sus últimos extremos. Si el

*Hindenburg* no hubiese terminado a sangre y fuego la era de los grandes dirigibles («lo que el fuego corona es irrepetible»), hubiesen desaparecido de todas maneras muy poco después, víctimas de los bombardeos masivos de la Segunda Guerra Mundial y sobrepasados en velocidad y rendimiento comercial por los aviones de pasajeros que cruzaban el océano, tras la guerra, cuatro veces más rápido, con la décima parte de tripulantes y, en suma, a un coste muchísimo menor.

## **NO HAY ELEMENTOS SIN IMPORTANCIA**

Mucho después, técnicos de la NASA estudiaron las pinturas utilizadas en la cubierta exterior del *Hindenburg*: también había que pintar los cohetes para protegerlos de la corrosión. Descubrieron una cosa muy curiosa: para darle ese color plateado se había utilizado una pintura basada en óxido de hierro y acetato-butirato de celulosa impregnado de polvo de aluminio (que era lo que le daba el aspecto metalizado). Y el polvo de aluminio, si reacciona con el óxido de hierro, forma la «termita», que es un explosivo. El gran dirigible tenía infinidad de detalles orientados a eliminar cualquier posibilidad de que saltase una chispa eléctrica en su interior, pero estaba cubierto por una tela que, con la pintura con la que estaba recubierta, podía ser en extremo inflamable al envejecer.

Tampoco se puede afirmar con certeza que esa fue la causa de la pérdida del *Hindenburg*, sino tan sólo la constatación de que en un sistema muy complejo es posible encontrar muchas formas de que las cosas vayan mal y que el orgullo deriva a veces en prepotencia y esta en fracaso de maneras incontrolables. Y es una gran lástima, porque ver las evocadoras imágenes de aquellos gigantes del aire nos provoca las más tristes e intensas sensaciones al darnos cuenta de que hubo una vez algo que existió, que era bello, que voló y que nunca más surcará los cielos nada comparable, nada ni siquiera remotamente parecido. Para un ingeniero es una sensación equiparable a la que puede sentir cualquier alma sensible al contemplar en las ruinas de Olimpia el hueco en el que estuvo la estatua de Zeus Olímpico, la mejor obra

de Fidias, que ya no está y cuya belleza es imposible de recuperar.

## UN AEROPUERTO CÉNTRICO

Curiosamente, queda a la vista de todos un espectacular recuerdo de la época de los grandes dirigibles: un mástil de amarre que se diseñó para ser el punto de atraque de los dirigibles en sus vuelos transatlánticos, ofreciéndoles la ventaja de un «aeropuerto» céntrico: El Empire Estate Building, que tras la caída de las Torres Gemelas volvió a ser el edificio más alto de Nueva York, tiene esa curiosa forma de remate en el punto más alto porque se diseñó para que allí atracasen el *Hindenburg* y sus herederos y cualquiera que ahora visite el último mirador todavía puede imaginar el dirigible con su mole de casi doscientos cincuenta metros de largo enganchada donde después se añadió una antena de radio y a los pasajeros bajando por la escalerilla de proa al corredor circular que corona el edificio para, con un simple ascensor, terminar de aterrizar en el centro de la ciudad.



El Empire Estate Building con la cima iluminada en una noche nubosa. Foto de José Antonio de la Torre Arias.

De hecho, se llegaron a reservar espacios en los últimos pisos para salas de espera, taquillas, revisión de equipajes, etc., e incluso los abogados del constructor del edificio (que era el impulsor de la idea) prepararon sus argumentos para cuando los vecinos de los edificios próximos les demandasen por poner un monstruo de doscientos mil metros cúbicos sobre sus cabezas. Pero nunca atracaron allí los grandes dirigibles, porque eso no era más que una locura digna de compararse a la Torre de Babel. Para empezar, el aire que recorre las profundas calles de Nueva York produce unas turbulencias que parecen pensadas para espantar dirigibles. Además, atracar en esa azotea hubiese hecho descargar pasajeros, algunos quizá de cierta edad, con sus equipajes y carga o repostar combustible a través de una escalerilla única y no muy amplia, a medio kilómetro del suelo y que se estaría moviendo a un lado y a otro, dando vueltas alrededor del edificio al capricho del viento, porque no habría amarres de popa que sujetasen la nave y esta pivotaría sobre el enganche de proa, haciendo que el último escalón nos depositase en una plataforma que casi siempre estaría girando poco a poco a uno u otro lado.

Para más espanto, cada vez que el dirigible soltase lastre, este caería sobre los paseantes y taxis de la Quinta Avenida. Por suerte el lastre no es más que agua que se suelta por un desagüe, aunque en el caso de las maniobras de despegue y atraque se puede soltar por toneladas en pocos segundos. Y no hablemos de los peligros de una maniobra sin apenas personal de tierra, porque no habría sitio para mucha gente en la cima del edificio.

Fue otra de tantas locuras que se cometen cuando se afrontan las cosas con el corazón en lugar de con la cabeza. Pero esta tenía su lado bonito y romántico, como casi todo lo que se mueve alrededor de aquellos gigantes del cielo.

## Capítulo 16. Las V-1

En un conflicto de la envergadura de la Segunda Guerra Mundial, curiosamente, los problemas de diseño no fueron tantos como se podría imaginar, sobre todo porque se daba por hecho que los diseños no eran muy depurados, porque no era fácil que hubiese fallos estructurales en armazones que se diseñaban, además de para tenerse en pie, para aguantar balas, bombas y metralla y también porque los aviones raras veces llegaban a viejos.

En ese ruidoso y polvoriento entorno uno de los diseños que más se recuerdan de aquellos años de locura colectiva es el de las V-1.

### UN ÉXITO CHAPUCERO

Era el primer misil de la historia, incorporaba más ingenio que pólvora y fue una de las pocas armas que estuvieron cerca, por sí solas, de cambiar el curso de la guerra. Damos unas cifras, aunque sean macabras: ocasionaron los mismos muertos por tonelada de explosivo que los bombardeos masivos de la Luftwaffe, pero sin arriesgar un solo piloto; y ellas, junto con sus hermanas las V-2 estuvieron a punto de provocar en el verano de 1944 lo que años de bombardeos masivos no habían conseguido: desalojar Londres, lo que se evitó sólo porque el avance de las tropas de desembarco en Normandía alcanzó las bases de lanzamiento de estos artefactos diabólicos y cortó de raíz la amenaza (para pasársela a los habitantes de Amberes, que fue hacia donde lanzaron las V-1 restantes cuando Londres quedó fuera del alcance de los alemanes). Y eso que sólo llegaba a estallar en el blanco una de cada cuatro

que se lanzaban.

Los británicos presumen de que gran parte de los fallos eran debidos a que los alemanes sólo tenían como información de los blancos los informes de su red de espías, que estaban controlados por el MI-6, y les enviaban los informes que redactaban para la ocasión los mandos aliados: sólo se informaban de blancos en la ciudad (salían en los periódicos: no había forma de ocultarlos) o mucho más allá de Londres; la imagen general era que ninguna bomba caía antes de llegar a la ciudad y muchas caían más allá de ella, con lo que los alemanes retocaban los parámetros de vuelo para acortar el alcance y la mayoría de blancos reales eran campos deshabitados al sur de la metrópoli.

Muchos otros fallos eran los propios de un mecanismo complejo y pionero que se ha puesto en marcha sin suficientes ensayos. La V-1 se intentó desarrollar como avión tripulado para entender mejor su funcionamiento, pero los pilotos que lo intentaron se estrellaban de forma sistemática cuando intentaban aterrizar o incluso antes.





## **UNA GRAN PIONERA, UNA GRAN DESCONOCIDA**

El problema lo resolvió una mujer, Hanna Reitsch, con una biografía digna de un películón: pese a que cuando aprendió a volar estrelló el avión en su primer despegue, los récords de vuelo sin motor que estableció en los años treinta todavía no han sido batidos a la hora de escribir estas líneas. Colaboradora de Wernher von Braun, fue la piloto del primer helicóptero viable de la historia, intentó rescatar a Adolf Hitler con una avioneta Storch de despegue y aterrizaje muy corto (el intento de rescate consistía en aterrizar junto al búnker de Hitler en las calles del Berlín, ya rodeado y con algunos barrios ya invadidos por los rusos), pero Hitler se negó a huir. En la posguerra Hanna voló en España por un tiempo, mantuvo academias de vuelo sin motor en África y acabó sus días en 1979 todavía pilotando con regularidad. ¿Que por qué no se ha hecho una película de éxito con ese argumento? Quizá porque era nazi convencida y jamás renegó de esa postura política o porque nació en una parte de Alemania que como resultado de aquella guerra ahora es territorio polaco y eso es otro detalle incómodo de recordar tanto para polacos como para alemanes.

Pues a esa mujer le pidieron que se subiese en la base de Peenemünde a los mandos de un avión con un pésimo historial: «todos» los que habían volado en esa máquina se habían estrellado en el primer vuelo y habían muerto. Todos. Pero ella se subió.

## **ATERRIZANDO EN UNA PISTA IMAGINARIA**

En la película *Operación Crossbow* se muestra la escena con muchas inexactitudes: el avión no despegaba de una rampa como muestran las imágenes de la película sino que se elevó colgando de un bombardero y lo que resolvió en ese vuelo no fueron, como se muestra en esas imágenes, los problemas para dirigirlo en la dirección adecuada (volveremos sobre ello) sino el «problema» de que la gente se estrellase «al aterrizar».

Hanna hizo las pruebas a mucha altura. Allí arriba hizo una simulación de aterrizaje y el avión entró en pérdida (se caía sin control porque las alas dejaban de sustentar el aparato lo suficiente como para maniobrar) mucho antes de lo que suponían: sus predecesores se estrellaban porque aterrizaban demasiado despacio. Pero esta vez Hanna había tomado la precaución de hacer el ensayo tan arriba que, durante la caída, le dio tiempo a recuperar el control, enderezar el aparato y subir de nuevo para volverlo a intentar. Una y otra vez hasta que salió bien. Hay que tener mucho valor para aterrizar un cacharro como ese a alta velocidad, pero Hanna aterrizó más rápido de lo que nunca nadie había hecho y, desde entonces, se sabe mucho más sobre el arte de volar.

## **CUANDO LA IZQUIERDA ESTÁ A LA DERECHA**

En la película de *Operación Crossbow* se insinúa que el avión no respondía a los mandos y que la palanca vibraba mucho. También era cierto, pero sólo a muy alta velocidad. Resolver ese detalle también enseñó mucho a los pilotos e ingenieros.

Resulta que a altas velocidades los pilotos trataban de corregir una inclinación no deseada por ejemplo a la izquierda, movían la palanca en la dirección adecuada para inclinar el avión a la derecha y el avión se inclinaba más aún a la izquierda. A esas alturas, con el avión en picado (eran aviones que sólo alcanzaban esas altas velocidades cuando se lanzaban en picado), casi volcado y más cerca del suelo de lo recomendable, no se le pasó por la cabeza a ninguno de los varones que precedieron a Hanna intentar corregir la inclinación a la izquierda moviendo la palanca a la derecha. Era lo que ahora se conoce como «inversión de mandos».

El ala de un avión, y más si es ligero, y aún más si es «de usar y tirar» como la V-1, no es una estructura demasiado sólida, apenas lo justo. De hecho el ala de la V-1 era de contrachapado de madera alrededor de un larguero que era un tubo hueco en el que después de fabricar el aparato se introducía cualquier cosa para que los dos lados de la bomba volante pesasen

lo mismo (en un ejemplar sin estallar de la V-1 se encontraron enrollados tres ejemplares de la revista de propaganda nazi *Signal* que se habían usado allí como lastre). Esa ala se retorció con cierta facilidad. Y por encima de la velocidad para la que estaba diseñada pasaba algo fácil de visualizar. Vamos a ello.

Los alerones van en la parte de atrás del ala y, para levantar más esa ala, se inclinan hacia abajo. Si todo va bien, empujan el aire hacia abajo y el ala se levanta. Pero si vamos demasiado rápido, si por cualquier motivo estamos llevando el ala más allá de la resistencia para la que estaba preparada, al inclinar el alerón hacia abajo, no sólo el aire se mueve hacia abajo, sino que el propio alerón también resulta empujado hacia arriba y, como está en la parte de atrás del ala, toda el ala se retuerce un poco y la parte delantera puede que se incline hacia abajo, con lo que choca contra el aire en la posición en la que hace que el ala baje en lugar de subir.

Eso llega a suceder en diversas situaciones y en la V-1, con el ala no demasiado rígida alrededor de ese larguero tubular se retorció y, ciertamente, a alta velocidad hacía que cuando se torciese a la derecha el avión se inclinase a la izquierda en los momentos más inoportunos.

Eso también había sucedido en los bombarderos en picado, los famosísimos y poco efectivos Junkers Ju-87 *Stuka*, pero se volvió crítico cuando se empezó a volar más rápido que el sonido, pues cerca de esa situación hay partes del ala sobre las que el aire sí que va ya a «más» velocidad que el sonido y el efecto final es también una inversión de mandos precedida de fuertes vibraciones.

Fue importante entender estos fenómenos con la V-1 y, poco después, con el primer avión a reacción realmente operativo, el Messerschmitt Me 262, porque hay documentación que hace presumir que en 1944 en algunos picados superó la velocidad del sonido y (algunos) sobrevivieron para contarlo. Fueron años duros y la mayor parte de lo que se aprendió en esa época quizá hubiese sido más provechoso no haberlo aprendido nunca, pero es difícil negar que la ingeniería, al superar esos y otros fallos parecidos, avanzó mucho más allá de donde se encontraba antes de que volasen aquellas sombrías máquinas.

## **Capítulo 17. De Havilland Comet**

El De Havilland Comet era un avión muy bonito, con un morro afilado y unos motores encastrados en el inicio del ala, hasta el punto de casi pasar desapercibidos. Además, era el primer avión de pasajeros propulsado a reacción, lo cual le bastaba y sobraba para formar parte de la historia de la aviación. Volaba más rápido y más alto que cualquier otro avión comercial anterior, por lo que se le auguraba una larga vida plagada de éxitos y, de hecho, un derivado de aquel Comet que empezó a volar en 1952 todavía surca los aires más de medio siglo después con el nombre de Nimrod: en el comienzo del siglo XXI es la plataforma aérea de la RAF para la guerra electrónica.

### **EL PRECIO DE LA COMODIDAD**

La primera consecuencia de que volase tan alto es que necesitaba una completa presurización de la cabina de pasajeros, y la tenía. Los viajeros viajaban a unos nueve mil metros de altura pero con una presión atmosférica en la cabina equivalente a la de unos dos mil quinientos metros, con una comodidad muy por encima de la que podía encontrarse en los espectaculares cuatrimotores de hélice que por entonces cruzaban el Atlántico entre vibraciones y ruidos. Además, sus ventanillas eran bastante más grandes que las de sus competidores, permitiendo disfrutar del paisaje a la vez que de la suavidad del vuelo.

¿El «pero»? Sí, había un «pero»; un «pero» de apariencias inocentes,

aunque con consecuencias trágicas: las ventanillas eran rectangulares, «con las esquinas en ángulo recto». Puede parecer nimio. En aquellos tiempos era un detalle decorativo, de la misma categoría que el color de la tapicería o los armarios de la cocina de a bordo. Pero esas esquinas fueron la causa de los accidentes. Los ingenieros tardaron en averiguarlo, porque en aquella época no existían los medios de investigación, de simulación y de ensayo que después fueron habituales y lo único que tenían los investigadores para descubrir al culpable eran varias naves que se habían estrellado y una flota de modernos aviones de pasajeros detenida en tierra hasta que pudiesen demostrar que eran seguros más allá de toda duda.

Para el Comet todo había empezado en 1943, cuando un comité auspiciado por el Gobierno británico abordó la planificación de las aeronaves que iban a ser necesarias en los siguientes años, cuando acabase la guerra. De allí salieron algunos aviones gloriosos, a la vez que diseños dignos del chiste del dromedario, el caballo y el comité.

El Tipo IV de los aviones propuestos por el comité Brabazon, así se llamaba, hablaba de un avión de pasajeros propulsado a reacción, lo cual era toda una muestra de optimismo, porque cuando lo decían todavía no había volado nada que no lo hiciese con hélices. De hecho, el resto de propuestas (los tipos I, II y III) eran aviones de hélice de diferentes tamaños y radios de acción.

Al acabar la Segunda Guerra Mundial, Reino Unido intentó con todas sus fuerzas no quedarse retrasado en el mercado de los aviones de transporte, en el que Estados Unidos había avanzado durante la guerra (y el transporte C-40, reconvertido a civil con el nombre DC-3, todavía vuela) mientras los británicos se especializaban en bombarderos poco útiles en tiempos de paz. Pero no lo consiguió: los diseños resultaron poco competitivos y las compañías norteamericanas que habían prosperado durante la guerra (Boeing, Douglas, Lockheed, etc.) siguieron prosperando en la posguerra.

La excepción sin embargo era el Comet, diseñado según las recomendaciones que aquel comité puso bajo el nombre de Tipo IV. Sin llegar a tener unas ventas desmesuradas, iba por el (buen) camino para ser un éxito comercial. Empezó a volar en mayo de 1952 y los comentarios de los

pasajeros eran todo alabanzas a su volar silencioso, sin vibraciones, sin verse afectado por las nubes y tormentas (volaba mucho más alto) y tardando la mitad de tiempo en el viaje.

## **ACCIDENTES MISTERIOSOS**

En octubre de 1952 y en mayo de 1953 hubo sendos accidentes (el segundo con víctimas) en los que los Comet no llegaron a elevarse del suelo a causa de un apresurado levantamiento del morro ejecutado por los pilotos, antes de alcanzar la velocidad recomendada. El avión no tenía en ese momento velocidad suficiente como para sustentarse con las alas y, a la vez, el hecho de enfrentarse al viento con las alas y el fuselaje levantado producía una resistencia aerodinámica mucho más fuerte que haciéndolo en horizontal y la velocidad empezaba a disminuir en vez de seguir aumentando, hasta que se estrellaba a pocos metros. En aquella época no estaba todo tan estudiado ni tan controlado como ahora: hoy la «velocidad de rotación» es un parámetro bien determinado y ningún piloto levanta el morro antes de alcanzarla.

Se hicieron algunas modificaciones menores en las alas y en los procedimientos de despegue y no volvió a darse ese problema. Pero en mayo de 1953 se había perdido otro avión, aunque este accidente había sucedido en medio de fuertes turbulencias y lejos de los medios técnicos que se tenía en la fábrica, en una Calcuta afectada por el monzón: el accidente se achacó por tanto al mal tiempo.

La alarma cundió no obstante cuando en enero y en abril de 1954 sendos Comet se perdieron sobre el Mediterráneo sin causas aparentes. Según todas las pruebas, los Comet habían estallado en pleno vuelo.

## **INVESTIGAR PUEDE SER UN RETO**

Se montó una verdadera operación naval para recuperar los restos de los fuselajes, en la que la Marina británica puso en juego sus mejores técnicas de

detección submarina. Se recogieron todos los restos que se pudieron recuperar del mar, que no fueron muchos, y lo poco que se pudo hacer en un primer análisis fue descartar cualquier tipo de explosivo o incendio: se habían roto sin ninguna excusa para hacerlo<sup>[16]</sup>.

Sin embargo alguna de las ventanillas que se recuperaron mostraban pequeñas «grietas», justo en las «esquinas». En alguno de los fuselajes que se habían utilizado para pruebas de montaje en Farnborough, la fábrica donde habían nacido los De Havilland, también se descubrieron conatos de grietas. Siempre en las esquinas.



## **LOS MATERIALES TAMBIÉN SUFREN**

En aquella época no se había oído hablar mucho de la «fatiga de materiales», que hoy es una de las asignaturas más importantes en cualquier ingeniería aeronáutica, naval o industrial; pero es la explicación de lo que estaba sucediendo. Visto en un ejemplo de andar por casa: si tomamos casi cualquier pieza de un metal maleable, desde un alambre de cobre a un tenedor que no sea de hierro muy rígido (no debemos utilizar un cubierto al que tengamos aprecio) y lo doblamos, no pasa gran cosa. Si lo desdoblamos, se

queda como estaba (aparentemente). Pero si lo hacemos muchas veces, el metal se parte.

En el fondo, lo que está sucediendo es que cada vez que doblamos el metal, en su superficie se forman grietas pequeñas, microscópicas, invisibles normalmente. Cuando lo desdoblamos, las grietas no sólo se cierran sino que, por la naturaleza de la mayoría de los metales como el hierro, se vuelven a soldar de una manera natural y quedan tan firmes como antes de doblarse. O casi.

Casi, porque siempre entra aire en las grietas, y algunas de las moléculas del metal se oxidan, y el metal oxidado ya no se «suelta» con la misma facilidad. Además, el proceso de oxidación produce calor (quemar un combustible es en cierta forma oxidarlo) y el calor hace más fácil la oxidación, que a su vez produce más calor. Es por eso por lo que al doblar muchas veces un metal, este se calienta (nosotros también sudamos al doblar y desdoblamos el metal, y es por causas no demasiado diferentes).

En el caso del aluminio es mucho peor que con el hierro, porque el aluminio se oxida a gran velocidad y deja de ser blanco (el aluminio puro es blanco, pero sólo conserva ese color una ínfima fracción de segundo si hay oxígeno a la vista) y pasa a tener ese color gris metálico con el que lo vemos cuando está sin pintar: es el color del aluminio «oxidado». Por suerte, el aluminio oxidado forma una capa impermeable al oxígeno y el resto del bloque de aluminio se mantiene sin oxidar.

Si se consigue que polvo de aluminio sin oxidar se mezcle con algún otro combustible y que en la mezcla resultante, por ejemplo en forma de gel, entre oxígeno en el momento «oportuno», entonces habremos fabricado una de las variantes más peligrosas del napalm<sup>[17]</sup>.

Pero volviendo a lo de la fatiga de materiales, el resultado es que el aluminio, que es un metal muy utilizado en la aeronáutica por su ligereza, sufre mucho con las flexiones y si el experimento de doblar y desdoblamos un metal lo estamos haciendo con un trozo de aluminio, es probable que consigamos partirlo doblándolo no más de tres o cuatro veces. De paso es la razón por la que pocas marcas de coches se atreven a fabricar coches de aluminio (cualquier golpe los deteriora en su estructura y no se reparan con



cuatro martillazos) y que las llantas de aluminio de los coches sean mucho más gruesas que las de acero y se recomiende cambiarlas al menor golpe: sus grietas son definitivas y acaban con la llanta en pocos kilómetros.

Precisamente eso era lo que le estaba pasando al fuselaje del Comet: cada vez que despegaba, el sistema de presurización de la cabina la cerraba a cal y canto mientras que el sistema de climatización mantenía la presión «atmosférica» del interior como si se estuviese a unos dos mil quinientos metros de altura, pese a que en realidad se estaba volando al triple o más: en otras palabras, el avión (y todos los reactores comerciales actuales) volaba «hinchado» a presión, como si fuera un globo de aluminio.

Y al igual que los globos de cualquier material, el aluminio se estiraba un poco en todas direcciones. Su elasticidad no es como la de la goma, pero si su capacidad de estirarse es, por decir una cifra, mil veces menor que la goma de un globo infantil, lo que pasa es que se estira mil veces menos y, como consecuencia, no «vemos» ese estiramiento, aunque ese estiramiento está ahí y, en el caso del aluminio, provoca que si hay alguna grieta, esta se ensanche y ya no vuelva a cerrarse: es un proceso acumulativo.

Las esquinas de las ventanillas, con sus vértices casi afilados, eran el principio natural de unas grietas que, una vez iniciadas, sólo podían crecer.

Los aviones despegaban, volaban (hinchados) y aterrizaban (deshinchados) varias veces cada día hasta que una de esas grietas se agrandaba tanto como para dejar escapar el aire, lo cual desataba un proceso catastrófico: el aire salía con cada vez más fuerza, el sistema de climatización hacía lo que podía para mantener la presión en cabina pero fracasaba con rapidez porque, al tiempo que el avión iba ganando altura y se movía en una atmósfera cada vez más enrarecida, la fuga de aire agrandaba la grieta y probablemente la ventanilla saltaba al exterior, toda la cabina (que seguramente tenía en ese momento en el resto de ventanillas muchas otras grietas a punto de ser fatales) se despresurizaba de forma casi explosiva, se abrían más grietas, saltaban más ventanillas, el avión dejaba de ser aerodinámico y «chocaba» con el viento a casi mil kilómetros por hora, rompiéndose en pedazos a gran altura.

## INVESTIGAR PUEDE SER PELIGROSO

A los investigadores les costó mucho demostrar que «esa» era la historia, entre otras razones porque otros aviones de la época llevaban una presurización y unas ventanillas muy parecidas, como el bellísimo Lockheed Super Constellation, pero como volaban siempre por debajo de los siete mil metros de altura (la presurización no era, por lo tanto, tan potente) y no pasaban de los quinientos kilómetros por hora (el vuelo de TWA de Londres a San Francisco duraba más de 23 horas), el resultado es que las tensiones en el fuselaje no llegaron a dar problemas: era algo totalmente nuevo, los investigadores no tenían pistas ni referencias y las que tenían apuntaban en direcciones contradictorias.

Tuvieron que apartar un fuselaje entero de la cadena de fabricación y llenarlo de agua una y otra vez para simular las tensiones a las que se lo sometía al subir una y otra vez, hasta que vieron aparecer las grietecitas. Incluso llegaron a hacer vuelos de prueba, forzando los aviones al subir y bajar varias veces seguidas vigilando las ventanillas. La tripulación y los ingenieros viajaban con los paracaídas puestos con la esperanza de que si aquello se desmadraba sin poder controlarlo, al menos quizá podrían sobrevivir al desmembramiento de la aeronave y abrirlos para aterrizar cada uno por su cuenta con más o menos suavidad. ¿Alguien aceptaría hoy ese trabajo?

Los aviones destinados al uso militar fueron modificados inmediatamente y se les pusieron las ventanillas de esquinas redondeadas que ahora nos resultan tan familiares en todos los aviones, saliendo a volar sin más experimentos. Para los destinados a uso civil se lo pensaron bastante más. Tardaron tres años en resolver el problema técnico, pero la mala fama no se la quitaron jamás y, para colmo, entre medias había fracasado el intento de fabricar en gran volumen el canadiense Avro C-102 Jetliner.

Sin embargo Sud Aviation puso en vuelo en 1955 el Caravelle, un éxito comercial francés de reactores en posición trasera, con ventanillas triangulares pero de vértices redondeados, en el que abundaban los

pegamentos y colas más que los pernos y las tuercas. Y Boeing puso en circulación en ese plazo el 707, con sus reactores bajo las alas, climatización, presurización y ventanillas de esquinas redondeadas, con lo que esa victoria quedó también, para siempre, del lado norteamericano con un honroso segundo puesto para la industria francesa.

## **Capítulo 18. Tupolev Tu-144**

Después del Comet, la industria aeronáutica británica nunca alzó el vuelo o, al menos, no llegó tan alto como sus competidores.

### **LA APUESTA CAPITALISTA: EL CONCORDE**

Unos años después, los británicos se aliaron con sus eternos vecinos y rivales, los franceses, para desarrollar el Concorde, que se llamó al principio Super-Carabelle y fue (desde el punto de vista técnico) un éxito absoluto y uno de los aviones más bizarros que han surcado los cielos. Los norteamericanos intentaron desarrollar su propio avión supersónico (el Boeing B2707), pero no lo consiguieron por razones financieras y organizativas (la razón de fondo es que nunca «creyeron» en el proyecto) y se dedicaron durante el resto de la larga vida útil del Concorde a criticar el ruido que hacía o su consumo. Incluso, en principio no le dejaban sobrevolar territorio estadounidense, por lo que sólo podía aterrizar en Nueva York o Washington.

### **LA RESPUESTA COMUNISTA: EL TU-144**

La competencia rusa en el ámbito de los vuelos supersónicos merece unos párrafos aparte.

El Tupolev Tu-144 era tan parecido al Concorde, que se ganó el apodo de

«Concordosky». Se cuenta que era un éxito del espionaje soviético, pues se desarrolló a partir de los planos robados del Concorde. Sin embargo, si así fue, ese fue uno de los peores desastres del espionaje, porque robaron el juego de planos de la versión 2 del Concorde (o, al menos, es a esa versión a la que se parecía como dos gotas de agua), mientras que los franco-británicos construyeron el prototipo basándose en la versión 7 de los planos del avión.

Siempre pareció que más que transportar pasajeros a dos veces la velocidad del sonido, lo que importaba era hacerlo más rápido, más alto y antes que el Concorde; y algo de eso sí que consiguió, puesto que voló dos meses antes, alcanzó la velocidad máxima también antes, etc. Pero las prisas no son buenas y, aunque voló antes, su consumo y sus costes de mantenimiento lo hacían muy poco eficiente. De todas formas, su vocación natural no era el competitivo mercado capitalista, sino la acotada y protegida estructura comunista de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas, y allí desarrolló su carrera, volando sobre todo entre Moscú y Alma Ata (en mitad de Siberia).

## **EXHIBIENDO ERRORES**

De todas formas, la imagen que el mundo occidental recuerda del Tu-144 es su intento de impresionar a los asistentes al Salón Aeronáutico de Le Bourget, en junio de 1973, cuando realizó un giro excesivamente cerrado a poca altura y, a la vista de toda la prensa mundial, se estrelló. Murió toda la tripulación y la comisión de investigación determinó que no había habido fallos técnicos: sólo había sido una maniobra excesivamente atrevida por el intento de presumir; el avión entró en pérdida y el sobreesfuerzo de motores y alerones durante el intento de sacarlo de la barrena hizo estallar el aparato cuando faltaban pocos metros para chocar con el suelo.

No es que los soviéticos fuesen estúpidos o, si lo eran, no estaban solos en ello. Un par de años antes, también en el Salón Aeronáutico de Le Bourget, un avión español, el CASA C212 Aviocar, pilotado por el experimentadísimo Ernesto Nienhuisen, mientras intentaba mostrar lo corto

que podía ser un aterrizaje con ese modelo bajó demasiado la velocidad todavía a varios metros de altura, de hecho puso las hélices en posición de frenado y a toda potencia todavía en el aire, y cayó como un fardo sobre la pista. Los espectadores aplaudieron el cortísimo aterrizaje y el piloto llevó el avión hasta el hangar, donde hubo que desarmarlo: había dañado las vigas principales del ala, que se había hundido unos centímetros en el techo del fuselaje. De todos modos, en ese momento nadie se dio cuenta y el modelo fue un éxito comercial; de hecho, ese ejemplar concreto es el que se exhibe en el Museo del Aire de Cuatro Vientos y aún vuela de vez en cuando.

El Tupolev todavía voló bastantes años en rutas interiores de la URSS, pero cuando empezó a importar el coste de esos vuelos (casi todos fueron vuelos de carga) Aeroflot, la única compañía aérea que lo tuvo en explotación, lo retiró del servicio y las unidades que quedaban todavía presentables se repartieron por los museos que las solicitaron.

Pese a todo ese panorama, el Concorde sí que siguió volando, y durante treinta y cuatro años llevó bien alto la bandera de la tecnología europea.

## Capítulo 19. F-104

El Lockheed F-104 Starfighter es otro de esos aviones con muy mala fama. En su tiempo llegó a soportar el apodo de «fabricante de viudas». Sin embargo, es un avión del que no se llegó a señalar ningún defecto técnico: era rápido, muy rápido (más de dos veces la velocidad del sonido), volaba muy alto, cargaba una cantidad razonable de armas, si es que cargar con armas se puede considerar razonable en alguna medida, y siempre cumplió lo que prometía, por lo que fue utilizado en las fuerzas aéreas de multitud de países (ninguno comunista, por supuesto: estamos hablando de un avión de la Guerra Fría) e incluso formó parte del Ejército del Aire español, donde sirvió sin accidentes hasta que fueron vendidos los últimos ejemplares a Grecia.

¿Dónde está entonces el desastre? Se fabricaron más de dos mil ejemplares, de los que Alemania compró casi la mitad. De los novecientos dieciséis ejemplares de la Luftwaffe se estrellaron doscientos noventa y dos, casi uno de cada tres. Y sin embargo no tenía ningún problema técnico.

### **HASTA EL LÍMITE... Y MÁS ALLÁ**

Sin embargo, era un avión destinado a volar bajo y rápido, con un ala muy corta que le permitía girar sobre sí mismo casi sin inercias, un motor muy potente y una forma afilada (los primeros ejemplares llevaban un radar muy rudimentario porque no les cabía nada mejor en el fuselaje) que le valió el apodo, también, de «misil pilotado». Y ese era el problema: «volaba muy al límite», era muy sensible a errores humanos, incluso a microerrores, que

no perdonaba casi nunca. Y los alemanes volaban entre montañas y bosques, mientras los norteamericanos lo hacían por terrenos menos escarpados; también, decían, los alemanes eran demasiado atrevidos en sus maniobras.



Un Lockheed F-104 Starfighter, antiguamente perteneciente al Ejército del Aire, ahora expuesto en el Museo del Aire en Cuatro Vientos, Madrid.

Los modelos de cazabombarderos posteriores ya empezaron a disponer de ordenadores de a bordo, y eran más pesados en general, menos al límite y con elementos de ayuda al pilotaje. No tuvieron tantos accidentes. Pero el Starfighter estaba hecho para ir al límite y cuando lo sobrepasaba, el piloto se encontraba con una máquina sin márgenes de seguridad, lanzada a dos veces la velocidad del sonido en vuelos zigzagueantes a pocos metros del suelo. No había remedio y, muchas veces (más de cien), tampoco hubo tiempo para saltar en paracaídas.

También se tuvo la sospecha de que el sistema de alimentación de oxígeno tenía algo que ver, porque los alemanes lo modificaron en sus ejemplares para instalar un sofisticado sistema basado nada menos que en oxígeno líquido a menos de  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Estaban escasos de espacio a bordo, pero es obvio que una avería en el aparato que permitía respirar al piloto era potencialmente muy grave, y si le hacía respirar el oxígeno sin calentarlo adecuadamente, al piloto no le daba tiempo ni a quejarse: todo estaba en esas máquinas llevado al extremo y eso es siempre peligroso.

Para colmo, el sistema de guiado del avión estaba preparado para poderle dar desde tierra las coordenadas de la ruta a seguir sin que el piloto interviniese en absoluto (se hacía para que el piloto ignorase dónde estaba



soltando las bombas en caso de guerra y evitarle así problemas con su conciencia) y el resultado es que si el piloto moría durante el vuelo el aparato podía seguir viajando durante miles de kilómetros para estrellarse lejos de donde sufrió la avería.

Sin embargo, en el Ejército del Aire español, ya lo hemos dicho, no tuvo ni un solo accidente, aunque sí que hubo algún que otro susto, que por suerte y porque no se utilizaba en situaciones tan extremas, siempre acabó en aterrizajes emocionantes seguidos de resoplidos y comentarios en el bar de oficiales. En una ocasión, en un vuelo nocturno, uno de los aviones al aterrizar pudo comprobar lo afiladas que eran sus alas de unos tres metros de ancho con sólo diez centímetros de grosor (había que protegerlas en tierra con una cubierta en el borde de ataque para evitar cortes al personal de apoyo), porque bajó más de la cuenta y cortó con ellas un poste de cables telefónicos (de madera creosotada). Hubo que afilar el ala de nuevo a base de lima y cuando se entregó a los griegos todavía tenía un borde de ataque del ala un poco torcido por la chapuza.

## **SIEMPRE MÁS ALLÁ**

En resumen, el F-104 no es más que un buen ejemplo de que hay que hacer las cosas con un cierto margen para el error, porque los errores «siempre» llegan y, en esos momentos, a veces no hay tiempo para improvisar alternativas. Lo peor de todo es que la aviación militar suele ir por delante de la aviación civil y en ella, hoy en día, algunos modelos de avión han ido evolucionando hasta ser tan sofisticados que pueden ocurrir accidentes por culpa de su propia sofisticación. Vamos a ver un ejemplo.

A primeros de junio de 2009 la prensa destacaba la búsqueda de un Airbus A330 de la compañía Air France que había despegado de Río de Janeiro con destino a París con doscientas veintiocho personas a bordo. En medio del Atlántico y cayendo desde la altura en que «desapareció de los radares», once mil metros, no se tenían muchas esperanzas de recuperar supervivientes, y no los hubo. De hecho, en los meses inmediatos ni siquiera

se pudieron recuperar las cajas negras.

La escasa información obtenida del caso dio lugar a diversas posibilidades como causa del accidente lo cual, en sí mismo, es todo un dato. Se habló mucho de los *pitot*, los sensores de velocidad del aire: aparentemente los del modelo que llevaba ese aparato podían fallar en algunas situaciones. La ruta de ese vuelo pasaba sobre varias tormentas, alguna bastante seria. Puede ser que un rayo dejase el avión momentáneamente sin electrónica, quizá simplemente sin ordenadores. Y eso es lo más significativo para este capítulo: los pilotos dependen cada vez más de los ordenadores y no están (suficientemente) entrenados para volar sin ellos; además, los ordenadores les filtran los datos de velocidad del aire, datos proporcionados por esos *pitot* que quizá no estaban funcionando bien pero que interpretados por los ordenadores que pueden detectar las lecturas erróneas y no tenerlas en cuenta eran válidos. Sin embargo, sólo mientras los ordenadores funcionaban bien.

Imaginemos la posibilidad: unos pilotos que un momento antes simplemente iban cómodamente sentados en la cabina de un avión guiado por los sistemas automáticos, de repente se encuentran con que tienen que pilotarlo «a palanca y timón», al viejo estilo, con unos datos de velocidad del aire quizá contradictorios, con una instrumentación analógica que, como normalmente ni se mira, se ha reducido en tamaño todo lo posible (el horizonte artificial, ese bonito instrumento que parece una esfera flotante y que indica si se sube o se baja, algo muy difícil de apreciar «a ojo», tiene el tamaño de una pelota de golf, mientras que la versión electrónica ocupa la pantalla más grande del panel, siempre que no esté inutilizada). En esos vuelos se sube tan alto como se puede para hacer el trayecto con la menor densidad de aire posible, con el fin de ahorrar combustible; pero esa baja densidad del aire hace ahora mucho más crítico el pilotaje. Cuando un ordenador corrige los controles mil veces por segundo no importa que el pilotaje sea crítico, pero cuando se hace a mano y el avión no «se apoya» en el aire con firmeza, y la velocidad del aire no se conoce con seguridad, y el horizonte artificial y la brújula son instrumentos minúsculos y que no están en el mejor lugar del panel de instrumentos; en esas circunstancias las

probabilidades de error son muchísimo más altas.

En el momento de escribir estas líneas aparecieron las cajas negras y el informe oficial de ese accidente quedó finalmente cerrado. Ya podemos tener la certeza de que ese accidente sucedió así, de alguna manera, pero sólo la posibilidad de que fuese así ya hizo que se cambiasen los programas de entrenamiento de las tripulaciones para practicar con más intensidad el pilotaje sólo con la instrumentación analógica. Y, sobre todo, es otra nota más en el panel de anuncios de todos los diseñadores diciendo que hay que preparar las cosas para los fallos, que todo lo que se lleva cerca del límite, tarde o temprano, lo sobrepasa y que en esos momentos es tarde para improvisar el remedio.

Para terminar con el F-104 y con una ilustración de la poca relación entre escándalos, accidentes y prudencia, en estos días, si alguien quiere emociones fuertes, puede entre otras propuestas superar la velocidad del sonido en Florida, donde un aeroclub mantiene en perfecto estado cuatro F-104, uno de ellos biplaza, para exhibiciones y paseos de turistas (ricos).

## Capítulo 20. DC-10

El DC-10 era un magnífico avión. El preferido por los pilotos y muy apreciado por los pasajeros. Cuando podían olvidarse de su mala fama. En esa época se discutía entre configuraciones de dos o de cuatro motores (en las rutas transoceánicas no se solía dar permisos de vuelo a bimotores) y algunos diseñadores intentaron sacar adelante diseños de tres motores, a priori una solución más eficiente y mucho más barata que la de cuatro, pero con un éxito muy desigual.

Boeing, con el 727, produjo un avión destinado a rutas domésticas, con el tercer motor encastrado en la cola del fuselaje, con la toma de aire justo en la base del empenaje vertical de la cola y los otros dos a sus lados, lo que le daba una eficiencia aerodinámica mediana. Fue un habitante muy común de los aeropuertos durante decenas de años, pero su alto consumo, unido a que los motores a reacción no podían cambiarse por los más modernos Turbo-Fan (sobre todo el tercero: metido dentro del fuselaje), que consumían mucho menos, hizo que las compañías de aviación que pudieron los retirasen del servicio relativamente pronto.

Lockheed produjo el Tristar, el L-1011, un modelo mucho más ambicioso, de fuselaje ancho, con capacidad para más de trescientos pasajeros en rutas incluso transoceánicas. Pero la configuración era también con el tercer motor encastrado dentro del fuselaje y los otros dos bajo las alas, por lo que era asimismo casi imposible que evolucionara a motores más eficientes. Pese a que todo el mundo reconocía que era un modelo tecnológicamente muy avanzado, no se vendió en las cantidades mínimas que lo hacían rentable, y Lockheed se dedicó de forma definitiva a los aviones

militares.

Douglas por su parte diseñó el DC-10. El tercer motor estaba también bajo el estabilizador vertical de la cola, pero en su caso dividía en dos el empenaje vertical y era un motor completamente exterior. Los motores que colgaban de las alas iban en una posición muy próxima al suelo cuando estaba en tierra, lo que le daba una postura en la pista aplastada y estable y no había que subir demasiadas escaleras para entrar al avión. Además, los motores ya eran Turbo-Fan, mucho más anchos en su parte delantera.

Esto era así para que los ventiladores que en su parte frontal comprimen el aire hasta la ignición del combustible en la cámara, estén sobredimensionados y parte del aire que mueven lo utilicen directamente para propulsar la nave, como una hélice. De paso, el chorro que sale a gran velocidad por la parte de atrás del motor se encuentra «arropado» por esa corriente de velocidad intermedia que viene de la hélice/ventilador de la parte delantera, con lo que se reducen mucho las turbulencias, y crece el rendimiento.

El avión empezó a volar en 1970 y era eficiente, se desplazaba con suavidad y los pilotos lo defendían a capa y espada. Pero una serie de incidentes y accidentes fueron minando la imagen del DC-10 hasta convertirlo en sinónimo de «desastre».

## **NO VIAJAR CON LAS PUERTAS ABIERTAS**

El primer problema surgió con las puertas de la bodega de carga. Para aprovechar más el espacio, se diseñaron para abrirse hacia fuera, con lo que se podía poner un último contenedor incluso justo detrás de la puerta. Pero ello implicaba que había que poner todo tipo de seguridades para evitar que se abriese en marcha cuando, al ganar altura, la presión en cabina fuese superior a la exterior, además del efecto de succión que el aire exterior, a gran velocidad, añadiese en el sentido de apertura.

Es por eso por lo que las puertas de los aviones tienen a veces esos mecanismos tan complicados que abren la puerta hacia adentro, luego la

giran, la sacan, etc. También pasa en los coches: si el capó del motor se abre de delante atrás, lleva un enganche extra que hay que buscar al tacto para desbloquearlo y terminar de abrirlo: incluso en los coches hay que evitar a toda costa que se abra algo en marcha.

En el DC-10 añadieron todo tipo de cerrojos para evitar una apertura accidental de las puertas de la bodega, pero en junio de 1972, a un empleado del aeropuerto de Detroit se le complicó la situación con tanto cerrojo y terminó forzando el cierre, lo cual dañó los sistemas de seguridad. El avión perdió la puerta tras el despegue, aunque los pilotos consiguieron hacer un aterrizaje de emergencia sin daños para los pasajeros.

Menos suerte tuvieron los que despegaron de París en marzo de 1974, pues el avión se estrelló y murieron todos. En ese caso, lo que sucedió es que la puerta se abrió a más altura y la descompresión brusca de la bodega de carga hizo que el suelo de la cabina de pasajeros se hundiese, succionado por el vacío que tenía debajo. Además de los daños personales inmediatos a quienes viajaban allí, se rompieron los cables que pasaban por ese suelo/techo y se perdió el control del aparato de manera catastrófica.

Las autoridades aeronáuticas, tras el primero de esos accidentes, habían recomendado hacer orificios en ese suelo/techo, precisamente para evitar situaciones como la sucedida en las cercanías de París, pero habían sido sólo «recomendaciones» para evitarle mala prensa al modelo (Airbus Industries empezaba a hacer mella en los resultados económicos de las compañías aeronáuticas norteamericanas) y la mayoría de las empresas de aviación se ahorraron los costes de algo que no era obligatorio.

Esta vez hubo trescientos cuarenta y seis muertos y la flota de DC-10 de todo el mundo perdió sus permisos de vuelo hasta que se resolviese el problema de las puertas de la bodega mientras el prestigio del modelo empezaba a perder brillo.

**HACER PUNTUALMENTE LAS REVISIONES QUE RECOMIENDA EL FABRICANTE**

Cinco años después, en mayo de 1979, las televisiones de todo el mundo mostraban otro DC-10 estrellado tras perder el motor izquierdo en pleno vuelo, sobre el aeropuerto de Chicago, con doscientas setenta y tres personas muertas. Esta vez no habían sido las puertas, sino un motor, el que iba bajo el ala izquierda, que había roto el anclaje, había basculado hacia delante y arriba (todavía estaba funcionando a pleno rendimiento) y había dañado el borde del ala antes de caerse.

Eso no tendría que haber supuesto la pérdida de la aeronave, pues podría haber seguido volando con dos motores pese al ala dañada, pero el DC-10 no tenía un mecanismo que sujetase los *flaps* y *slats* (esas extensiones que le salen al ala por delante y por detrás durante el despegue y el aterrizaje y que le hacen tener mayor sustentación a velocidades bajas), y esos elementos, vitales a baja velocidad, a falta de la presión hidráulica que proporcionaba el motor de ese lado, se replegaron, dejando sin sustentación suficiente el ala izquierda del avión, que cayó hacia ese lado y siguió en picado hasta el suelo.

Los DC-10 volvieron a quedarse en tierra hasta investigar la causa e implantar la solución a lo que había pasado. Y lo que había pasado es que las compañías aéreas habían descubierto otra manera de ahorrarse unos dólares, esta vez en las tareas de mantenimiento. Para desmontar los motores de las alas, cosa que hay que hacer de vez en cuando, el procedimiento recomendado por la Douglas era desenganchar en primer lugar el motor de su anclaje, bajarlo y apartarlo para, después, desmontar el propio anclaje que lo sujetaba al ala. Es fácil imaginar que no era un proceso tan sencillo como lo es describirlo, e implicaba muchas horas de mucha gente manejando grúas y herramientas enormes, delicadas y muy caras.

Así que a alguien se le ocurrió que se podía desmontar el motor y su soporte «juntos» y así llevarlos hasta el taller en el que se hacía el mantenimiento del motor. Con ello se ahorraban varias horas de trabajo. Sin embargo, en el proceso, al no separarse el motor de su enganche (esa especie de brazo que sale del ala y agarra el motor desde arriba), tampoco se revisaban en su momento los pasadores que fijaban uno a otro. Y esos pasadores resultaron estar muy necesitados de revisión, porque en algunos casos tenían grietas. Y ya sabemos que las grietas no son buenas en un avión.

Se ordenó la revisión de todos los pasadores de todos los aviones (con un gasto por el que sería poco educado preguntar) y se encontraron bastantes deteriorados en mayor o menor grado. Además de cambiar los métodos de mantenimiento (y todos los pasadores), se cambiaron los mecanismos hidráulicos del ala para que en caso de fallo no se retrajesen los *slats* y *flaps*, y se cambió parcialmente la posición del cableado del ala, porque iba por la parte delantera y el choque de aquel motor también había roto muchos cables.

El DC-10 volvió a volar, pero su fama estaba muy seriamente tocada y los pasajeros, todos gente muy bien informada, se subían al aparato mirando hacia los enganches de los motores y a las puertas de las bodegas.

## **ESQUIVAR LOS OBSTÁCULOS (SOBRE TODO LOS GRANDES)**

Diez años después sucedió otro accidente grave, que también fue debido a fallos en el diseño. Puede parecer que diez años son muchos pero es que, además, entre medias no había dejado de aparecer el DC-10 en los noticiarios por aterrizajes accidentados o despegues abortados en el último momento.

Por ejemplo, en Málaga un DC-10 abortó el despegue, sobrepasó la pista y los telediarios mostraron el avión invadiendo en llamas la vía del ferrocarril. Además, pese a que se inició el desalojo del aparato de forma ordenada, el pánico de algunos y el incendio de la cola del avión produjo algunas víctimas: parecía un avión maldito.

Otros aviones salían en las fotos partidos por la mitad después de patinar en la lluvia de la pista de Kampala, o se perdían por una mala navegación cerca de la Antártida y se estrellaban de pleno contra el volcán Erebus (no se puede pedir más espectacularidad y morbo), o atropellaban dos vehículos de obras en México. Eran accidentes tan trágicos como espectaculares, aunque no tenían nada que ver con el diseño del aparato, le podían pasar a cualquiera. Pero cuando le pasaba a un DC-10, las televisiones desplegaban una intensa cobertura para divulgar la noticia aprovechando que tenían además abundante material en sus archivos como para cubrir las primeras horas del suceso hasta que llegaba el vistoso material gráfico de cada nuevo accidente.



## Y NUNCA PERDER EL CONTROL

Los pilotos seguían declarando que era un magnífico aparato en el que les encantaba volar, pero el público ya entraba de muy mala gana en el modelo cuando, en el año 1989, en pleno mes de julio (cuando los periódicos no tienen mucho que publicar y se sacan de los armarios las famosas «serpientes de verano»), llegó a las pantallas un accidente grave, perfectamente filmado por un aficionado sobre los cielos de Sioux City, en Iowa.

Todo sucedió porque al motor trasero, el que va espectacularmente colocado en mitad del estabilizador vertical de la cola, se le rompió uno de los ventiladores, esos discos/hélices que en la parte delantera giran a muy alta velocidad y comprimen el aire lo necesario para que en la parte central del reactor se produzca la explosión controlada del combustible que allí se inyecta y los gases resultantes, dirigidos hacia atrás, empujen al avión hacia adelante. Esos ventiladores son unos discos que giran a una velocidad extrema y parece ser que uno de ellos se partió en varios trozos y uno de esos pedazos golpeó en fuselaje rompiendo varias cosas en su camino.

El avión, todo avión, está preparado para volar con seguridad con unas cuantas cosas rotas. El DC-10 tenía tres motores, pero podía volar con uno solo. La pérdida del motor no tendría que haber sido un problema demasiado grave. Pero las piezas que penetraron en el fuselaje cortaron las conducciones hidráulicas del control del estabilizador de cola, que se quedó sin control de dirección. Esos sistemas eran críticos, por lo que no estaban duplicados, sino triplicados: podían fallar dos de los sistemas de control del avión y no ser un problema grave. Pero la maldita pieza del ventilador, lanzada a gran velocidad al salir despedida por la fuerza centrífuga<sup>[18]</sup>, cortó los tres.



Se culpó de ello a que los tres sistemas, en el escaso espacio disponible cerca de la cola, iban muy juntos y la pieza en su vuelo alocado acertó en el peor sitio. Hubo ciento once muertos, pero también ciento ochenta y cinco supervivientes. Fue un accidente, además, con toques épicos, pues la tripulación, con la ayuda de un pasajero (que era piloto profesional e inspector), logró dirigir el avión acelerando y reteniendo los motores de un lado y de otro para hacer girar la aeronave y terminar aterrizando de una forma casi controlada pese a no gobernar la cola. Tocaron tierra algo más violentamente de lo recomendable y a veinte metros a la derecha de la pista lo cual, en las condiciones en las que lo hicieron, fue todo un logro.

La historia completa, narrada hasta la náusea durante todo ese verano, terminó de dar la puntilla al DC-10 y, de paso, a la propia Douglas, que vio cómo de repente le era casi imposible vender un solo avión. Cambiaron el nombre de la compañía para llamarse McDonnell Douglas y cambiaron el nombre del modelo para que fuese el MD-11. Pero fue inútil.

Desde 1996 Douglas/McDonnell Douglas forma parte de Boeing y el DC-10/MD11 dejó en poco tiempo de fabricarse en beneficio de los modelos equivalentes de Boeing.

Los pilotos siguen diciendo que es un buen avión, así es que la industria

aeronáutica ha reservado el modelo para las situaciones en las que no hay que depender de que los pasajeros se asusten o no: el MD-11 es un éxito como avión de carga y las puertas de las bodegas se abren hacia afuera sin problemas (los vuelos de carga no suelen despegar con tantas prisas como los de pasajeros) al igual que muchos otros modelos posteriores que han copiado su inteligente solución.

El epílogo de la desastrosa historia de este modelo es que cuando en el año 2000 se estrelló un Concorde, en el único accidente de aquel precioso avión supersónico, la investigación posterior descubrió que la rotura del depósito en el despegue había sido debida a una pieza de titanio que estaba en la pista y que reventó una rueda del Concorde cuando ya iba lanzado a toda velocidad desencadenando la catástrofe porque un trozo de rueda perforó el tanque del combustible. La pieza que estaba en el suelo era una chapa de buen tamaño que se le había caído al avión que había despegado justo antes: un maldito DC-10.

### **III. LOS COCHES**

## Introducción. Un problema cotidiano

Ya hemos hablado de volar como los pájaros (más o menos), más tarde hablaremos de los viajes interplanetarios, pero ahora sería el momento de poner los pies en el suelo y hablar de coches. Sin embargo, vamos a hablar muy poco de los coches.

—¿Cómo? ¡Pero si están llenos de averías!

Cierto, la mayor parte de las averías que nos afectan suceden en los coches, pero no es un caso claro de desastre tecnológico. Y no lo es por varias razones. Sobre todo por cuestión de números: si falla un transbordador espacial, están fallando a la vez «todos» los transportes espaciales en activo y, aparte de las consecuencias personales, eso es un problema muy general. En los casos de los aviones que hemos comentado, eran fallos que afectaban de forma generalizada a la mayoría de los ejemplares de un determinado modelo. Y, por último, tanto en lo hablado sobre aviones como lo que digamos de las naves espaciales eran fallos «inesperados» para sus diseñadores.

En los coches, por suerte, ni se dan casos de averías globales que afecten de forma significativa al transporte por carretera, ni se da casi nunca el caso de que sea un fallo «inesperado» para sus diseñadores. Porque la industria automovilística mundial es una maquinaria tan masiva y depurada, incluso desde sus primeros años, que no sólo siguen circulando innumerables Ford-T, sino que una gran marca puede controlar hasta el segundo decimal el comportamiento de un modelo de producción masiva y características como su fiabilidad y duración no son casuales, sino resultado de un diseño muy detallado, de la misma manera que se diseña su velocidad, su capacidad de

frenada, su estabilidad o la comodidad de las plazas traseras.

Por supuesto, a veces hay sorpresas, pero son pocas.

## **Capítulo 21. Wilfredo Ricart**

### **CUANDO LOS INGENIEROS SON GENIALES**

Ha habido en el diseño de automóviles algún fallo realmente cómico, como le sucedió al mismísimo Wilfredo Ricart. Este hombre será eternamente recordado como diseñador de los deportivos Pegaso, unos coches brillantes y llenos de soluciones técnicas atrevidas y acertadas que en los años cincuenta eran una buena alternativa a los primeros deportivos europeos de postguerra.

También se cuenta en su biografía que antes y durante la Segunda Guerra Mundial era uno de los ingenieros-estrella de Alfa Romeo y, cuando fue nombrado responsable de los vehículos de competición de esa marca, otro de los ingenieros de la plantilla, que también aspiraba a ese puesto, se tomó muy mal no ser el elegido y esto le llevó con el tiempo a montar su propia escudería, al principio con coches Alfa Romeo y, con el tiempo, con sus propios diseños. Ese ingeniero rival de Wilfredo era un tal Enzo Ferrari, fundador de la escudería que lleva su apellido.

Pero Wilfredo, antes que todo eso, había diseñado y fabricado motores y coches en Barcelona con cierto éxito, y sus modelos participaron en algunas carreras regionales. En una ocasión, poco antes de la Guerra Civil española, preparó los planos para un prototipo que debía participar en la Subida a la Rabassada, una competición muy popular en aquellos años. Mientras se fundían y mecanizaban las piezas y se montaba el coche, él se fue a Italia,

donde tenía cada vez más intereses profesionales. Pero volvía justo el día antes de la carrera y dio instrucciones de que le fuesen a buscar al puerto con el coche para probarlo nada más desembarcar.



Uno de los diseños de Wilfredo Ricart de aquellos años: un «Ricart y Pérez»; el copiloto por entonces se conocía como «mecánico». Foto del archivo de la Penya Rhin, organizadora del evento.

Y así se hizo: un ayudante estaba esperándole al pie de la escalerilla del barco y le llevó hasta el coche, aparcado frente a la estatua de Colón, al pie de las Ramblas, pero no le permitió que se pusiera al volante.

Wilfredo, seguro que algo mosca, se sentó en el asiento del copiloto. El piloto arrancó el motor, que sonaba bien, engranó la primera marcha, enfiló la entrada del aparcamiento que estaba justo enfrente y, al llegar a la calle, para girar a la derecha, «giró el volante hacia la izquierda». Wilfredo Ricart había diseñado la dirección al revés. Y, para cuando los colaboradores del gran ingeniero (dicho esto sin sorna: lo era de verdad) se dieron cuenta, ya no había tiempo de rehacer el diseño y fabricar las nuevas piezas.

No ganó la carrera.

## **CUANDO LOS INGENIEROS NO SON GENIALES**

Si esto le podía pasar a alguien de tal categoría, es obvio que anécdotas como esa se pueden encontrar muchas, pero los fallos son muy raros en el



conjunto de una industria que fabrica cada año millones de vehículos cada vez más complejos y que funcionan de una manera muy predecible.

La verdad es que el resto de problemas, esas averías que nos enfadan de vez en cuando, nos las podría anunciar con bastante antelación un ingeniero de los involucrados en el diseño y fabricación de ese modelo. Porque en algún momento de la historia de nuestro coche (de cualquier coche) se tomaron decisiones del estilo de que la bomba de la gasolina, por ejemplo, puede ser un poco más barata, aunque eso implique que se romperá a los doscientos mil kilómetros, por poner una cifra, pero este coche imaginario se hace con esa pieza más barata porque es una avería que sólo afectará al 32,5% de los coches, pues los demás no llegarán a ese kilometraje, es un fallo que no puede provocar un accidente pues será un fallo progresivo, será barata de arreglar, si va a un servicio oficial de la marca los talleres la cambiarán rutinariamente en el mantenimiento regular de los ciento sesenta mil kilómetros y, sobre todo, sucederá cuando el modelo ya no esté en fabricación y la mala fama no pueda influir en las ventas. Así se movía y se mueve el mundo del automóvil.

Hay algún ejemplo de fallos sorprendentes, pero no muchos, como cuando en 1997 Mercedes estaba a punto de poner en producción su primer coche «pequeño», el Clase A, y en una de las pruebas de estabilidad (un frenazo de emergencia simultáneo a un giro de volante, conocido como «la prueba del ciervo») el prototipo no sólo volcó, lo cual ya era un fallo, sino que se abolló mucho más de lo aceptable. Y encima con los malditos periodistas sacando fotos del resultado. La solución fue regalar de serie el sistema de control de estabilidad, que hasta ese día era una opción bastante cara.

Otros modelos han tenido fallos inesperados y muy aireados por la prensa: un modelo de Ford comercializado en Estados Unidos sufría un incendio con cierta facilidad si alguien chocaba contra su parte trasera (allí estaba el depósito de gasolina) justo cuando estaba encendido el intermitente de ese lado. Resulta que el mecanismo de encender y apagar la luz se calentaba bastante y, aunque estaba diseñado para soportar esa temperatura, estaba cerca de algún material sucio e inflamable y en el camino de la

gasolina si se rompía el tanque justo en ese momento.

## Capítulo 22. *The Little Bastard* (El Pequeño Bastardo)

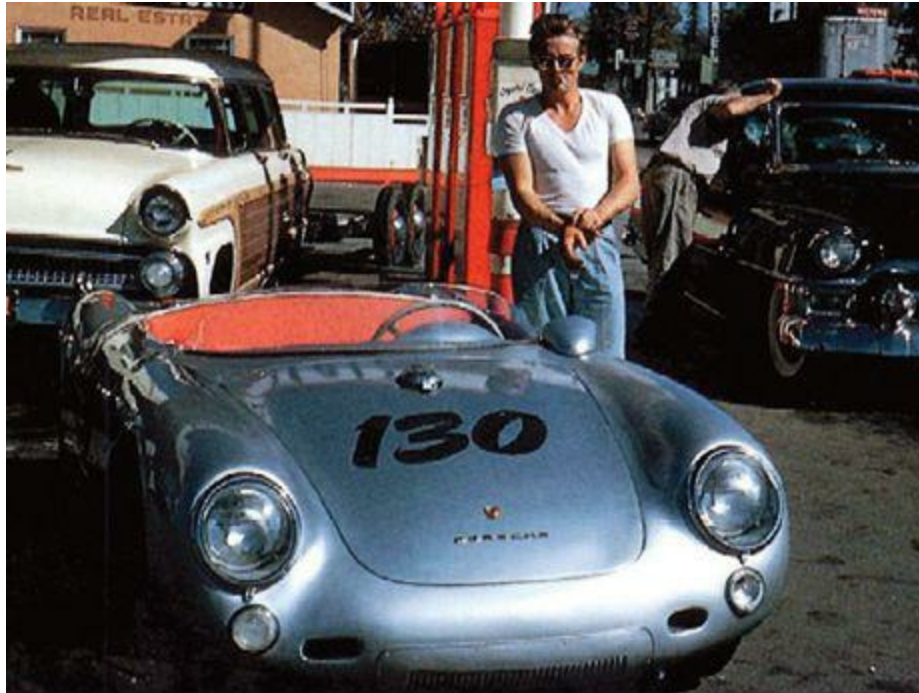
Muchos creen en la existencia de «la maldad intrínseca de la materia», que tiene una muestra muy clara en la desgraciada muerte de James Dean.

Se dice que la muerte de un hombre puede ser el inicio de su leyenda, pero en este caso comenzó la leyenda de su coche. James Dean se labró su gloria como actor en muy pocas películas, siendo apenas tres las que se pueden encontrar fácilmente hoy en día. Murió en 1955, en un accidente de tráfico conduciendo su Porsche Spyder 550, accidente en el que su mecánico, que le acompañaba en el otro asiento, sobrevivió con un brazo roto mientras que el ocupante del otro coche involucrado (fue un choque frontal) se rompió la nariz.

A partir de entonces Sara Montiel mantuvo que tenía parte de culpa en su muerte, pues habían pasado juntos una noche tórrida que debió dejar a Dean un tanto débil y mareado. Lo que sí es cierto es que su última foto es con Sara y comentó a quien la hacía algo como que todavía le temblaban las piernas por culpa de aquella española.

El también actor Alec Guinness tampoco tenía la conciencia tranquila pero, en su caso, era porque justo una semana antes del accidente le había dicho a James al ver su nuevo coche: «si coges este coche, estarás muerto la próxima semana». Le debió de parecer un modelo peligroso.

El caso es que fue un accidente fatal para James, y ahí despedimos a Dean, y sus cotorreos para seguirle la pista a lo que quedó de su coche, al que su dueño llamaba *Little Bastard*, el ‘Pequeño Bastardo’.



## **COMBATIENDO (A LA HUMANIDAD) DESPUÉS DE MORIR**

Los restos de la carrocería del Porsche fueron llevados a una nave, donde se colocaron sobre un pedestal, que se cayó poco después cuando lo observaba un mecánico, rompiéndole ambas piernas. Luego fue exhibido por la policía de tráfico en una exposición sobre seguridad vial, pero la primera exhibición se canceló anticipadamente porque el edificio ardió por completo.

Todavía fue transportado de un lado a otro del país, exhibiéndose en diversas exposiciones de seguridad vial, pero se cayó del camión al paso de una población sobre un transeúnte (otro herido, otra muesca en su culata). Se volvió a caer en una autopista y provocó un accidente múltiple. En otro accidente falleció el conductor del camión. En otro transporte, estando aparcado, el freno de mano falló y el camión se estrelló él solito contra una casa.

Se va comprendiendo lo de «la maldad intrínseca de la materia», ¿verdad? Pues no estamos más que en la mitad de la historia. La carrocería fue robada en 1960 y, si ha seguido su campaña por la exterminación de la raza humana,

lo ha hecho de forma anónima y discreta, aunque hay rumores de que los robots de *Terminator* están hechos con piezas de aquel *Pequeño Bastardo*.

Pero antes de todas esas correrías de la carrocería ya se habían vendido algunas de las piezas que estaban en buen estado a otros maniacos del motor. Concretamente se vendió el motor y la transmisión a William Eschrid, un médico que a su vez revendió la transmisión a su amigo Troy McHenry. En el mismo año 1955, ambos coincidieron en la misma carrera con sus dos coches que llevaban piezas del *Pequeño Bastardo*. El de Troy McHenry, con el motor de aquel Porsche, se estrelló y el piloto murió al salirse en una curva; pocos minutos después, en otro accidente quedó herido grave William Eschrid, en cuyo coche iba instalada la transmisión del deportivo de James Dean. Sus ruedas se montaron en otro coche que sufrió otro grave accidente cuando explotaron dos de ellas simultáneamente.

Por si había que terminar de demostrar que ese coche tenía «algo» muy especial, algún tiempo después del accidente original el acompañante de James Dean fue condenado a muerte por asesinato mientras que el hombre que conducía el otro coche, como nunca se había montado en el Porsche de James Dean, murió a una edad avanzada treinta años después.

Esto no es un desastre tecnológico, lo reconocemos, pero también es una muestra de que a veces no sabemos por qué ocurren las cosas y, sobre todo, es un caso claro en el que «no hay caso» pues, a no ser que se acepten los ¿principios? de la parapsicología, no se trata de una «causa» de varios accidentes, sino (para un ingeniero es bastante obvio) de un conglomerado de desgraciadas casualidades amplificadas por la publicidad, por el uso intensivo y documentado de aquellas piezas y por el seguimiento a largo plazo que se hizo de un caso salido de la prensa «rosa».

## Capítulo 23. Las fábricas de coches

Una máquina no puede ser perversa, pero las fábricas de coches son todo un mundo y en ellas sí que se dan casos curiosos y aleccionadores. Pero es que un coche utilitario de 1975 se movía con sólo mil doscientas cincuenta piezas, incluyendo hasta la última arandela en ese inventario, mientras que una fábrica capaz de montar mil coches diarios partiendo de lingotes de hierro y rollos de chapa consta de infinitas piezas y tiene muchísimas maneras de fallar de forma catastrófica.

Vamos a contar aquí algunos de estos fallos del complejo mecanismo que es una gran fábrica, pero nos vamos a permitir no decir cuál es la fábrica a la que nos referimos, porque no son fallos conocidos por el público, los hemos conocido por razones de trabajo, en algún caso bajo acuerdos de confidencialidad y además podrían perjudicar la imagen de esa marca y sería un perjuicio «injusto» porque «todas» las fábricas de ese tamaño tienen fallos como los que vamos a contar ahora; o peores.

### JUGANDO A LOS RECORTABLES

Los coches llegan a la fábrica en forma de rollos de chapa enormes, y sobre la banda de acero que de allí se despliega, una prensa hidráulica descarga su furia y les arranca con unos moldes carísimos<sup>[19]</sup> las piezas que un poco más allá formarán carrocería, puertas, etc. Del rollo de chapa queda muy poco, pero ese poco, en forma de virutas, hay que llevarlo a las grandes acerías que utilizan hierros «de segunda mano» en el proceso de fabricación

del acero.

En una fábrica (de cuyo nombre no nos vamos a acordar) se pensó, ya que había por allí una vía de tren, en un transporte por ferrocarril hasta los altos hornos para deshacerse de esos restos metálicos. Para comprobar la rentabilidad del sistema se cargaron vagones con las virutas, se comprobó su capacidad, se midieron, se hicieron cuentas y se vio que resultaba algo más productivo por ferrocarril que en camiones, por lo que a continuación se abordó la construcción de unas gigantescas tolvas para cargar los vagones, se les puso a las tolvas unas válvulas hidráulicas capaces de cortar el flujo de acero con energía y exactitud<sup>[20]</sup>, se reforzó la estructura (soldada a los raíles, para mayor precisión de movimiento) de cara a soportar el cierre de esas potentes válvulas y, cuando ya estaba todo terminado, y se fue a colocar debajo el primer vagón, no cabía: se habían tomado las medidas con el vagón «cargado» de acero y, al meterlo descargado, le sobraban tres centímetros de altura.

Nunca se modificó esa sólida estructura cuyas altas tolvas todavía adornan un rincón de la fábrica y las virutas se siguieron llevando en camiones hasta las acerías.

## COLOREANDO

Un poco más adelante de la cadena de producción, con esas piezas de chapa que habían salido de la prensa hidráulica, soldando unas a otras se formaba un chasis y ese chasis se dirigía al taller de pintura, todo un mundo con atmósfera propia en el que, a modo de rito iniciático, se empezaba por una piscina en la que, colgando de unas cadenas, se sumergía el protocoche como parte de su viaje: era el «proceso de imprimación» con el que, gracias a unas sustancias pegajosas y químicamente muy activas, se convierte una chapa con inevitables restos de óxido y quizá de grasas en una superficie a la que la pintura se adhiere con entusiasmo.

Pero cuando se pusieron en producción las primeras furgonetas derivadas de turismos (hablamos de esos vehículos del tamaño de utilitarios que llenan

los centros de las ciudades a la hora de distribuir mercancías a las tiendas), bajo la forma abombada del techo sobreelevado que convierte la parte de atrás de un turismo en una furgoneta pequeña se formaba una burbuja de aire que impedía que esa parte de la carrocería se impregnase.

La primera consecuencia fue que los coches no recibían el tratamiento de imprimación en esa zona y la pintura de la cara interior se caía a los pocos años de dejarlos aparcados al sol. Pero la segunda consecuencia era que, si la burbuja era suficientemente grande, algunos de los vehículos flotaban. Y, a continuación, alguna de las cadenas que los arrastraban por la piscina de imprimación se soltaba a veces, el coche chocaba con las paredes, se inclinaba, se escapaba la burbuja, naufragaba, entorpecía el paso del siguiente mascarón que embarrancaba en el escollo del fondo y un momento después se paraba la línea de producción, unas cadenas se hundían en la piscina muy tensas hacia atrás, el responsable del taller de pintura iba de un lado a otro dando gritos y un par de empleados estaban poniéndose un complejo traje de buzo para meterse en la piscina de pintura y tratar de enganchar de uno en uno los coches amontonados en el fondo.

Si a alguien le parecía una escena divertida, lo más prudente era no manifestarlo hasta haber salido del taller de pintura o, como mínimo, hasta estar a una distancia segura del borde de la piscina de imprimación. El problema no obstante se solucionó haciendo un agujerito en la parte alta del techo y diciendo que todas las furgonetas industriales llevaban pre-instalación de antena para la radio (en una época en la que ni siquiera todos los turismos llevaban la radio instalada de fábrica).

Esos coches (los que superaban la prueba de la piscina de imprimación) entraban en el proceso de pintura propiamente dicho, durante el que recorrían un túnel en el cual unos brazos robotizados disparaban la pintura con un chorro pulverizado y uniforme. Lo malo era cuando había «cambio de color» en la cadena de producción, porque surgían dos fuentes de error. Una, muy rara porque estaba sumamente estudiado el caso, era que no se podía pasar de pintar en rojo un coche, por ejemplo, a pintar de blanco el siguiente, porque la niebla de pintura que quedaba en el ambiente hacía que saliese un poquito rosa. Había que ventilar el túnel y, cuando se tenía prisa y no se respetaban



los plazos, a veces salía algún coche de un color imaginativo. Eso se solía detectar a la salida del túnel y el responsable de ese punto podía reenviar esa carrocería hacia atrás en la cadena de producción, dando un rodeo y colgada del techo de la enorme nave hasta volver a entrar de nuevo en el túnel para una nueva mano de pintura (quien se compraba ese coche estaba de enhorabuena: dos manos de pintura), pero ahí intervenía el otro riesgo del taller de pintura, pues un coche fuera de su lugar en la fila puede que entrase justo en un nuevo cambio de color y se le terminase de estropear el tono con un tercer matiz o (con mucho lo más espectacular), que entrase en la cadena de montaje un poco antes o un poco después del punto previsto y recibiese una nueva capa de la pintura correcta, pero terminada por un par de brochazos del color siguiente pues, por ejemplo, después de un coche verde sí se podía pintar uno azul sin esperar a ventilar, y lo que salía era un coche verde con un grafiti azul en el portón trasero.

## **ARMANDO EL MECANO**

Y llegaba el gran momento del montaje final, un espectáculo en el que un motor y unas suspensiones se montan en unos quince segundos, por ejemplo. Allí convergen diversas cadenas de transporte, una con las carrocerías pintadas (algunas con el color previsto), otras sorteando vigas y esquinas por el techo con los motores, otras con las ruedas, cristales, tapicerías, cableado, instrumentos, etc., y en una fábrica moderna todas confluyen con el motor adecuado para la carrocería adecuada con las tapicerías adecuadas. Es lo que se llama montaje «just in time». No siempre fue así, y hasta el último tercio del siglo era muy normal que al lado del punto en el que se montaban los motores hubiese docenas de motores de todos los tipos y subtipos esperando que el operario seleccionase el correcto para cada ejemplar y eso, es fácil imaginarlo, daba margen para errores importantes.

Pero incluso en una fábrica moderna hay días memorables, como cuando en esta fábrica de nuestros recuerdos se empezó a fabricar un nuevo modelo, revolucionario y muy vistoso. Ese día se puso en marcha toda la maquinaria

para montar sus piezas, entre ellas una espectacular herramienta que montaba las ruedas a gran velocidad: unos brazos que rotaban por lo alto dando una imagen de robot temible; cada uno de ellos agarraba la llanta, le ponía la válvula o le metía una cubierta, lo sellaba, hinchaba la rueda y la depositaba en un receptáculo desde donde un operario la tomaba como si se la diese el dios Visnú y la colgaba «por el agujero del centro de la llanta» en una cadena de transporte que movía la rueda hasta el punto donde se acoplaba al coche. Ese operario fue el primero en descubrir el problema: esas revolucionarias llantas «no tenían agujero central» y, por lo tanto, no eran compatibles con el sistema de transporte interno de esa fábrica. Como había que enviar coches a los concesionarios para empezar a firmar pedidos, la serie inicial de ese modelo (quinientos coches, por lo tanto dos mil quinientas ruedas) se hizo con ruedas que una fila de operarios llevaba por los pasillos de la fábrica hasta el punto de montaje rodando. Los que de niños habían jugado al «aro» lo hacían mucho mejor que los más jóvenes.

Ese mismo modelo revolucionario dio muchos más disgustos. Por ejemplo, en el control de calidad al final de la cadena de montaje un operario descubrió que si el capó del motor se cerraba de golpe, el aire, al salir por el poco hueco que le dejaba un morro bajo y aerodinámico, arrancaba los faros que acababan medio metro delante del coche porque estaban bien preparados para golpes delanteros, pero no para que los empujasen desde atrás.

En otra ocasión, se modificó un modelo para «ponerlo al día» desde el punto de vista de los gustos del público. El proceso incluyó un parabrisas algo más grande, cosa que no se tuvo en cuenta a la hora de organizar la entrega de los cristales, que un camión descargaba en la parte de atrás de la fábrica y que viajaban hasta el punto de montaje en unas cestas, metálicas y hechas a medida de cada modelo, que incluía huecos para cada cristal del coche: una cesta cargaba con todos los cristales de un ejemplar de ese modelo de coches. Se reutilizaron las cestas del modelo original, pues la mayoría de los cambios eran de motores y tapicerías, pero el parabrisas también había disfrutado de un leve aumento de tamaño, y no cabía.

Se tomó la decisión provisional de llevar el parabrisas un poco ladeado, con lo que sobresalía por arriba de la cesta, lo cual parecía una buena

solución, y los cristales empezaron a llegar a la línea de montaje, pero la cadena de transporte era, en ese caso, especialmente larga, así que vagaba por los techos de la fábrica durante un tramo extenso y, en uno de los puntos del trayecto, el parabrisas golpeaba una viga.

Al principio no era grave, porque era una pre-serie y la cadena circulaba a la velocidad más baja posible: simplemente sonaba un discreto «gonnnng» y en los siguientes metros la cesta se balanceaba como un columpio, detalle en el que, en el ruidoso ambiente de una fábrica, nadie se fijó, hasta que unos días después se empezó a fabricar en grandes cantidades, se subió la velocidad de la cadena de transporte y, después de unos centenares de cestos, uno de ellos en vez de hacer «gonnnng» hizo «¡crash!» y sembró de cristalitos un pasillo de la fábrica.

Con el tiempo se cuantificó que por cada cien o doscientos «gonnnng» sonaba un «¡crash!» y se destinó a un par de empleados con escobas para que recogieran los cristales en minutos hasta que otro equipo de soldadores retocaba los cestos para que entrasen los parabrisas de una forma más aburrida. Así nacieron los «aburricestos».

## **ENCENDIENDO**

Con el tiempo, llegaba el momento de arrancar por primera vez el coche, y hay que reconocer que arrancaban a la primera con toda regularidad. Pero eso no quiere decir que arrancar un coche nuevo sea algo desprovisto de emociones, porque los motores de gasolina se habían fabricado en una nave anexa y en lugar de con gasolina se habían afinado y puesto a punto con butano (más barato) y a veces quedaba algo de gas en los cilindros o incluso el cárter y, al arrancar, casi todos los meses, algún coche se incendiaba y el operario, que cobraba por ello un plus de (in)seguridad, acababa dándose un baño de espuma antiincendios y el coche yéndose (empujado) a una línea de limpieza e inspección.

## **Y AL FINAL... SIEMPRE SOBRAN PIEZAS**

Si todo había ido de la mejor manera posible, por una de las puertas de la fábrica salían coches preciosos, limpios, nuevos, a millares cada día. Y se aparcaban en unas coloridas explanadas al lado de la fábrica a la espera de los trenes y camiones que se los llevaban a sus destinos.

Quizá lo más espectacular de la fabricación de coches era que cada una de esas explanadas se vaciaba de forma rotativa y se barría cada semana, aproximadamente, y cada vez que se barría una explanada se recolectaba de su pavimento un montoncito de unos diez o veinte centímetros de altura de tuercas, tornillos y arandelas que se habían caído de los coches por estar un par de días aparcados.

## **IV. LA ENERGÍA ATÓMICA (O NO)**

## Capítulo 24. Generalidades energéticas

### UN DESASTRE LARGAMENTE ANUNCIADO: EL COCHE ELÉCTRICO

Algo fácil de demostrar, pero muy difícil de reconocer por los gobiernos: el coche eléctrico contamina casi el doble que los coches de gasolina.

¿Qué cómo podemos decir algo así, tan políticamente incorrecto? Muy sencillo, vamos a explicarlo: el coche eléctrico, tal y como hoy se concibe, almacena la electricidad de la red eléctrica en sus baterías y, aprovechando esa energía almacenada, nos lleva a trabajar, a casa, o a recoger a los niños en el colegio.

¿Hasta ahí de acuerdo? Supongamos que sí. Pero el caso es que las baterías no tienen un rendimiento del cien por cien. Es decir: «metemos» en ellas un kilovatio, por ejemplo, y a la hora de aprovechar la energía almacenada, a causa de calentamientos, deficiencias de los procesos químicos, etc., el resultado práctico es que de allí sale «menos» de un kilovatio. Mucho menos: de hecho, si las cosas se hacen de la mejor manera posible, recuperamos del orden del 80% de la energía gastada en almacenar allí la electricidad para mover el coche; pero si no se hacen muy bien, puede que apenas se aproveche la mitad de lo que metimos.

Además, antes de meter la electricidad de la «corriente alterna» de nuestros enchufes en la batería, la habremos tenido que convertir en «corriente continua», lo cual, aunque lo hagamos con un buen convertidor (y

las fuentes de alimentación de nuestros equipos eléctricos no suelen serlo de momento), ahí se producirán pérdidas de otro 15% o más.

Asimismo, para que llegue la electricidad a nuestro domicilio ha habido que transportarla cientos de kilómetros, pasándola a alta tensión, luego a media tensión y luego a doscientos veinte voltios, con pérdidas en cada paso que en conjunto no suelen ser inferiores a otro 10% de la energía producida en la central y que no se aprovecha para nada bueno.

Y como en alguna central eléctrica estamos quemando gasóleo o gas, o carbón para producir electricidad, el resultado es que si ese gasóleo lo utilizásemos en mover el coche directamente, recorreríamos el doble de kilómetros que si lo utilizamos para producir electricidad en alguna parte del país lejos de las ciudades, convertirla, transportarla a cierta distancia, volverla a convertir, almacenarla en una batería, y sacar de ella a la mañana siguiente sólo la mitad de lo que hemos gastado en la central eléctrica. El coche eléctrico tiene muchas ventajas, sobre todo que no contamina «en la ciudad», sino que la contaminación se produce lejos. Además es silencioso, suave... pero, por favor, no digamos que ahorra emisiones de CO<sub>2</sub>.

También tiene, de momento, otra ventaja política: la electricidad se sirve casi a precio de coste más un beneficio para la empresa suministradora, beneficio que los gobiernos siempre están vigilando y limitando; por otro lado, la gasolina que metemos en nuestros coches está cubierta por todo tipo de impuestos estatales y regionales. El resultado es que, pese a su mal rendimiento, el coche eléctrico quizás resultaría más barato para el consumidor, hasta que los ministros de Hacienda se den cuenta de la situación y nos suban entonces el precio de «toda» la electricidad.

Es cierto que los coches llamados «híbridos enchufables», que utilizan un motor de combustión interna para producir electricidad y esta para mover el vehículo, obtienen ahorros energéticos notables, pero se basan más en que el motor de combustión funciona en ellos a las revoluciones óptimas todo el tiempo (eso ahorra mucho combustible), a que nos ahorramos los rozamientos y pérdidas de la caja de cambios, del diferencial y de las rótulas del eje de la transmisión y, sobre todo, a que la electricidad producida va directamente a los motores eléctricos en lugar de pasar por una fase de

almacenamiento, que es donde se producen las mayores pérdidas del proceso en el caso de los coches que son cien por cien eléctricos.

Pero intentemos que el ayuntamiento aumente los impuestos a los coches eléctricos con la excusa de que contaminan más y nuestra pretensión caerá en saco roto.

Cada vez que un gobierno anuncia que el futuro es del coche eléctrico, suele aparecer alguna eminencia que advierte, de alguna manera poco agresiva (nada de insultar al ministro que lo acaba de decir), que «habría que pensar en cambiar la estructura de la generación y la distribución eléctrica antes de abordar un despliegue masivo de los coches eléctricos» o propone que «esto debería ir acompañado de la popularización de sistemas renovables de generación de esa energía».

En otras palabras, que si lo que va a mover los coches hay que producirlo en centrales eléctricas, habría que multiplicar estas de una manera por ahora inconcebible, y si no se hace a base de centrales «no contaminantes», el remedio sería muchísimo peor que el problema.

## **LA ELECTRICIDAD ES ALGO QUE SALE DEL ENCHUFE**

A finales de 2010, el ministro de Industria del Gobierno español, en unas jornadas acerca del coche eléctrico, con todo el aplomo de quien habla rodeado de gente importante que hace gestos afirmativos de que está diciendo la verdad, declaró que si todos los coches que circulan por España fuesen eléctricos, ahorraríamos todo el combustible y las emisiones de CO<sub>2</sub> que los coches ocasionan.

Hay que señalar que estaba rodeado de los presidentes de las principales compañías eléctricas, los cuales, cumpliendo con su papel, aplaudieron a rabiar las palabras del señor ministro. Nadie se puede extrañar: si el coche pasa a impulsarse por electricidad (o, más bien, «cuando» el coche pase a impulsarse con electricidad, pues el petróleo no va a durar demasiado) las compañías eléctricas tomarán el relevo de los jeques árabes en cuanto a ser los más adulados, los más ricos y los más temidos en los foros



internacionales.

Tampoco nos deberíamos extrañar de que alguien piense que con conectar los coches al enchufe de la pared ya está todo resuelto, acostumbrados como estamos a que lo que está «detrás» de ese enchufe no nos cause preocupaciones (salvo que detrás de «esa» pared esté el dormitorio de los niños y tengan fiebre). Bueno, quizá de un ministro se podría esperar algo más.

Unos días después fue el presidente del Gobierno quien lanzó un ambicioso plan para la popularización del coche eléctrico en el que, al menos, se hacía un claro énfasis en que la carga de los coches se haría en «horas valle» del consumo eléctrico. Bueno, algo es algo, pero tampoco es que por las noches nos sobre la electricidad y haya que tirarla. Lo más probable es que el resultado inmediato será que las centrales térmicas que ahora están apagadas o a bajo ritmo en esas horas valle tendrán que hacer guardia toda la noche si el plan tiene éxito.

## **NO HAY UNA ELECTRICIDAD ECOLÓGICA Y OTRA QUE NO LO ES**

Las compañías eléctricas, al menos algunas de ellas, han venido en los últimos tiempos ofreciendo facilidades y financiación para adquirir vehículos eléctricos, y en su publicidad dicen que la energía con la que se cargarán será de origen renovable, lo cual es otra afirmación muy difícil de sostener, ya que toda la electricidad que se produce se pone en común, se mezcla al llegar a las grandes redes de distribución y de lo único que podemos estar seguros es de que un determinado porcentaje de esa electricidad es de origen renovable, siendo el resto (de momento mayoritario) energía de origen nuclear o térmico.

De los trenes eléctricos (y tranvías, y trolebuses, etc.) se podría decir algo también, pero no tanto: no almacenan la electricidad en baterías, que es donde mayores pérdidas se producen, funcionan a unas tensiones relativamente altas, lo que ahorra pérdidas por conversión, y la electricidad se obtiene con

transformadores optimizados en todo lo posible. Pero de todas formas hay pérdidas, sobre todo porque al final hay que transmitir la corriente a grandes distancias por los cables que acompañan a las líneas férreas y, sobre todo, porque al final hay que pasarle al tren toda la energía por un contacto, casi siempre sobre el techo, que se está moviendo a grandes velocidades (volveremos a hablar de ello más adelante, porque ese contacto tiene su propia cuota de problemas). Pero los ferrocarriles tienen subvenciones y en algunos casos pueden producir electricidad los propios trenes cuando utilizan el freno eléctrico. En definitiva, salen las cuentas, aunque en países como Estados Unidos (poco dado a subvenciones) las vías férreas electrificadas escasean considerablemente.

El coche eléctrico llegará, sin duda, algún día. Estos movimientos políticos a favor de él no hay que entenderlos como errores de políticos ineptos, salvo excepciones, sino como un planteamiento a muy largo plazo para ir preparando las estructuras sociales con miras al momento, no muy lejano, en que el petróleo escasee y sea caro, de manera que tengamos que utilizar otras energías que, probablemente, no sean aptas para mover nuestros coches pero sí para producir electricidad. Pero como para entonces no generemos la electricidad sin quemar combustibles fósiles, la contaminación del planeta, en su conjunto, crecerá de forma muy notable, aunque al lado de nuestras autopistas se respire un aire relativamente limpio.

## **ALREDEDOR DE LA ENERGÍA NO HAY CUESTIONES INTRASCENDENTES**

Proponemos al principio de la sección dedicada a los desastres relacionados con la energía el caso del coche eléctrico porque es muy significativo, y es un síndrome que nos volveremos a encontrar en todo lo relacionado con las técnicas de generación de energía: los intereses, la desinformación, las ideas preconcebidas, etc., son mucho mayores y peores que en casi cualquier otro campo que podamos imaginar. Y las consecuencias de hacerlo mal son mucho más graves y nos pueden hipotecar el futuro de

una manera muy costosa.

Quienes escribimos estas páginas somos muy conscientes de los peligros de la energía nuclear. No vivimos de ella, pero a la vez estamos bastante mejor informados que la mayoría acerca de sus particularidades y, como conclusión avanzada de lo que sigue en este capítulo, por muchos problemas que tenga la energía nuclear, los efectos sobre nuestro futuro de algunas de las otras fuentes de energía como el petróleo, el gas o, sobre todo, el carbón, son mucho más nefastas para la salud de nuestros descendientes.

## **LAS BATERÍAS: UN PROBLEMA QUE ESTÁ EN TODAS PARTES**

Acabamos de ver que es en las baterías donde tiene su punto débil algo tan trascendente para la sociedad como el coche eléctrico. Pero en eso no es diferente de los marcapasos, los teléfonos móviles, los ordenadores portátiles (llamados así aunque sean más grandes que algunos de sobremesa) e infinitos otros «chismáticos» que serían mucho más útiles si las baterías fuesen recargables infinitas veces, no perdieran capacidad de carga con el uso, no tuviesen efecto memoria, no explotasen por recalentamiento, no diesen calambrazos indebidos ni debidos, pesaran poco, fuesen eternas, no tóxicas y toda la lista de bondades que se nos ocurren en momentos de euforia mental y que en la vida diaria ni se nos pasa por la cabeza exigirles a las baterías del mundo real. Las baterías son un desastre, y lo peor de todo es que no hay perspectivas de que la situación mejore a corto ni medio plazo.

## **HAY QUE BUSCAR ALTERNATIVAS**

Las naves espaciales que se diseñan para alejarse mucho del Sol se montan con baterías de plutonio, microcentrales nucleares de facto. Ya se ha comercializado una batería de esas características pero ni siquiera la posibilidad de disponer de un ordenador portátil que no haga falta enchufar a la red en diez años hace que nadie esté dispuesto a cargar con el estigma de

llevar unos gramos de plutonio en el maletín.

Otra posibilidad que quizá sea realista a medio plazo es la de las células de combustible, si se consiguen miniaturizar a la escala que haría falta. Hablamos de cacharritos que con un combustible como el alcohol generan electricidad con bastante buen rendimiento. ¿Nos podemos imaginar un teléfono móvil que se carga con una jeringuilla y que funciona un par de meses con esa carga que vale unos céntimos? El único inconveniente que imaginamos es que las células de combustible trabajan a alta temperatura (algo que se puede solucionar con un buen aislamiento y una antena de refrigeración) y producen vapor, que nos podría dejar una mancha de humedad en el bolsillo de la camisa. Pero la autonomía sería desde luego magnífica.

De todas formas, no empecemos a hacer planes con las células de combustible: las más pequeñas de hoy en día apenas caben dentro de un coche mediano y del precio mejor ni hablar. Quizá la solución venga por un lado inesperado, como en el caso del motor que se anunciaba en el cartel que aparece en la página siguiente.

Es un anuncio de una conferencia del profesor D. R. Wilkie, dirigida a la Institution of Electrical Engineers, en Londres el 11 de febrero de 1969. Por cierto, el motor en cuestión es el músculo, y la insinuación implícita al incluirlo en este capítulo es que quizá las técnicas biológicas tengan algún papel en el futuro de las baterías (esperemos que no de la manera que propone la película The Matrix).

### ***Disponible inmediatamente:***

#### **¡Motor lineal!**

Robusto y seguro: Diseño optimizado mediante pruebas de campo mundiales, realizadas a lo largo de un prolongado período. Todos los modelos poseen la economía de una conversión energética del tipo del par termoeléctrico y pueden funcionar con una amplia gama de combustibles, de entre los ordinariamente asequibles. Baja potencia de régimen, si bien en pocos milisegundos puede elevarse hasta 1 kW mec/kg (máximo).

Construcción en módulos, con amplia gama de subunidades disponibles, que permiten soluciones «a la medida» de problemas mecánicos de otro modo intratables.

Dos sistemas de control a elegir:

##### 1. Modalidad de excitación externa:

Unidades versátiles de aplicación general. Control digital, por pulsaciones de pico-julios. A pesar de su bajo consumo de energía, muy elevada relación señal/ruido. Amplificación energética (aprox.) de  $10^{**6}$ .

Características mecánicas para módulos de un centímetro:

- Velocidad máxima opcional entre 0,1 y 100 mm/seg
- Tensión generada, de 2 a  $5 \cdot 10^{**5}$  Nw m $^{**2}$

##### 2. Modalidad autónoma con osciladores integrales:

Especialmente útil para aplicaciones de bombeo. Módulos disponibles de frecuencia e impedancia mecánica adecuadas para:

- a) Sólidos y papillas (0,01-1,0 Hz)
- b) Líquidos (0,5-5 Hz): periodo de vida desde  $2,6 \cdot 10^{**9}$  (tipo) hasta  $3,6 \cdot 10^{**9}$  operaciones (máximo), independientemente de la frecuencia.
- c) Gases (50-1.000 Hz)

Es comestible.

Nos referimos, por supuesto, a que llevamos siglos<sup>[21]</sup> tratando de almacenar electricidad por medios químicos o físicos, con resultados limitados. Lo poco que nos queda por explorar son técnicas biológicas. Y desde un punto de vista más jocoso (o no tanto), ante la escasez del petróleo también nos vendrá bien hacernos a la idea de realizar muchos de nuestros desplazamientos en bicicleta. ¿Por qué creemos, si no, que se están construyendo tantos carriles bici en nuestras ciudades?

## **LAS RADIACIONES ELÉCTRICAS**

Ya que hemos mencionado las líneas de alta tensión, un breve apunte respecto a sus «radiaciones»: son de una longitud de onda tan larga que no tienen fácil afectarnos. Es como si dijésemos que una balsa sufre por las subidas y bajadas de la marea cuando lo que sí la puede romper es un oleaje mediano (una longitud de onda mucho menor). En otros términos, la marea es una «ola» que puede tener varios metros de altura, pero que «pasa» muy despacio, tarda unas doce horas en pasar. Es pues mucho más peligrosa una ola de medio metro de altura, pero con una longitud de la mitad del barco: medio barco arriba y medio abajo = peligro de rotura.

Para que una radiación afecte a nuestras células tendría que tener una longitud de onda parecida al tamaño de nuestras células o de nuestro ADN, y los teléfonos móviles utilizan longitudes de onda de decenas de centímetros: del tamaño de las antenas. Las líneas de alta tensión, por el contrario, tienen una longitud de onda de miles de kilómetros.

## **EL TEMOR A LO QUE NO SE VE... PERO PERSONALIZADO EN LO QUE SE VE**

Para que nos afectase una radiación, tendría que ser de una frecuencia tan alta (cuanto mayor frecuencia menor longitud de onda) y una energía tan enorme que sólo la radioactividad del uranio, plutonio y demás nos puede estropear el ADN de nuestras células con la facilidad que le achacan algunos a las líneas de alta tensión; si no fuera así, no podríamos dormir a escasos centímetros del enchufe de nuestra mesilla de noche: aunque no la veamos, la electricidad también radia desde nuestras paredes y forma un estrecho cerco de radiación incluso alrededor de nuestra cama. Sin embargo, los cables que van por la pared no los vemos y las torres de alta tensión sí llaman nuestra atención.

Las radiaciones eléctricas apenas nos afectan calentándonos (como hace

el horno de microondas) y es un calentamiento muy parecido a cuando subimos demasiado la calefacción, por lo que en líneas generales el efecto cancerígeno de las torres de alta tensión tiene mucho, si no todo, de leyenda urbana como tantas otras. Lo que sí es indiscutible es que son estéticamente repulsivas y nos estropean el paisaje.

Respecto a la alarma que genera la radiación eléctrica, recordamos que hace pocos años se dio bastante publicidad al asunto de unos casos de cáncer en niños de un colegio de una provincia española, cuyos padres, sin realizar mediciones, achacaron a unas antenas de telefonía de los alrededores. La prensa, sin discutir las conclusiones de los padres, demonizó aquellas antenas y sólo se alcanzó la paz social cuando el ayuntamiento dijo que ya estaban apagadas (no nos consta que lo estuviesen realmente).

Casi dos años después se descubrió que la empresa de limpieza del colegio había estado utilizando unos detergentes industriales durante esos años con unos productos químicos aprobados para utilización en ambientes controlados, no para que se desparramasen por los pasillos de un colegio. La propia empresa de limpieza, ante la alarma social, dejó discretamente de utilizar esos detergentes tan enérgicos y baratos y los casos de cáncer remitieron al poco tiempo. Pero eso no salió en la prensa y en estos párrafos hemos cambiado algún dato irrelevante del caso para evitarnos demandas de padres o de empresas de limpieza.

## **EL SÍNDROME DE LIPOATROFIA SEMICIRCULAR**

Hay en la actualidad otro problema sanitario relacionado con ambientes saturados de ondas eléctricas, que se manifiesta nada más que por la desaparición de la grasa de zonas muy concretas del cuerpo; no parece tener en sí mismo otras complicaciones: es una pérdida de grasa subcutánea que resulta un inconveniente sobre todo estético, porque se forman hundimientos en la piel en forma de bandas, siempre en las piernas.

Como ese fenómeno se da en edificios modernos y provistos de wi-fi y todo tipo de comunicaciones eléctricas, se está estudiando si tienen, por

cualquier camino, una relación con las radiaciones eléctricas. Desde luego, la relación estadística es innegable. No hay conclusiones todavía respecto a esto, pero nos parece muy significativo que la pérdida de grasa siempre se dé en la misma zona, aunque no en la misma zona del cuerpo, sino en la misma zona de la oficina: independientemente de la estatura de la persona las bandas siempre aparecen a setenta y dos centímetros del suelo. Casualmente es la altura de las mesas de oficina, alguno de cuyos modelos puede conducir la electricidad estática. Y hay tratamientos de adelgazamiento que, para ayudar a la pérdida de grasa, la movilizan aplicando campos eléctricos sobre la piel. Desde luego, puede ser lo mismo.

## **LAS ANTENAS DE TELEFONÍA MÓVIL**

Un último circunloquio en este desordenado arranque del capítulo dedicado a los desastres «energéticos»: las antenas de telefonía móvil.

Los que hemos vivido unos cuantos años hemos disfrutado del patético espectáculo de ver cómo la gente, en los años cincuenta, renegaba de las lavadoras porque decían que no limpiaban las camisas lo mismo que lavándolas a mano; en los primeros sesenta había vecinos que decían que no necesitaban teléfono porque para una emergencia les podían llamar al teléfono de la tienda de abajo o al de una vecina que sí tenía (hoy es difícil creerlo, pero son comentarios reales que están en nuestros recuerdos) y seguimos observando el espectáculo de diversas fobias a los rotuladores, a los ordenadores y a mil otras novedades tecnológicas. Pero la más espectacular ha sido (hasta ahora) la reacción a los teléfonos móviles.

Te miraban mal si te sonaba en el autobús, te señalaban e incluso te criticaban por ir hablando sólo por la calle, decían que jamás tendrían uno, que odiaban ser controlados a todas horas, prohibieron su uso mientras se conduce porque distraían y porque había que apartar las manos del volante (parece razonable), pero a nadie se le pasó por la cabeza que apartar las manos del volante para manejar sustancias inflamables mientras se conduce estuviese relacionado con ningún peligro, porque el tabaco no es una novedad



ni tampoco es una actividad tecnológica. Y lo peor fue la guerra a las antenas. Sobre todo porque era (y es y será) absurda. Veamos por qué.

Una antena de las que están en los tejados de los edificios emite a unos pocos vatios, los justos para llegar hasta la mitad de la distancia de la siguiente antena. Si estamos más alejados de esa distancia, es la otra antena la que nos atiende, de lo cual se deduce que si la siguiente antena está muy cerca, emite menos potencia que si está lejos. Esa es una primera razón por la que las pretensiones de vecinos poco informados de que las antenas se saquen a las afueras de la ciudad son una inutilidad (por decirlo de una manera amable), puesto que si se llevan a varios kilómetros emitirán a la potencia necesaria para que en las calles de esa ciudad siga habiendo el (pequeño) nivel de radiación electromagnética suficiente, sin cambiar nada respecto a la situación de tener la antena en el edificio de al lado; en cambio, en las afueras de la ciudad se habrá aumentado el nivel de radiación en los alrededores de esa antena.

Si hay antenas cada pocos cientos de metros (es la situación en las ciudades: antenas casi en cada manzana, pero camufladas las más de las veces en marquesinas y paneles publicitarios), la potencia a la que emiten es mínima, su alcance es de apenas unos cientos de metros, a veces apenas unas decenas de metros. Pero además, la radiación que recibimos de estas antenas, más allá de las consideraciones de las páginas anteriores sobre su carácter perjudicial o no para nuestras células, no es ni la milésima parte del electromagnetismo que recibimos cuando hacemos una llamada desde nuestro teléfono móvil: en ese caso es de nuevo una fracción de vatio lo que gasta nuestro teléfono, lo justo para llegar a la antena más próxima ahorrando batería en lo posible, pero esa potencia la emite al lado de nuestra oreja. Y, para colmo, si las antenas están lejos, el teléfono emite a mucha más potencia (y la batería dura mucho menos).

Resumiendo, en esos pueblos en los que hay una sola antena en un cerro de los alrededores los vecinos padecen radiaciones electromagnéticas en el ambiente mucho más potentes que los vecinos de ciudades saturadas de antenitas, aunque haya alcaldes que se paseen orgullosos por sus municipios presumiendo de que los han librado de antenas de telefonía.

## **PEORES SON LAS ANTENAS DE LA RADIO COMERCIAL**

También hay municipios, como el de Madrid, que tienen prohibido instalar en sus demarcaciones antenas de radio (Frecuencia Modulada [FM], Onda Media, etc.) de más de una determinada potencia. El resultado es que el paisaje de municipios cercanos como Pozuelo o Las Rozas está dominado por enormes mástiles de antenas de radio que emiten los «kilovattios» que en el municipio de Madrid se consideran perjudiciales; y los vecinos de esos municipios más permisivos pueden ver cómo algunas de sus luces fluorescentes se encienden solas (si están orientadas correctamente respecto a la antena de los alrededores) pero se organiza una protesta si descubren una antena de telefonía emitiendo un par de vatios cerca de un colegio. Resulta curioso.

## **GRANDES APAGONES ELÉCTRICOS**

El más famoso de los grandes apagones fue el de Nueva York de noviembre de 1965, pero hubo otro igual de grave en agosto de 1977, y los ha habido en los últimos años en gran parte de Canadá (los cables se rompían por el peso de la nieve y el hielo), en Moscú o en Francia. En los países en vías de desarrollo son incluso más que frecuentes, pero su impacto en la sociedad y en la economía son mucho menores porque no han llegado al grado de dependencia absoluta de las sociedades «avanzadas» respecto a la electricidad.

Se cuenta que en Nueva York nueve meses después de aquel gran apagón hubo una explosión de natalidad. Eso, si es tan cierto como algunos afirman, no fue lo más grave.

## **¿Y SI UNA MAÑANA NO HAY ELECTRICIDAD?**

Imaginemos (si no lo hemos sufrido en primera persona) que una mañana nos despertamos sin electricidad. Empezaríamos por no saber la razón de lo que ha pasado; las radios a pilas nos pondrían en contacto con algunas emisoras que tuviesen sistemas de alimentación independiente, pero es bien posible que esas emisoras tampoco supiesen mucho de lo sucedido. A las pocas horas dejaría de salir agua por los grifos, pues las estaciones de bombeo también necesitan electricidad. Las gasolineras no podrían darnos combustible, pues los surtidores son eléctricos. La comida de las neveras se estropearía y muchas familias tampoco la podrían cocinar, pues las cocinas eléctricas no funcionarían y el suministro de gas se detendría por las mismas razones que el agua. Las de gas en bombona funcionarían un tiempo, pero las factorías dejarían de suministrarlas. Y pasadas unas horas, lo peor es que seguiríamos sin tener noticias fiables de lo que ha sucedido y de si el suministro se restablecerá en minutos, en horas, en días o más tarde.

¿Podríamos traer agua en algún recipiente desde algún río cercano? Puffff. En algún momento se restablecería el suministro, recibiríamos un aluvión de explicaciones, quizá alguna de ellas sería coherente y exacta y, con toda puntualidad, los políticos prometerían hacer todo lo necesario para que ese problema no se volviese a producir. Y, a la hora de las siguientes elecciones, volverían a apretar los presupuestos para evitar subir los impuestos, las compañías eléctricas volverían a tener unos márgenes limitados, les volverían a prohibir utilizar centrales ya amortizadas y de alto rendimiento a favor de otras políticamente más rentables. Es difícil de evitar, pero en todos los grandes accidentes eléctricos se reproducen los esquemas que hemos insinuado más arriba, con cierto margen de variación en función de si las elecciones están próximas o no y, por supuesto, dependiendo del nivel cultural y la calidad de la información de la ciudadanía.



## **¿HAY QUE INVERTIR EN LAS REDES DE SUMINISTRO DE ALGO VITAL?**

Evitar los grandes apagones significa invertir grandes sumas de dinero en sistemas alternativos, implica tener la capacidad de producir toda la electricidad que la sociedad va a consumir, tener unos estudios «realistas» de las pautas de consumo futuras. En otras palabras, «ir sobrados» en cuanto a producción y distribución de electricidad, lo cual está en contraposición con los precios bajos para la electricidad y los beneficios altos para las empresas eléctricas.

Si a última hora de una mañana de verano todo el mundo enciende los aparatos de aire acondicionado mientras las fábricas todavía están activas y consumiendo electricidad y la energía eólica está en mínimos porque no hace mucho viento y las presas hidroeléctricas están ahorrando cada gota de agua por si el otoño es seco, es el momento de poner al máximo rendimiento todas

las centrales de producción de electricidad (y las nucleares tardan a veces horas en aumentar la producción).

Si es entonces cuando los responsables de la distribución de electricidad de una zona eléctrica o de un país entero descubren que tienen un par de centrales nucleares recargando combustible y que van a estar paradas varios días, es un mal momento para acordarse de que había que hacer bien los deberes a principios de temporada.

Una solución es pedirles electricidad a los vecinos, pero si es algo no planificado con suficiente tiempo puede que a los vecinos no les sobre ni un kilovatio ese día o que las líneas de alta tensión desde su zona a la nuestra ya estén saturadas y no sea aconsejable cargarlas con más amperios.

Llega un momento en que en alguna estación de transformación, o de conmutación o en cualquiera de las muchas partes de la red de distribución eléctrica en las que hay sistemas de protección contra sobrecargas, algo salta, alguna alarma hace desconectarse una parte de la red y los sistemas intentan, también de forma automática, seguir alimentando esa zona (puede ser un pueblo, un valle entero, etc.) por alguna de las líneas alternativas que ya estaban cerca del límite y que, al tener que transportar además el consumo de esa zona que se ha quedado sin su conexión primaria, también sobrepasan los umbrales de la prudencia y se desconectan, agravando el problema y haciendo cada vez más probable que las regiones vecinas se sobrecarguen. A veces han sido países casi enteros los que han caído en cascada.

## **EL PROBLEMA DE ARRANCAR DE CERO**

Evidentemente, tras un apagón hay muchos aparatos que se desconectan y cuando vuelve el suministro el consumo es menor, salvo porque otros muchos aparatos, sobre todo las luces fluorescentes pero también las televisiones, ordenadores y cualquier aparato con electrónica compleja, consumen muchísimo más durante el arranque que cuando ya llevan un rato encendidos, por lo que volver a conectar una zona cualquiera tiene su dosis de emoción, pero no es ese el principal inconveniente. Hablemos unos

párrafos de la «fase».

## **LA FASE DE LA ELECTRICIDAD**

La corriente que se suministra es «alterna»: es un voltaje que sube y baja cincuenta veces por segundo (en América sesenta veces por segundo). Y toda la red sube y baja a la vez. Pero cuando una central eléctrica se arranca, lo hace desconectada de la red y arranca bajando y subiendo a su propio ritmo, que puede no subir a la vez que la red, sino al revés; es cuestión de suerte. Para ello dispone de sistemas para monitorizar la producción y la red, retrasar la oscilación de la producción y cuando sube y baja exactamente a la vez que la red (entonces se dice que está «en fase») se conecta sin problemas. Si no se hiciera así, saltaría uno de esos chispazos que hacen explotar transformadores e interruptores con bonitos fuegos artificiales.

Lo mismo sucede cuando se interconectan dos zonas eléctricas: ambas deben estar en fase. Cuentan las leyendas que más de una vez un técnico novato, con las prisas por volver a dar servicio, y bajo grandes presiones y tensiones, ha conectado algo sin preocuparse de la fase y dio la casualidad que estaban bien alineadas. Sin embargo, lo normal en estos casos es que las dos zonas vuelvan a quedarse sin suministro y haya que empezar de cero, pero con un conmutador y un par de transformadores averiados en el momento más inoportuno.

Por eso en esas grandes averías del suministro se tarda horas y más horas en reponer el servicio. Entre otras razones porque hay que llamar a los técnicos más expertos para que lo hagan a su aire. Esperemos que para la próxima vez no hayan prejubilado precisamente a esos técnicos.

Además, las grandes centrales nucleares llevan muy mal eso de parar y arrancar. Cuando deja de salir electricidad de allí deben detenerse por completo y enfriarse por razones de seguridad (hablaremos en detalle de eso al relatar el accidente de la Three Mile Island [TMI]-2 y el de Fukushima); y después, rearrancar. A veces es una tarea de días, por lo que la red se queda con menos suministro a la hora de alimentar una zona que estaba quizá

consumiendo demasiado. Y eso suponiendo que no haya verdaderas averías, como pasó en el gran apagón de Canadá de hace unos años, en el que tenían muchas torres y cables de alta tensión rotos por el peso del hielo y la presión del viento.

## **EL TEMIBLE GRAN APAGÓN PLANETARIO**

No obstante, hay un posible panorama mucho peor que todo lo anterior. En general no somos alarmistas, pero en los siguientes párrafos no va a ser posible evitarlo.

El Sol, nuestra estrella preferida, sigue unos ciclos de mayor o menor actividad de unos once años, perfectamente visibles por el hecho de que durante su fase de mayor actividad aparecen cientos de manchas solares, esos puntos negros que se ven en las fotos<sup>[22]</sup>, mientras que en su fase de menor actividad apenas aparecen manchas. Pues bien, a mediados de 2011 nuestro adorado Sol debería estar ya cerca de su máximo de actividad y no tenía ni una mancha. Iba con más de tres años de retraso y estaba desde 2008 prácticamente «apagado».

Eso ya sucedió durante setenta años entre los siglos XVII y XVIII, de 1645 a 1715, en lo que se llamó Mínimo de Maunder, y también coloquialmente Pequeña Edad de Hielo, con efectos hasta los primeros años del siglo XIX, época tras la que se tomaron las fotos más antiguas de los glaciares y que se utilizan ahora para demostrar que estamos entrando en una época especialmente cálida. El cambio climático es un hecho incontestable y hay que hacer todo lo posible por evitarlo, pero a la hora de «cuantificarlo» hay que tener en cuenta muchas variables, y ese anormal período frío y sus causas son una de ellas.

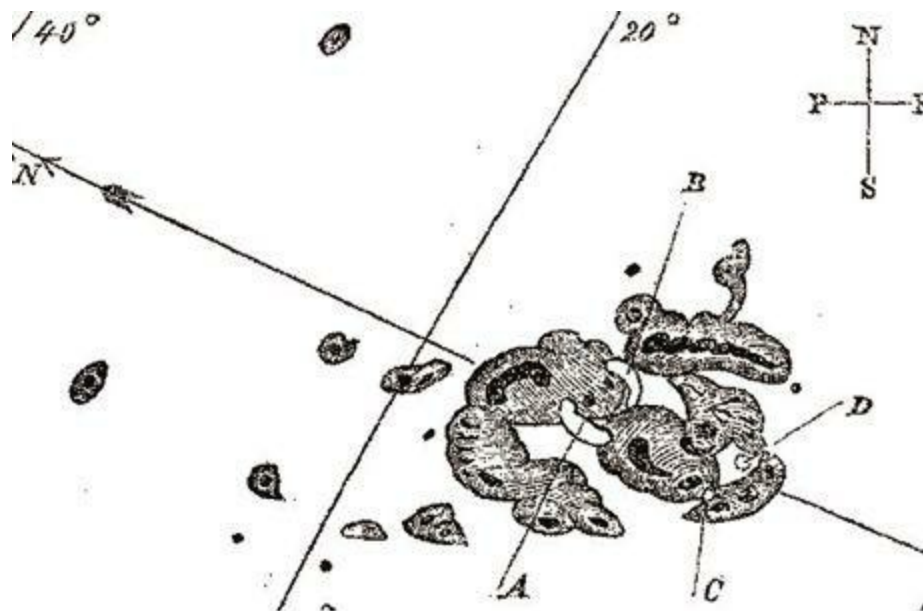
Los satélites de vigilancia solar (otro de esos programas espaciales que cuesta mucho mantener activo en épocas de restricciones presupuestarias) han detectado que las manchas, que se producen sobre todo cerca del ecuador solar, tienen su origen en unas corrientes profundas que nacen en los polos solares durante el máximo de su ciclo de once años y van descendiendo

durante una década para dar lugar a las manchas del siguiente máximo solar. Pues bien (o, mejor dicho, «pues mal»), en el máximo de 2012, cuando por fin estaban apareciendo un número apreciable de manchas a lo largo de 2011 y principios de 2012, no se detectaron las corrientes polares, al igual que no se detectaron a lo largo de 2001, por lo que la conclusión que se saca es que en el máximo de 2023 es muy probable que sigamos con un déficit de manchas solares.

Y no es una cuestión estética; igual que en los adolescentes, el acné solar es síntoma de su nivel de actividad y, desde 2008 en adelante se ha detectado una disminución de la radiación solar; apenas un 0,3% según algunos estudios, pero es una cifra importante. En otras palabras, es lejanamente posible que estemos entrando en un período algo más frío por causa de la menor actividad del Sol, pero eso no es lo preocupante, todo lo contrario: sería providencial, pues si el Sol se enfría un poco nos ayudaría mucho a soportar el cambio climático que estamos provocando por la quema de combustibles fósiles, y si dura otro medio siglo como el anterior, es posible que para cuando acabe hayamos aprendido a portarnos como es debido con nuestro único planeta disponible.

Lo preocupante es otra cosa. Según la mayoría de los teóricos del comportamiento solar es posible que durante los próximos máximos de actividad solar, el de 2012 o 2013 y los siguientes cada once años, las fulguraciones que emita el Sol de vez en cuando sean especialmente virulentas. Ya ha habido una de un tamaño nunca visto en 2011 y en 2010 ya se ha producido algún apagón regional en el norte de México y California coincidiendo con una llamarada solar especialmente virulenta.





Dibujo de Carrington. Este es el dibujo que el propio Carrington hizo de las manchas solares que produjeron la gran fulguración del siglo XIX.

## LA OCASIÓN EN QUE SE ESTROPEARON TODAS LAS REDES DEL PLANETA

En la segunda mitad del siglo XIX una de esas tormentas solares estropeó la red de telegrafía de Estados Unidos que, por cierto, era la única red importante del mundo en ese momento. En otras palabras: estropeó todas las grandes redes del mundo. Se conoció como «El evento Carrington».

¿Qué pasaría si en 2012, 2013 o 2023, o cuando toque nos alcanza una tormenta especialmente potente? Ojalá no sea así, pero existiría alguna posibilidad de que las redes de transmisión de alta tensión sufriesen un fuerte exceso de voltaje que estropease unos cuantos miles de transformadores por todo el mundo. Es posible que nos quedásemos sin electricidad, que no hubiese transformadores de repuesto suficientes y que hubiera que ponerse a producirlos sin corriente eléctrica en las fábricas. Mejor no imaginar lo que podría eso suponer a escala planetaria.

## **Capítulo 25. ¿Cómo es una central?**

Salvo en el caso de las fotovoltaicas, una central eléctrica siempre tiene una parte mecánica destinada a producir un movimiento (un motor de gasoil, por ejemplo) y otra parte eléctrica que aprovecha ese movimiento para producir electricidad (un alternador, por ejemplo).

### **EL LADO ELÉCTRICO**

En el lado eléctrico hay una dualidad práctica: los «alternadores» tienen muy buen rendimiento global y proporcionan corriente alterna, muy fácil de transformar en alta o baja tensión para el transporte y el consumo, aunque hay casos en los que en su lugar se utilizan «dinamos», que producen corriente continua, la cual, pese a ser mucho más difícil de transformar (para pasar de los voltajes altos o muy altos, adecuados para el transporte, a los 220 V del consumo doméstico), tiene ventajas en el transporte a grandes distancias, sobre todo mucho menores pérdidas por radiación.

### **EL FAMOSO EDISON PERDIÓ, EL EXTRAVAGANTE TESLA GANÓ**

En el origen de la historia de la utilización de la electricidad ya compitieron dos de los mayores genios inventores de la historia reciente: Thomas Edison, partidario de la utilización de la corriente continua en la

distribución eléctrica, y Nikola Tesla, con sus propuestas de corriente alterna. Tesla trabajó por un tiempo para Edison, que opinaba que su empleado era muy trabajador pero que sus ideas no tenían aplicación práctica y por eso Edison perdió, y perdió mucho dinero, porque la corriente continua, como acabamos de decir, sólo tiene ventajas en la transmisión a muy grandes distancias<sup>[23]</sup>.

Edison vendió sus patentes a una gente de Schenectady, un pueblo de Nueva York y esa empresa hoy se llama General Electric Co., pero ahora todos tenemos corriente alterna en nuestras casas porque Tesla, que le vendió sus patentes a otra empresa, la de un tal George Westinghouse, tenía razón y sus ideas eran muy prácticas, como el fluorescente, la radio (cuya invención se adjudicó al principio a Marconi, pero finalmente se reconoció que Tesla había publicado esas ideas antes que el italiano), el mando a distancia vía radio, la teoría del radar y unos cuantos más.

Entre tanta genialidad Tesla también «dio a luz» otros inventos extravagantes que cimentan su aureola de chiflado como, por ejemplo, un aparato para comunicar con los extraterrestres (recibió un mensaje de Marte cuando lo probaba en Colorado), el «Rayo de la Muerte», que derribaba aviones a cuatrocientos kilómetros de distancia o un generador de terremotos que se fue al campo a probar para no destruir Nueva York. Pero aparte de esto, casi todo lo que hoy comercializa General Electric Co. está basado en las patentes de Tesla, no en las de Edison.

Volviendo a las centrales eléctricas, en el lado en el que se produce la electricidad, ya sea por alternadores o por dinamos, lo más grave que puede pasar es que salten chispazos. Pueden matar a todo el que esté cerca u ocasionar un incendio grave, y si lo que sucede es que revienta un transformador, puede que alguien se entere de que están contruidos y rellenos de sustancias bastante tóxicas. Sin embargo, para la mayor parte de la «opinión pública» serían unos «chispazos», conceptualmente no muy distintos de los del enchufe de casa, por lo que se entenderían como un accidente más o menos grave y por su proximidad a lo cotidiano generarían muy poca alarma.

Es el mismo caso de un accidente de coche, que es algo triste e incluso

trágico, pero que no suele generar un cambio de legislación o, siquiera, de comportamiento de los conductores. Mientras tanto, un accidente aéreo, incluso de un helicóptero, aunque no cause víctimas, obliga a una exhaustiva investigación de lo sucedido y muchas veces a una recomendación de modificaciones a la normativa de seguridad de esos vehículos o, en ocasiones, a una disminución apreciable de la ocupación de las líneas aéreas si el accidente ha tenido muchas víctimas o se ha publicitado con intensidad informativa.

## **EL LADO MECÁNICO DE LAS CENTRALES ELÉCTRICAS**

Salimos ahora, pues, de la zona eléctrica de las centrales, más comprensible para la mayoría, y entramos en la que suele dar más que hablar.

En el lado mecánico de las centrales eléctricas la variedad de soluciones es mucho mayor, con su correspondiente diversidad de problemas y riesgos. Antes de entrar en su descripción, pongamos unas cifras que por su simplicidad dan una imagen inmediata de la situación, pero que, por la misma simplicidad, se podrían matizar hasta la náusea: el «precio» de la electricidad producida. Lo ponemos sólo para dar una idea del orden de magnitud de las diferencias.

La primera tabla se refiere a precios de 2008 en el mercado español peninsular y es el precio medio del megavatio/hora:

|                      |       |
|----------------------|-------|
| Conjunto del mercado | 60 €  |
| Eólica               | 110 € |
| Fotovoltaica         | 420 € |
| Nuclear              | 30 €  |

Por supuesto, hay muchas cifras disponibles, evolucionan en el tiempo y no todas coinciden. Por ejemplo, en 2009 (Fuente: periódico *El País*), se daban estas otras:

|                 |      |
|-----------------|------|
| Nuclear         | 35 € |
| Eólica          | 70 € |
| Ciclo combinado | 60 € |

También habría que deslindar de estos costes las subvenciones nacionales o locales a determinadas tecnologías, por ejemplo, pero la imagen general muy clara es que el precio medio del conjunto del mercado está determinado, sobre todo, por las centrales térmicas de gas/petróleo/carbón, que son mayoritarias en España; que la nuclear es la económicamente más rentable, y que la eólica tiene un coste todavía superior a la producida en centrales de ciclo combinado cuyo precio, con el tiempo, irá subiendo a la par que lo haga el precio del petróleo, gas, etcétera.

Vamos ahora a trazar una somera comparación de las distintas tecnologías de producción de electricidad, con la idea clara de que cada una de ellas tiene ventajas y desventajas (todo tiene un precio).

## EÓLICAS

Cuando el lado mecánico de la central se impulsa con el viento (las centrales eólicas, quizá las más inocuas de todas), las aspas de los molinos de viento son un peligro para las aves y la inversión en terrenos y torres se ve escasamente recompensada por la cantidad de energía que producen y lo errático de su rendimiento, que hace imprescindible otro tipo de centrales para «garantizar», en los momentos sin viento, el «total» del consumo.

## **EL PROBLEMA DE LAS CENTRALES IMPREDECIBLES**

Esto último es muy importante: ningún país puede aspirar a obtener la mayor parte de su energía del viento (o el sol) sin asumir que puede haber días, incluso semanas, sin corriente eléctrica en los hogares y fábricas. Por ello, por mucho que se invierta en este tipo de energías (inversión indudablemente provechosa en términos ecológicos), siempre tendrá que haber, además, otro tipo de centrales eléctricas disponibles y en una cantidad que garantice el total de la demanda.

Por poner un ejemplo numérico, si un país (o región, o zona eléctrica) consume cien gigavatios y planifica que el 50% de su energía tendrá origen eólico (o hidráulico o de otro tipo), deberá construir centrales eólicas para suministrar cincuenta gigavatios o más y, además, mantener centrales eléctricas de otro tipo (carbón, gas, petróleo, nuclear, etc.) para suministrar el total de cien gigavatios cuando no haya viento y sólo cincuenta gigavatios cuando sí lo haya. Sus instalaciones estarán dimensionadas para suministrar hasta ciento cincuenta gigavatios si hiciera falta algún día, pero la mayor parte del tiempo la mitad de sus instalaciones no eólicas estarán paradas y todo eso supone un coste que hay que repartir entre el conjunto de los consumidores.

Por supuesto, cuando se trabaja con grandes cifras se puede suponer que, estadísticamente, es muy difícil que todos los aerogeneradores estén parados a la vez, y apoyándonos en esa genial idea relajar un poco los requisitos, manteniendo nada más que ochenta gigavatios no eólicos disponibles (por ejemplo), pero esa forma de hacer las cosas, estadísticamente también, lleva a que algún día, cada pocos años, la sobrecarga del consumo produce esos espectaculares apagones que dejan una región entera sin electricidad durante largas horas.

Un dato: en España, el 16 de mayo de 2009 había dieciséis mil megavatios eólicos instalados y, en pleno anticiclón, sólo produjeron trescientos en todo el día.

## **PRESAS HIDROELÉCTRICAS (O NO)**

En las centrales hidráulicas, el movimiento mecánico se consigue dejando caer agua desde un depósito superior (presa, río de montaña, etc.) hacia el cauce inferior a través de una turbina. Aparte de las consideraciones ambientales relacionadas con la limitada disponibilidad de agua, están también los cambios en los ecosistemas, a veces terribles, para las especies que pueblan los ríos, o la destrucción de muchas hectáreas de terreno para la construcción de bonitos lagos artificiales (bonitos, pero estériles en la mayoría de los casos) y que dan lugar a interminables demandas que afectan a sociedades rurales enteras. ¿Se acuerda alguien de Riaño<sup>[24]</sup>?

En resumen, los peligros de esta tecnología, aparte de perder la productividad agrícola de grandes extensiones de terreno, se limitan a la posibilidad de que la presa se colapse, lo que suele tener consecuencias fatales para las poblaciones de bastantes kilómetros río abajo. De nuevo, es un peligro fácil de comprender, y suele ocasionar una razonada oposición social que se termina plasmando en planes de alarma, de evacuación o de compensación por los riesgos y no llega judicialmente más lejos, aunque se prolongue en el tiempo.

Porque esta tecnología tiene una característica que le es propia: una central eólica se puede dismantelar, una térmica se puede apagar e incluso desmontar, pero una hidráulica determina el paisaje para muchas generaciones (la presa Proserpina, en Mérida, data de finales del siglo I) y, para colmo, el resultado es bonito, bucólico; no parece que nada malo pueda provenir de un lago tranquilo rodeado de campos fértiles, pero...

## **LAS GRANDES PRESAS ENCOGEN Y SE DILATAN CON LAS TEMPERATURAS**

En la Comunidad de Madrid más o menos la mitad del agua potable que

se distribuye proviene del embalse del Atazar, en el norte de la región, un enorme lago artificial rodeado de montañas cuya contemplación produce paz y permite a los excursionistas de fin de semana volver el lunes a sus trabajos con la sensación de haber pasado un día en la naturaleza. Lo que no saben es que si la presa del embalse se rompiese, la inundación llegaría a las principales avenidas de la capital, y esa posibilidad no es demasiado remota.

Por ejemplo, si se mira con atención, se puede ver que la propia presa tiene varias pequeñas grietas por las que rezuma el agua, a veces (sobre todo en invierno) con un caudal apreciable. Tuvo que ser reparada poco después de su inauguración con resinas específicas y se realiza un seguimiento continuo del estado de la estructura: dentro de la masa de hormigón posee multitud de sensores que fueron dejados allí durante el proceso de construcción y cuyos cables acaban en paneles que muestran las presiones y tensiones de cada punto y son vigilados en todo momento. Las grietas en una obra de ese tamaño no son buenas, aunque tampoco son fáciles de evitar por completo.

Pero no es ese el detalle más preocupante de la presa del Atazar, pues casi todas las grandes presas tienen alguna grietecilla. A cualquiera que se acerque al embalse del Atazar al final de un invierno lluvioso le puede extrañar que no esté lleno hasta rebosar.

—¿No es esta presa para almacenar el agua del invierno y que la bebamos en el verano?

—Sí, para eso se construyó.

—Pues entonces debería llenarse con las lluvias del invierno, ¿no?

Pues sí, pero sólo se puede llenar del todo a partir de la primavera, porque en invierno, con las bajas temperaturas, la enorme bóveda de hormigón que se apoya en las paredes del valle para sujetar la masa de agua está fría, contraída, encogida, y no apoya con la fuerza necesaria en los laterales: cada año hay que esperar a que suban las temperaturas, se dilate y se encaje con fuerza en las laderas de los montes de los lados para sólo entonces dejar que almacene las lluvias de primavera y, si son abundantes, se llena; si no, mala suerte.

En enero de 1959 en Ribadelago, provincia de Zamora, no se tuvo esa



precaución (presa fría, pero llena hasta el borde en una noche muy lluviosa) y la presa, construida con materiales de baja calidad, reventó llevándose por delante casi todas las casas (habitantes incluidos, por desgracia) hasta el lago de Sanabria, que absorbió el envite amortiguando el efecto río abajo. La (media) presa que quedó en pie es hoy un curioso y terrible monumento en mitad del valle.

En el Atazar se reforzaron los laterales con más hormigón y, en una presa que se hizo de bóveda para ahorrar este material, en el margen izquierdo se tuvo que utilizar diez veces más hormigón que en la propia presa. Por cierto, es la última que inauguró Francisco Franco (en 1972).

## **LAS GRANDES PRESAS NECESITAN ESTAR SIEMPRE ATENDIDAS**

En el extremo contrario, tampoco es aceptable dejar que el Atazar se vacíe por completo puesto que es una presa «de bóveda», un arco pensado para sostenerse frente a la presión del agua que lo empuja (brutalmente) «desde atrás», para lo cual ese arco de miles de metros cuadrados está incluso inclinado hacia «atrás» (hacia donde le viene el empuje del agua) para aprovechar su peso en la tarea de resistir la presión. Lo malo sería que ese empuje desapareciese: si una presa de bóveda se vacía del todo, el hormigón deja de estar «comprimido» por el agua y pasa a estar «colgando» sobre el cauce; y el hormigón trabaja muy bien en compresión, pero muy mal en extensión. Todos intuimos que si nos apoyamos en una columna de hormigón, el material reacciona de manera muy diferente a si tirásemos de esa masa de hormigón hacia arriba: casi vemos surgir las grietas.

Si una presa de ese tamaño por tanto se vacía, le salen grietas. Y si se llena del todo cuando está fría, hay riesgos de que los montes de los lados no tengan la resistencia suficiente como para no evitar las filtraciones y estas crezcan de manera catastrófica.

A pocos kilómetros de la del Atazar está la presa de la Oliva, construida en el siglo XVIII con unas pocas decenas de metros de altura y anchura y que

resultó un fracaso por presentar más o menos los mismos problemas que la del Atazar sin que las técnicas de aquella época permitieran resolverlos y, en algún caso, ni siquiera diagnosticarlos correctamente. Fue abandonada al poco de terminarse por exceso de filtraciones y ahora su única utilidad es como trampolín para los jóvenes que se bañan en el pequeño lago que suele quedar a sus pies durante el verano.

Pero el Atazar no es como la Oliva: una presa gigante no es una masa inerte que pueda dejarse descuidada. Si dejásemos de mantenerla, seguramente habría que dinamitarla para evitar que unos pocos años después, durante algún invierno muy lluvioso, la ciudad de Madrid (y todo lo que hubiere en los sesenta kilómetros antes de llegar a la capital y quién sabe cuántos más cauce abajo) fuese borrado del mapa en un desastre que, en conjunto, no tendría mucho que envidiar a una explosión nuclear.

## **SOBRE TODO EN DÍAS DE TORMENTA**

La primera catástrofe que en España se recuerda si hablamos de presas rotas es la de Tous, que en Valencia provocó inundaciones y muertes cuando en una noche de «gota fría» de 1982 se desbordó. Sin embargo no fue un problema tecnológico sino de grave irresponsabilidad por parte de algunos funcionarios, que no advirtieron correctamente del riesgo meteorológico y no destinaron personal de guardia que pudiese abrir las esclusas de la presa por la noche (a nadie le gusta ese turno) pese a ser octubre la temporada de máximo riesgo: la presa, de piedras sueltas y arena, se desbordó por arriba y el agua fue abriendo un surco que con el aumento del caudal crecía peligrosamente.

## **LAS PRESAS CAMBIAN LA GEOLOGÍA A SU ALREDEDOR**

Desbordarse o romperse no son las únicas maneras en que una construcción de ese tipo puede hacer daño, incluso sin necesidad de saltar a

las portadas de los periódicos. Por ejemplo, en la soleada California, la mayor parte del agua potable y no poca energía la produce la presa Hoover, una inmensa masa de agua a cientos de kilómetros de Los Ángeles, construida en una zona famosa por sus terremotos y sus fallas subterráneas que separan placas tectónicas cuyo movimiento hay que vigilar muy de cerca. En esas fallas los movimientos telúricos del terreno hacen que una placa se desplace unos centímetros cada pocos años, pero que se enganche con otra durante un tiempo, a veces siglos y, cuando la tensión es excesiva o ambas se desenganchan de repente por cualquier motivo, se produzca otro terremoto.

Pues bien, la presa Hoover, con sus kilómetros cúbicos de agua concentrada en unos cientos de kilómetros cuadrados, ha hecho que las filtraciones y las corrientes subterráneas aumenten y sigan caminos hasta ahora inéditos, incluso a través de las propias fallas, las cuales resultan lubricadas de forma diferente a como lo estaban antes y, como consecuencia, han producido un espectacular aumento en el número de microterremotos en la zona.

## **Y LA BIOLOGÍA**

En el otro extremo del mapa, tanto desde el punto de vista geográfico como desde el social y político, la presa de Asuán, en Egipto, produce más de dos gigavatios de potencia eléctrica y ha eliminado, parece que para siempre, los ciclos de inundaciones y sequías del valle del Nilo; pero también, aparte de tener que trasladar importantísimos monumentos de la Antigüedad egipcia, ha provocado la proliferación de mosquitos hasta la náusea y que muchas especies, por el contrario, se hayan visto empujadas hacia la desaparición, tanto en el río como en el delta, pues el descenso neto de caudal (ahora se aprovecha casi todo lo posible para riego) ha hecho que el delta se vea invadido por el Mediterráneo de forma constante y su salinidad ha acabado también con los cultivos de una extensa zona alrededor de la otrora fértil Alejandría. Para colmo, durante la última guerra entre Egipto e Israel se temió que se considerase la presa como objetivo militar, pues una bomba

nuclear podría haberla destruido.

## **Y CONVIERTEN EN BARRO LOS CIMIENTOS DE LAS MONTAÑAS**

Incluso a veces, sin necesidad de guerras, lo que sucede es algo violento y que llega al nivel de tragedia. Justo cien kilómetros al norte de Venecia, cerca de Codissago, se construyó en los años cincuenta y sesenta la presa de Vajont, una preciosidad de más de doscientos metros de altura encajada entre laderas escarpadas. El problema allí fue, sobre todo, que al llenarse el embalse (por tercera vez: hicieron varias pruebas llenando y vaciando por completo el embalse y eso empeoró el problema) el aumento de la humedad en las laderas provocó un deslizamiento gradual del monte Toc (*toc*, en el dialecto de la zona, quiere decir ‘trozo’: algo disgregado y suelto).

La noche del 9 de octubre de 1963, justo cuando el Real Madrid estaba marcando un 6 a 0 al Glasgow Rangers en la copa de Europa, y con todos los vecinos pegados a las pocas televisiones que había, el deslizamiento de tierras se aceleró hasta adquirir proporciones monstruosas: fue tal el volumen de barro y rocas desmoronándose que en unos cuarenta y cinco segundos llenó el embalse avanzando a ochenta kilómetros por hora. El agua saltó valle abajo en una ola de doscientos cincuenta metros de altura que es fácil suponer que causó muy graves destrozos en Codissago y más allá. Pero es que incluso el viento que levantó provocó daños en los alrededores. Hubo cerca de dos mil muertos.

Como siempre, si se analizan las cosas después de la catástrofe aparecen multitud de síntomas de que era inevitable. Por ejemplo, años antes de la tragedia una periodista fue formalmente acusada en un juicio por alarmismo y varios otros pecados porque decía que aquello podía suceder; en el juicio fue declarada inocente porque sus afirmaciones y conclusiones eran exactas y, sin embargo, pese a decirlo un juez no se hizo gran cosa por resolver el problema.



La presa de Vajont, justo después de la catástrofe.

Se planificó incluso un túnel bajo la montaña que después se desplomó, con la intención de drenar la humedad y que, una vez seca, se mantuviese estable, pero aquello no acabó bien. Se llegaron a fotografiar grietas de cientos de metros en el monte pero no se desalojó a la población río abajo porque, simplemente, no se concebía que el desastre alcanzase tamaña magnitud. Curiosamente, la propia presa de Vajont resistió el impacto aunque, evidentemente, llena de piedras ya no produjo electricidad.

## **QUITARON UN MAR DE LA GEOGRAFÍA DE ASIA**

¿Más problemas de los que podamos culpar a las presas? Sí, por supuesto: tienen la culpa de que el mar de Aral haya desaparecido de los mapas.

El mar de Aral era uno de los mayores del planeta. No era muy profundo, pero sí tan extenso como para que junto con el mar Caspio lo tuviésemos que estudiar cuando tocaba la geografía de Asia, aunque el Baikal, pese a sus mil setecientos metros de profundidad, a sus misteriosas focas y a almacenar casi un cuarto de toda el agua dulce del planeta se quedaba en la categoría de «lago».

En las aguas del Aral navegaban flotas enteras de pesqueros que mantenían una potente industria de conservación de pescado que se exportaba a todo el mundo socialista, pero sus alrededores eran bastante estériles. Lo

alimentaban los ríos Sir Daria (el más largo de Asia Central) y Amu Daria, alimentados ambos desde lejos por las nieves de las últimas estribaciones occidentales del Himalaya.

Pero a mediados del siglo XX a los responsables de la economía centralizada de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas se les ocurrió una idea faraónica y aparentemente brillante, muy del estilo de tantas otras iniciativas que surgen en despachos poblados por políticos profesionales, menos preocupados por la opinión de los técnicos independientes que de tener ocasión de hacer declaraciones espectaculares en la prensa. La idea fue utilizar de forma intensiva el caudal de los ríos Sir Daria y Amu Daria para irrigar campos de algodón y, de paso, las presas que había que construir para esos regadíos podrían producir una interesante cantidad de electricidad que terminaría de llevar esos territorios hasta la era industrial.

La idea no era mala y, de hecho, en esas zonas de Uzbekistán y Kazajistán se produce ahora una importante cantidad de algodón. Lo malo es que casi nada es gratis y la utilización de tanta agua en regadíos, que se evaporaba en los campos antes de llegar al mar de Aral, hizo que el nivel de este descendiese unos veinte metros en pocas décadas.

El resultado (aparte de las toneladas de algodón y los kilovatios de electricidad, por supuesto) es que el mar de Aral ha pasado de tener sesenta y ocho mil kilómetros cuadrados en 1960 a sólo veintiún mil en 2010, que el clima de la zona ha pasado a ser muy acusadamente continental, con primaveras y otoños casi indetectables, que han aumentado las tormentas de arena, que enfermedades como el asma, la bronquitis, el cólera, el tifus o la gastritis han brotado en la zona con la fuerza de epidemias y, sobre todo, que la pesca casi ha desaparecido, con especies enteras exterminadas por la disminución de la superficie y cuadruplicación de su salinidad y concentración de metales pesados.

En los últimos años de la Unión Soviética, en un intento de mantener viva la industria conservera de la zona, se organizó todo un sistema de transporte específico para llegar hasta el centro de las llanuras de Asia Central con trenes de pescado desde el mar Báltico, con el fin de que, en lo que unos años antes era la orilla del mar de Aral lo metieran en latas de conserva.

Obviamente, ese patético intento de decir «aquí no pasa nada» no sobrevivió al colapso del comunismo en la zona y ahora lo que nos llega de allí, además de algodón para nuestros pantalones vaqueros, son espectaculares fotos de grandes barcos varados en mitad de una inmensa llanura desértica donde ningún otro síntoma nos hace sospechar que allí hubo una vez un mar.

También en España, por cierto, las presas que se construyeron para regular el cauce del Guadalquivir causaron que a mediados del siglo XX se extinguiese una especie curiosa, valiosa e irrecuperable: el esturión del Guadalquivir que, aunque no daba un caviar tan famoso como el del Volga, supone una pérdida que también puede calificarse como desastrosa.

## **COMBUSTIBLES FÓSILES**

En las centrales eléctricas movidas por carbón, gas o petróleo, como es fácil comprender, el movimiento se obtiene en la parte mecánica de la central por medio de un motor. No debemos, sin embargo, imaginar un motor diésel gigantesco: lo habitual, para las potencias requeridas, es que el combustible mueva una turbina más o menos parecida a los motores de aviación o, sobre todo en el caso del carbón, se caliente agua hasta obtener vapor y sea ese vapor el que, a gran presión, mueva la turbina.

En las centrales de ciclo combinado lo que sucede es que se utilizan las dos técnicas a la vez: queman gas para acelerar una turbina y el calor resultante lo utilizan para producir vapor y mover con él otra. Son las más eficientes: es como si aprovechásemos el calor del tubo de escape de nuestro coche para obtener más potencia, pero en el caso de motores que llenan edificios enteros, el «tubo de escape» tiene más calor que el de nuestro coche.

Las centrales movidas por carbón, petróleo o las más optimizadas de ciclo combinado son, de forma obvia, unas de las mayores contaminadoras del planeta y las causantes de una parte muy significativa del efecto invernadero y el cambio climático.

## CONTAMINACIÓN DE NIVEL INDUSTRIAL

Por poner un ejemplo, en Europa quizá la industria concreta e individualizada más contaminante (para la atmósfera) ha sido en los últimos tiempos la central eléctrica de Andorra, una población de Teruel. Pensada para ser cargada de carbón sudafricano con una pequeña mezcla de carbón asturiano, hasta tal punto es significativa su contribución a la lluvia ácida centroeuropea que cuando cambia la composición del carbón con que se alimenta (por problemas de suministro o para ahorrar en las importaciones energéticas) y se aumenta el porcentaje de carbón asturiano (mucho más cargado que el carbón sudafricano en cuanto a azufre y otros contaminantes) quienes lo detectan y levantan la protesta son los servicios medioambientales suecos o alemanes, que es donde la lluvia suele hacer caer los azufres y dioxinas generados en Teruel.



Este es el aspecto que tiene en Google la central de Andorra (Teruel). Las tres chimeneas más gruesas son inofensivas: sólo sale vapor de agua; la chimenea estilizada y más alta es la causante de muchos problemas medioambientales a lo largo de toda Europa.

A estas emisiones y al dióxido de carbono hay que añadir las de dióxido sulfúrico, óxido de nitrógeno, ácido hidrocórico y componentes de manganeso y de arsénico, entre otros veinte subproductos nocivos para la



salud.

Pero para colmo, las miles de toneladas de carbón que allí se queman a lo largo de los meses contienen una pequeña dosis de radioactividad (como cualquier material de la naturaleza) y la suma de los elementos radioactivos vertidos a la atmósfera sólo en esa central eléctrica turolense superan en mucho la de todas las centrales nucleares de la península ibérica en el mismo período. Pero esa radioactividad, como no procede de una central nuclear, no alarma a nadie pese a que unos isótopos radioactivos son igual de dañinos que otros, puesto que son los mismos independientemente de cómo los soltemos a la atmósfera.

## **CON EL TIEMPO DESAPARECERÁ EL PROBLEMA... Y LA ENERGÍA DISPONIBLE**

Por otro lado el combustible necesario para las centrales eléctricas no va a estar disponible mucho tiempo, salvo en el caso del carbón (unos doscientos años durarán las reservas de carbón conocidas); en el caso del gas se empezará a agotar, previsiblemente, entre 2050 y 2075 y el petróleo quizá escasee antes. Aunque es difícil predecir el grado de utilización de las reservas cartografiadas, pues siempre hay alguien que confía en que se seguirán descubriendo nuevas bolsas de gas o petróleo de forma indefinida.

En 2010 una compañía española hizo mucha publicidad del descubrimiento de un nuevo yacimiento en la costa de Brasil, el mayor descubrimiento de los últimos años, con millones de barriles, etc. Eso está muy bien para varias cosas, entre otras para que suba la cotización de las acciones de esa petrolera (para eso hacían tanta publicidad y, por supuesto, consiguieron subir en la Bolsa); pero si analizamos las cifras, ese gran descubrimiento, el mayor en mucho tiempo, sólo alarga «un año» el reinado del petróleo en este mundo cada vez más «civilizado»: haría falta un descubrimiento así de excepcional «cada año» para poder mantener el consumo sin agotar las existencias.

El asunto es más complejo en el caso del carbón, porque no se puede

saber quién ganará el conflicto entre los que proponen quemar la menor cantidad posible de carbón, por fundamentadas razones ecológicas, y los gobernantes de países emergentes como China e India, con grandes reservas, enormes necesidades energéticas y una tentación irresistible de aportar prosperidad a sus ciudadanos (unos dos mil quinientos millones entre los dos países) a costa de que sean los países ricos los que inviertan grandes sumas en disminuir sus vertidos de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. En 2011 los planes energéticos chinos incluían poner en marcha centrales como la de Andorra al monstruoso ritmo de una por semana.

En los años setenta del siglo XX era todavía corriente en España que las fábricas, y no sólo las químicas, vertiesen a la atmósfera sus gases más tóxicos sin otra precaución que hacerlo de madrugada y advertir a la población de que no circulase por los alrededores más allá de la medianoche. Es de imaginar que los países que ahora vierten ingentes cantidades de CO<sub>2</sub> a la atmósfera vayan adquiriendo con los años una conciencia ecológica más consistente, al igual que va sucediendo en el mundo occidental.

## NUCLEARES

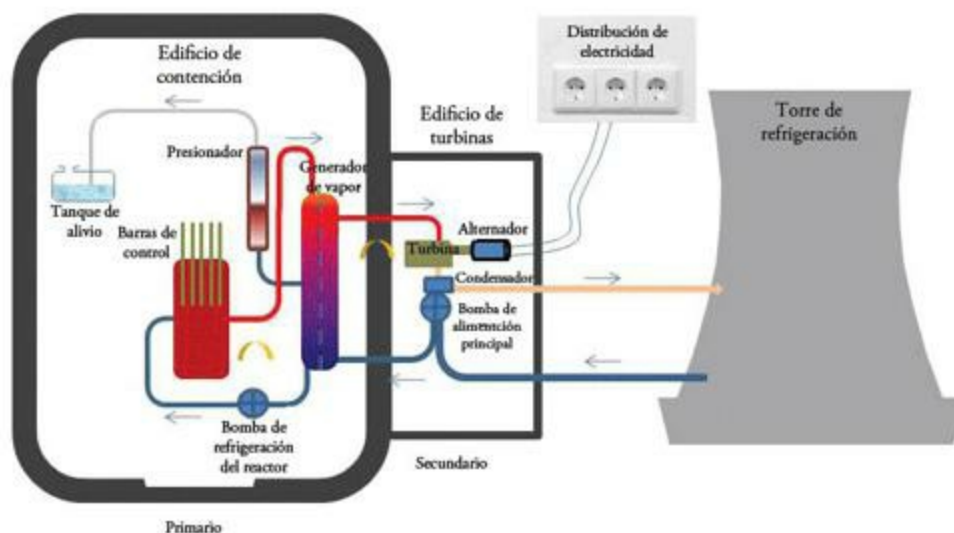
Y llegamos a las centrales nucleares. En primer lugar hay que entender que estas tienen una potencia por lo general mucho mayor que las alimentadas por carbón, gas o petróleo, que a su vez son mucho mayores (por el momento) que las eólicas o hidráulicas. Ese gran tamaño es, en sí mismo, un rasgo importante.

Desde un punto de vista esquemático, no son más que una central eléctrica en la que el movimiento mecánico se produce con una máquina (una turbina) de vapor que se obtiene de una olla a presión, que produce ese vapor aprovechando el calor de las reacciones nucleares en lugar de quemando combustibles químicos. Pero tiene unas cuantas peculiaridades. Para empezar es una olla enorme. En la mayoría de las centrales nucleares la «olla» tiene varios pisos de altura.

## **HAY QUE SEPARAR LO DE DENTRO Y LO DE FUERA**

Pero además, y sobre todo, lo que hay dentro de la olla es radioactivo, lo cual quiere decir que es algo que, en dosis por encima de ciertos niveles (y allí dentro está muy por encima de esos niveles) resulta mortal. Como consecuencia de ello es bueno controlar muy bien lo que está dentro y, en lo posible, separarlo muy claramente de lo que está fuera de la olla, y nunca dejar que lo de dentro salga para nada.

Pero esa olla, que se suele llamar «la vasija», tiene que producir vapor, y ese vapor mover una dinamo o un alternador. Ya que no se puede sacar fuera el vapor que se produce dentro, una opción podría ser meter la turbina y la dinamo dentro y que de la olla sólo saliesen los cables eléctricos con la electricidad. Así se hace en algunos casos. Pero las presiones, las temperaturas del interior de la vasija y la corrosión derivada de esas presiones y temperaturas convierten en poco recomendable hacer trabajar equipos complejos en el interior, por lo que lo normal es que en el interior sólo quede el núcleo (nombre formal con que se suele denominar a la parte de la «olla» en la que reacciona el combustible nuclear, el uranio o plutonio), que produce una enorme cantidad de calor, el cual calienta agua que circula y se lleva de allí el calor. El agua suele tener además la tarea de «frenar» los neutrones para que sean útiles en la reacción atómica; pero eso lo aclararemos mejor al hablar del accidente de Chernóbil para no alargar en exceso esta introducción.



Luego, con esa agua muy caliente, se calienta otro circuito de agua, que se vaporiza, pero que no ha estado nunca dentro de la vasija y que, por lo tanto, no ha recibido radiaciones y es inocua (salvo por la temperatura).

Hay un intercambio de calor entre el primario (el circuito de agua que ha circulado por el núcleo, del que sale a unos 325° C) y el secundario (el agua calentada por el agua del primario), cuyo vapor mueve la turbina; pero, salvo que las cosas vayan escandalosamente mal, el secundario está limpio e impoluto de radioactividad. Y la electricidad que sale de allí es indistinguible de la obtenida por cualquier otro medio.

## MUCHA ENERGÍA QUE SE CONFÍA EN QUE SALGA DE ALLÍ

En una simplificación muy llamativa, en la línea de la famosa frase que afirma que «la energía ni se crea ni se destruye, tan sólo se transforma», hemos convertido radiación en calor, calor en electricidad, y la electricidad nos la llevamos de allí.

El agua que está dentro de la vasija, en el interior del edificio de contención, forma lo que se llama circuito primario y, como se la considera radioactiva, no sale de él sin controles muy estrictos (aunque es una radiación de «vida corta», por lo que cuando se saca de allí basta con mantener su

aislamiento por un plazo limitado para que deje de tener algún peligro para la salud). El agua/vapor calentada por la del circuito primario, que ha recibido ese calor a través de paredes que dejan pasar el calor pero no la radiación, sí que se puede utilizar con cierta libertad para mover una turbina y producir electricidad; es, como decimos, el circuito secundario.

Una parte que a veces ha sido crítica en el circuito primario son las bombas de alta presión que hacen circular el agua. Es un sistema que tiene cierta complejidad, pues a las bombas hay que añadir un depósito auxiliar que mantenga la presión dentro de ciertos márgenes, con sus correspondientes válvulas de seguridad para casos de sobrepresión y que está conectado a un «tanque de alivio» para cuando, por ejemplo, hay que vaciarlo como parte de un mantenimiento. Volveremos a hablar de estos elementos al contar el accidente de Harrisburg/Three Mile Island (TMI).

## **LA VASIJA: GRANDE Y VITAL**

El tamaño de la vasija es, por lo tanto, el necesario para contener las barras de uranio, por lo normal de cinco metros de longitud, más el margen para sus sujeciones y para que circule el agua de refrigeración que, al sacar el calor de la vasija, es la que calienta el circuito secundario y mantiene el flujo de la energía nuclear-térmica-eléctrica que a la postre define la central. No es un rascacielos, pero sí un edificio de cómo mínimo dos o tres plantas.

Ese tamaño es extrapolable, en el caso de las centrales refrigeradas por agua (pronto hablaremos de otras opciones), a centrales mucho mayores y, lo que es en la práctica mucho más importante, a centrales mucho menores. Las primeras centrales se construyeron para potencias de ciento cincuenta megavatios, pero fueron creciendo hasta un tamaño típico de mil megavatios eléctricos que, con un rendimiento normalmente del orden del 30%, quiere decir que producen algo más de tres mil megavatios de calor y que el 30% de esa energía se transforma en electricidad efectiva. Comparado con otros tipos de centrales es un buen rendimiento.

Pero la razón de que se adoptara este modelo, tanto en occidente como en

el bloque socialista, no fue su rendimiento ni su tamaño máximo, sino que en su tamaño mínimo se podían construir centrales lo suficientemente pequeñas como para ser embutidas en el casco de un submarino.

## **LA REFRIGERACIÓN**

Hay formas de obtener mayores rendimientos energéticos de una central nuclear, lo cual pasa por hacer trabajar al circuito primario a mayores temperaturas. Esto, en el caso de centrales refrigeradas por agua, implicaría unas presiones de vapor inaceptables.

Se podría pensar en trabajar con vapor de agua y de hecho hay muchas centrales que trabajan así, pero a temperaturas sólo un poco mayores que las de trabajo normal se corre el riesgo de que las moléculas de agua se descompongan en oxígeno (que, tan caliente, oxidaría cualquier cosa que se encontrase) e hidrógeno, que más adelante veremos lo que puede llegar a incordiar.

Sí que hay unas cuantas centrales refrigeradas por anhídrido carbónico, más estable que el vapor de agua, e incluso helio, que es lo más estable que podemos imaginar, aunque escaso y caro. Y en unas pocas ocasiones se recurre a otros líquidos: por ejemplo el sodio. El sodio es un metal con un punto de fusión bastante bajo: a unos noventa y ocho grados centígrados ya es líquido y, como tal, permanece fluido y estable en una amplia gama de temperaturas. Es lo que se utiliza en las centrales «rápidas» o «breeder» (Fast Breeder Reactor, FBR).

Estas centrales fueron objeto en los años setenta de campañas muy activas en contra de su desarrollo porque en ellas se da la sorprendente circunstancia de que, con un control adecuado de su funcionamiento, «producen más combustible del que consumen», puesto que se rodea el núcleo con barras de uranio no enriquecido y torio fisible (su isótopo de «peso atómico» 233) que, por la radiación recibida durante la producción de electricidad se convierte en uranio radioactivo y, por lo tanto, utilizable para alimentar otras centrales; también se pueden diseñar para producir plutonio y son los militares los que

se encargan de llevarse los residuos para hacer bombas: de ahí las críticas que recibía esta tecnología.

Los modelos experimentales venían funcionando desde los años cincuenta con suerte muy variada: por ejemplo, los alemanes nunca consiguieron alcanzar el punto crítico de generar energía neta (hacer funcionar un reactor nuclear no es tarea sencilla). Cerca de Detroit se construyó uno de estos reactores reproductores, en Laguna Beach, Michigan, y funcionó desde 1963 hasta el 5 de octubre de 1966, día en el que una pieza de circonio atascó los inyectores de sodio refrigerante y la temperatura se elevó peligrosamente. Hubo que enfriar todo, limpiar y estudiar lo que había pasado, y así en 1968 localizaron la pieza y resolvieron el problema, pero mientras tanto había aparecido un libro titulado *Casi perdimos Detroit* (con ese título no hay que insistir en que era alarmista) y también una canción, y aunque volvió a funcionar, le denegaron la renovación de la licencia de explotación en 1972 y se cerró.

También acabaron cerrando los reactores de Francia y Reino Unido, en los que además de las presiones políticas influyó el hecho de que el mantenimiento era más costoso que el de los sistemas de agua a presión, fundamentalmente por los metales licuados que los refrigeran y cuyos escapes suelen ser problemáticos.

Porque aunque el sodio parece ideal para refrigerar una central nuclear, tiene su propia lista de inconvenientes, el principal de los cuales es que reacciona de una forma explosiva con el agua: es otro de los típicos ejemplos de que un experimento de química «de andar por casa» acaba con la habitación hecha un desastre y el científico aficionado dando explicaciones en el comedor con las pestañas quemadas. En otro orden de magnitud, muchos españoles recordarán el incidente del *Casón*.

## **UN ACCIDENTE EN LO QUE YA ANTES SE LLAMABA LA «COSTA DE LA MUERTE»**

El *Casón* fue un barco «panameño» que se encontró con un grave

problema de desplazamiento de la carga cuando navegaba frente a las costas gallegas en 1987. Escorado frente a la costa, podía haber sido uno más de los naufragios de la «Costa de la Muerte» (uno de los trágicos, con veintitrés muertos entre la tripulación), salvo por el detalle de que su carga la formaban, entre otras finuras, varios cientos de toneladas de sodio.

El metal viajaba en barriles que, tras embarrancar, iban cayendo al mar con los golpes de las olas por la inclinada cubierta y chocaban contra los arrecifes, se dañaban y se abrían soltando el sodio que, al entrar en contacto con el agua, ocasionaba fuertes explosiones que provocaron alarma social en un momento políticamente delicado con un gobierno regional recién elegido después de años de gobernar el partido contrario.

El colmo del esperpento llegó cuando los bidones que se rescataron todavía intactos del barco embarrancado se llevaron a la relativamente cercana factoría de fabricación de aluminio de Alúmina Aluminio en San Cibrao (Lugo), donde se disponía de los medios para mantener estable (léase seco) el cargamento hasta que se determinara su destino final. Al llegar allí, los obreros de la fábrica, alarmados por las explosiones que habían visto en la televisión cuando esos bidones caían al mar y se reventaban al chocar contra las rocas de la costa, abandonaron la fábrica dejando enfriar los hornos de colada continua de la fabricación de aluminio por lo que, solidificados pese al intento de los directivos de mantenerlos en funcionamiento con sus propias manos, hubo que terminar tirando como escombros esos costosos hornos y rehacer por completo las instalaciones tras largos meses de aquella inactividad inducida por los temores ocasionados, a su vez, por la desinformación de la gente que, irónicamente, no se había perdido un solo informativo de los emitidos por la televisión en los últimos días. Por supuesto, a esos obreros que habían ocasionado la ruina técnica de la fábrica hubo que indemnizarles por esos años de paro.

Por cierto, no se llegó a saber cuál fue el destino de esos bidones, teóricamente Shanghái, pero constituía la cantidad adecuada para ser el recambio del refrigerante del circuito primario de una central como la de Dimona, en Israel, refrigerada por sodio y que en esos días estaba en el plazo de su revisión. Casualmente.



En otro orden de cosas, el resto de la carga tampoco eran angelitos del dios ecológico, sino productos industriales que fácilmente entran en la categoría de peligrosos, insalubres o tóxicos, cuando no venenosos, pero que son necesarios para nuestro modelo industrial (actual). Y eran muchas más toneladas que los bidones de sodio, pero como no explotaban y sólo debieron causar un desastre ecológico local (como en tantos naufragios de la «Costa de la Muerte»), poco o nada se publicó sobre ello y no se generó alarma social.

## **EL EDIFICIO DE CONTENCIÓN**

Dejando el terreno de las suposiciones, en cualquier caso es básico mantener todo el contenido del circuito primario (el uranio y el agua, sodio o el refrigerante que sea) controlado en todo momento, por lo que se construye, al menos en las centrales modernas y en las occidentales de todos los tiempos, un edificio de hormigón (al cual se añaden aditivos que mejoran su aislamiento frente a las radiaciones) que contiene la parte principal de la central nuclear y, en todo caso, la vasija y el circuito primario al completo. Ese edificio, sin ventanas y con muy pocas puertas, tiene como misión ser la última línea de defensa frente a un desastre de cualquier tipo, previsible o no, que afecte al circuito primario, impidiendo que la radiación llegue al exterior.

Este edificio de contención es la imagen clásica de una central nuclear: un bloque enorme, sin ventanas. A ello se refería el príncipe Carlos de Inglaterra cuando para mostrar su desagrado por un auditorio de música que inauguraron en Londres (con condiciones acústicas fuera de toda duda) dijo que le parecía una central nuclear en mitad de la ciudad, pues era una caja enorme casi sin ventanas.

## **MUCHA ENERGÍA EN CIRCULACIÓN... QUE ES PELIGROSO PARAR**

Descontando los riesgos de manejar elementos radioactivos, las centrales

nucleares tienen otra categoría de riesgos: los propios del manejo de ingentes cantidades de energía.

Por ejemplo, en ese intercambio de calor entre el líquido del circuito primario (no siempre es agua, aunque aquí lo hayamos asumido por simplificar la explicación) y el del secundario (que sí que es agua siempre), se están «sacando» de la olla millones de vatios de energía (térmica) de una forma continua y suave: a la vez que el líquido del circuito primario calienta el del secundario, este enfría el del primario. Podemos suponer con mucha facilidad que si el agua del circuito secundario dejase de fluir, la del circuito primario dejaría de refrigerarse, se acumularía el calor con gran rapidez y ello podría tener consecuencias desastrosas; consecuencias que al principio no tendrían que ver con la radioactividad, sino con el manejo de cantidades de energía a las que hay que tener un gran respeto, independientemente de si se han obtenido rompiendo átomos o quemando carbón.

De hecho, el que deje de circular el agua es un problema incluso en las calefacciones caseras, que también tienen mecanismos automáticos para que se corte la combustión del gas (por ejemplo) si ha dejado de funcionar la bomba del agua. En estos casos, lo que pasa si falla ese mecanismo o aumenta en exceso la temperatura por cualquier causa es que sube la presión, se abre una válvula de alivio y por debajo de la caldera empieza a gotear (o chorrear) el agua del circuito estropeando, en ausencia de «edificio de contención», todo lo que encuentre debajo. Encontraremos más adelante un ejemplo parecido en un conocido accidente nuclear.

## **FUSIÓN**

Un breve apunte sobre la energía de fusión, que no es protagonista de ningún desastre tecnológico por la mísera razón de que no existe. Todavía. El año 1991 es una fecha que dentro de muchas generaciones se considerará memorable para la historia, y no por ser el año de la (primera) Guerra del Golfo Pérsico, por el final del Apartheid sudafricano o por la disolución de la Unión Soviética y del Pacto de Varsovia. Será recordado, creemos, sobre

todo porque el sábado 9 de noviembre de ese año se consiguió en laboratorio por primera vez producir energía de fusión de una manera aprovechable.

## **EL VERDADERO MOTOR DE AGUA**

El combustible de un reactor de fusión es, en la práctica, ilimitado: es el agua del mar; y no tiene problemas con las radiaciones ni los residuos. Hasta tal punto la energía de fusión es la panacea que para obtener de una forma más barata el helio-3 (un isótopo caro de obtener en la Tierra) y facilitar la explotación de estas centrales se está empezando a hablar de volver a viajar a la Luna y, si se encuentra en cantidades suficientes allí arriba, explotar su minería, pues podría resultar más efectivo traer el helio-3 desde nuestro satélite preferido que destilarlo «aquí abajo».

Por eso pareció justificado dedicar los siguientes cuarenta años (era el plan, sobre ello pueden llegar los retrasos habituales en proyectos gigantescos gestionados por un comité plurinacional) para diseñar y fabricar el ITER, el primer reactor nuclear de fusión, en Cadarache, en la Provenza del sur de Francia, el cual, una vez puesto en explotación y analizadas sus características, sus ventajas y sus problemas suministrando electricidad durante un tiempo, servirá de modelo para diseñar otro, ya destinado a la explotación comercial, aprovechando esas experiencias y así, esa segunda generación, se podrá fabricar en infinidad de réplicas que proporcionarán energía limpia e ilimitada a lo largo y ancho de todo el planeta.

Ese es el futuro. ¿El problema?: que los plazos de realización harán que no todos nuestros hijos lo vean convertido en cotidiano y quizá tampoco nuestros nietos.

## **LA ENERGÍA ILIMITADA COMO CEBO**

Y una coletilla acerca de un pequeño desastre tecnológico: hablamos de un concepto interesante que pasó con rapidez de ser la esperanza de la

humanidad a ser considerado algo anticientífico y que, por el momento, no deja de ser una curiosidad de laboratorio: la fusión fría.

Para «encender» la fusión nuclear hace falta darle al hidrógeno una coz bastante energética, calentarlo a millones de grados y eso cuesta mucho, tanto que se tardaron años de trabajos intensos y de muy alto nivel para conseguir que del experimento saliese más energía de la que se gastaba. Porque el concepto fundamental en este asunto es ese: que de allí salga más energía de la que hay que meter para que funcione.

En este escenario aparecieron en marzo de 1989 Martin Fleischmann y Stanley Pons, convocaron una rueda de prensa y allí declararon que habían conseguido la fusión fría y que la reacción generaba cincuenta veces más energía de la suministrada.

Para ello colocaban electrodos de paladio en agua pesada (enriquecida en deuterio y algo de tritio) y hacían pasar la corriente eléctrica, con lo cual en la electrolisis que se produce, el hidrógeno —en este caso deuterio— se deposita en el electrodo y dadas las propiedades del paladio, según ellos se fusionaban los núcleos.

Era la panacea: energía de bajo coste en instalaciones no muy complicadas. En la película *Reacción en cadena*, con Keanu Reeves y Morgan Freeman, se supone que lo logran por medio de ondas sónicas —sonoluminiscencia—, que es algo que también se ha intentado pero tampoco parece que hasta ahora haya conseguido generar energía sobrante, sino que al igual que otros métodos, precisa un aporte neto de energía para lograr la fusión y luego no se mantiene ni genera excedentes energéticos. Pero en la película sí que se dejaba entrever la clave de ese negocio: era algo capaz de cambiar el mundo si tenía éxito.

Tras el impacto inicial del anuncio de Martin Fleischmann y Stanley Pons, otros laboratorios se dedicaron a repetir el experimento, dado que muchos dudaban de ello y era raro que no lo comunicaran a una revista o en una reunión científica, sino en una rueda de prensa. Ninguno de los que lo intentaron entonces consiguió reproducir el experimento, por lo que el tema pasó a ser pecado. Lo cierto es que Fleischmann y Pons pasaron de ser dioses a parias en menos tiempo que otros científicos, y lo triste es que un tema que

prometía se apagó durante años por la mala manera de comunicarlo (vender la moto para la audiencia en vez de contrastar los resultados).

La idea, no obstante, ya la tuvieron dos alemanes en 1926 —Fritz Paneth y Kurt Peters—, que describieron una célula electrolítica igual, también con un electrodo de paladio (es un metal muy curioso: absorbe hidrógeno, mucho hidrógeno, muchos cientos de veces su volumen en hidrógeno), que al rellenarse con agua pesada —que tiene deuterio—, lograban que se generase helio al almacenarse en el paladio átomos de deuterio muy cerca uno de otro. Algún tiempo después escribieron otro artículo donde reconocían honradamente fallos de método que invalidaban el resultado.

Tiempo después, en 1947, Charles Frank, físico inglés, describió que teóricamente se podría conseguir la fusión por medio de muones, y en 1956 el premio Nobel estadounidense Luis Alvarez dijo haberlo conseguido pero tan sólo como curiosidad de laboratorio, pues la reacción no duraba lo suficiente para que se pudiese explotar en generar energía. Todos los experimentos hasta ahora han sido fallidos como fuente de energía por autoconsunción o por requerir un exceso de energía respecto a la generada.

## **NO PERDAMOS LA ESPERANZA**

De todos modos el tema no está muerto ni mucho menos y tras la fase de descrédito inicial ha habido grupos que han retomado el tema, aunque sin lograr por ahora un rendimiento energético detectable. Cuando los colegas de Fleischmann y Pons trataron de reproducir el experimento no lo lograron, con lo que el excedente energético no lo corroboró nadie, y al estudiar el experimento descrito vieron que debía desprender tal cantidad de neutrones que el hecho de contarlos era una señal de falsedad, ya que deberían haber muerto irradiados.

Fue uno de tantos experimentos «no reproducibles», y aunque se sigue trabajando en el tema, por ahora no se ha conseguido que genere más energía de la consumida, que es la idea revolucionaria. En cuanto a conseguir la fusión fría en pequeñas cantidades, parece que algo más de una docena de

laboratorios lo han conseguido en el mundo, hasta alguno de aficionado con buen equipamiento lo ha logrado, como el de Gerardo Meiro, en Madrid.

## **FOTOVOLTAICAS**

Otro breve apunte para no dejar sin mencionar esta tecnología trascendental. En ellas, unos paneles de silicio se ponen al sol y sale electricidad. No tiene nada que se mueva de forma crítica: lo más que puede pasar si se atasca un panel en su seguimiento del sol es que producirá menos electricidad hasta que lo reparen.

Realmente no podemos imaginar que una central eléctrica fotovoltaica pueda producir un desastre serio salvo si se utilizan los paneles para producir reflejos molestos en algún edificio cercano o deslumbran a los coches de alguna carretera que pase por allí, o si se instalan en algún campo en el que estorben a la flora o a la fauna.

—¿No tienen ningún problema?

—Sí: que son muy caros.

Por el momento la única manera de que resulten rentables es subvencionar su instalación. En España se ha subvencionado (con altibajos) la producción fotovoltaica y en algún momento los apoyos han sido tan jugosos que ha dado lugar a fraudes muy curiosos: se ha descubierto algún caso de instalaciones que tenían una producción significativa después de la puesta de sol. ¿Cómo? Pues resulta que habían puesto generadores eléctricos de gasoil en la instalación (en una caseta o incluso en una furgoneta allí aparcada) y vendían la electricidad así producida como si fuese de origen fotovoltaico. Las subvenciones eran tan altas que incluso producir electricidad con generadores caseros resultaba rentable. Si no se les hubiese olvidado algún atardecer ir a apagar el generador a tiempo, hubiese sido un truco muy difícil de detectar.

La parte buena de las centrales fotovoltaicas es que su energía es limpia (aunque fabricarlas aporta su cuota de contaminación, pero en eso simplemente son iguales a todas las demás tecnologías) e «ilimitada».

Bastaría con cubrir con paneles solares los terrenos estériles del planeta para producir más electricidad de la que podemos consumir, no contribuye al calentamiento global más que de forma marginal y cuando, dentro de muchos miles o incluso millones de años, se agote el agua de mar que alimente a las centrales de fusión, todavía dispondremos de energía solar para muchos miles de millones de años más.

## **EL PELIGRO NUCLEAR**

Al contrario del caso de la carrera espacial, en la que casi todo eran «éxitos» y, si no lo eran, se maquillaban hasta que lo parecían, de las cuestiones energéticas y, sobre todo, de la energía nuclear y de los petroleros o los pozos petrolíferos, sólo llegan a las portadas de los periódicos los fracasos y, cuando no lo son, siempre tiene una importante cuota de pantalla cualquiera que pueda cambiar esa percepción por otra que, a veces, llega al catastrofismo.

El caso es que cuando se habla de desastres tecnológicos, es la energía atómica la que primero suele venir a la mente de muchos. Quizá por el explosivo final de la Segunda Guerra Mundial y por supuesto olvidando sus principios (los camiones de radio en Francia, para los tratamientos del cáncer) y los grandes beneficios que la radioterapia aporta hoy en áreas clave de la medicina.

## **EL MIEDO A LO DESCONOCIDO E INVISIBLE**

Quizá se trata, en gran medida, del miedo a lo que en el ámbito social ni se ve ni se entiende. Es un miedo muy antiguo, pero que evoluciona a la vez que evoluciona la sociedad en conjunto o, al menos, evoluciona en la medida en que un porcentaje significativo de sus miembros va adquiriendo una mayor comprensión del mundo que nos rodea.

Así, en el siglo XIX aparecieron multitud de profetas que vaticinaban

grandes males para la humanidad por la utilización de la electricidad. Y los monstruos, como Frankenstein sin ir más lejos, eran despertados en el momento oportuno por una descarga de alto voltaje. La tecnología punta del siglo XIX era la electricidad.

Tiempo después, en el amanecer nuclear, Godzilla era sacado de su letargo de forma accidental por las radiaciones atómicas. Eso tuvo varias consecuencias, como películas de terror que no sólo asustaban por los monstruos de cartón piedra que mostraban, sino que metían en el inconsciente colectivo la idea de que las radiaciones hacían casi cualquier cosa (horrible) que pudiésemos imaginar. También consiguieron que nos terminásemos aprendiendo el nombre de actores japoneses de segunda fila. Pero hoy esas películas nos parecen muy primarias y la mayoría de la gente está convencida de que las radiaciones, sean del sabor que sean, no son capaces de resucitar un dinosaurio enfadado y así, más recientemente, los tiranosaurios de *Parque Jurásico* son ahora vueltos a la vida por el arquetipo moderno de lo que la mayoría no entiende y casi nadie ve: la biotecnología, aunque no ha conseguido aterrorizar a casi nadie todavía.

En resumen: siempre ha sido sencillo crear alarma (que es una de las formas más pobres de crear interés) acudiendo a lo desconocido. Pero si lo desconocido, además, se llama parecido a lo que puede formar un hongo espectacular mientras convierte en cenizas una ciudad entera, el éxito está asegurado. Convencer a los que compran en un supermercado de los horrores de adquirir una lata de ensaladilla que contiene maíz transgénico cuesta bastante más (y la propia lata algo menos).

La mejor vacuna contra el temor incontrolado es el conocimiento, que deja las preocupaciones en su justa medida. Así es que antes de describir los grandes desastres relacionados con la energía, sobre todo la nuclear, hemos querido abordar una descripción mínimamente simplificada de cómo funcionan las centrales eléctricas, cuáles son sus puntos críticos y qué sistemas se utilizan en general para evitar accidentes.

Pero ahora vamos a ver los casos en los que, pese a todo, salió mal.



## Capítulo 26. Los frecuentes accidentes nucleares

Hasta que las centrales de fusión estén operativas, como la sociedad requiere cada vez mayores cantidades de energía y las energías renovables tienen sus propios límites, hay que hacerse a la idea de que, o bien asumimos el calentamiento global y quemamos combustibles fósiles mientras estén disponibles aceptando las consecuencias para el clima y la fauna, o como alternativa gestionamos la energía nuclear de una manera aceptable para todos. Así es que vamos a aprender de los errores pasados: vamos a analizar a continuación qué es lo que se hizo mal en los accidentes más graves y en los más sonados de la utilización pacífica de la energía nuclear.

Una advertencia: no vamos a tratar de los accidentes militares como nos gustaría, no por falta de ellos ni por ser menos graves, sino por falta de información pública de lo sucedido. También vamos a ser selectivos en otro aspecto: nos vamos a centrar sobre todo en los accidentes «nucleares». Casi todas las centrales (atómicas y no atómicas) han tenido un buen catálogo de incidentes y accidentes, en algunos casos con emisión de tóxicos a la atmósfera. Pero en el caso de las centrales atómicas hay un *totum revolutum* donde se mete en el mismo saco la generación de energía, el tratamiento de residuos o, incluso, averías en los transformadores eléctricos que están en la salida de la central. En esto es como si hubiera una intención crítica que no se aplica en otros casos: si naufraga un petrolero se protesta, pero no se activan las mismas alarmas sociales que saltan si descarrila un tren con residuos nucleares (siempre aparecen activistas que boicotean la circulación de los

trenes «nucleares», pero pocos se oponen a que enormes petroleros circulen por el océano buscando dónde hundirse de manera catastrófica) y si arde durante días una refinería emitiendo miles de toneladas de elementos tóxicos a la atmósfera, deja de ser noticia a las pocas horas de extinguirse el incendio, mientras que un escape de gases radioactivos indetectable a unos cientos de metros de una central nuclear ocasiona reacciones en gobierno y oposición hasta, por lo menos, la siguiente legislatura.

#### La inevitabilidad estadística

Exponemos a continuación una simplificada lista de los accidentes nucleares ocurridos acumulados por décadas:

|      | <b>Civiles</b> | <b>Militares</b> |
|------|----------------|------------------|
| 1940 |                | 3                |
| 1950 | 4              | 19               |
| 1960 | 4              | 18               |
| 1970 | 2              | 10               |
| 1980 | 6              | 7                |
| 1990 | 3              | 1                |
| 2000 | 2              | 4                |

En esta vista es evidente el efecto del final de la Guerra Fría: cuando dejaron de mantenerse en vuelo centenares de bombas nucleares y los submarinos descansaron más tiempo en sus muelles, en lugar de pasar el rato jugando al gato y el ratón, entonces el número de accidentes militares bajó de forma drástica. Cuestión de probabilidades y de estadística. Las frías cifras nos vienen a decir que cada dos o tres años se produce un accidente civil. Siempre aparece alguien diciendo que hay que intentar que no vuelva a suceder «ninguno», nunca más, pero ante afirmaciones como esa los profesionales de la estadística sonríen con benevolencia o con sorna, según la confianza que tengan con quien lo haya dicho.

## **MANEJAR EXPLOSIVOS JUNTO A MATERIALES RADIOACTIVOS ES IMPRUDENTE**

Respecto a los accidentes militares hay que señalar un detalle importante: mientras que en las centrales nucleares el «encendido» del combustible (ligeramente enriquecido: la proporción del isótopo radioactivo del uranio no suele ser mayor del 3% [del U235, que no es más del 0,72% del uranio natural]) se realiza con suavidad y por simple desplazamiento de las barras de control, en el otro campo, en una bomba nuclear, por lo normal se dispone de una masa, típicamente una esfera de uranio o plutonio (de gran pureza, hasta un 95% en el caso del U235) que está al borde de una frontera: es sólo un «poquito» menos densa de lo necesario para que la reacción en cadena se inicie de forma descontrolada. Para cruzar esa frontera, se comprime el combustible nuclear con explosivos de muy alta potencia; eso hace que la densidad de combustible sea mayor por un instante y se inicia una reacción descontrolada que en una minúscula fracción de segundo libera todo el calor que en una central se va soltando a lo largo de años. En otras palabras, una bomba nuclear, para comprimir el combustible, incluye entre sus piezas una importante cantidad de explosivos convencionales que a veces han explotado cuando no debían: en eso han consistido muchos de los accidentes nucleares militares, como por ejemplo lo que pasó en febrero de 1950 en el Pacífico norte.

A mediados de febrero (tiempo frío en el hemisferio norte) tuvo problemas un bombardero Convair B-36 Peacemaker, un mastodonte de seis motores de hélices (el mayor avión de hélices jamás producido en serie) que era tan enorme que tenía un pequeño tranvía interno para llevar el artillero de cola hasta su posición de combate detrás del todo, y en el que los mecánicos podían ir andando erguidos por el interior de las alas (a través de un pasillo de más de dos metros de altura) hasta los motores para revisarlos en vuelo. Como el despliegue de estos monstruitos era por el norte de Alaska (para estar cerca del «enemigo»), con el agravante de que no cabían en los

hangares, se pasaban todo el invierno con los motores en marcha para evitar congelaciones. Por el contrario, cuando estaban en vuelo tenían cierta tendencia a incendiar los motores, porque los carburadores estaban detrás de los motores radiales y se recalentaba la mezcla de gasolina. Fue un avión para el que incluso se resucitó la vieja idea que utilizaron algunos dirigibles gigantes: llevar a su vez algún avión de caza colgando como defensa por si les atacaban.

En ese contexto, uno de esos «grandotes» que volaba de Alaska a Texas (en invierno, después de meses de no parar los motores) tuvo que parar tres de los seis propulsores por averías. El piloto no tenía ni pizca de confianza en conseguir volar un puñado de horas todavía sin más incendios para lograr aterrizar en la costa, por lo que planteó abandonar el avión con los paracaídas; sólo había un pero: la bomba nuclear averiada que llevaban a Texas para repararla.

La solución que adoptaron fue tirarla en medio del océano antes de saltar cerca de la isla Princess Royal. Al caer al mar no estalló como bomba nuclear, pero sí estalló el combustible químico del detonador, potente como para derribar una manzana de casas, dispersando el uranio radioactivo por medio océano (más o menos). A la caída en el agua sólo sobrevivieron doce de los diecisiete hombres que viajaban a bordo.

Una breve anotación de tecnología militar: al principio de la carrera de armamentos se hacía diferencia entre «bomba atómica» y «bomba de hidrógeno» o entre «bomba de fisión» y «bomba de fusión»; nombre aparte, la segunda, la de hidrógeno/fusión, era (es todavía, por desgracia) el equivalente de las centrales de fusión que se están gestando en Cadarache. En esa central de fusión se produce («producirá», al final del largo embarazo) la compresión del hidrógeno a base de bobinas electromagnéticas de muy alta potencia, sobre todo de sus iones deuterio y tritio, quizá con helio-3 como aditivo. En las bombas de hidrógeno, la compresión del deuterio y del tritio se hace de una forma más descontrolada: utilizando para ello una bomba nuclear de fisión.

De todos modos, el peor accidente nuclear posible sería, y esperemos que nunca «sea», si uno de esos terribles ingenios cayese en manos de un loco de

cualquier pelaje.



## **SE ME HA PERDIDO UNA BOMBA**

Los españoles por encima de cierta edad tenemos un recuerdo colectivo bastante bizarro: el de un ministro español y un embajador norteamericano bañándose en Palomares para demostrar que no había peligro por las bombas de un avión norteamericano que habían caído al mar en otro accidente aéreo. Con el tiempo se pudieron sacar otras dos conclusiones de aquel incidente: una, muy simplista, la de que no debía de haber un grave peligro puesto que aquel político (don Manuel Fraga Iribarne) disfrutó de una muy larga y muy activa vida pública y murió en 2012; y otra, que «algo» había después de todo puesto que todavía medio siglo después se sigue midiendo actividad radiológica en la zona y se toman medidas para eliminar residuos que en los años sesenta no se consideraron dignos de atención.

## **EL MAR YA TIENE SUS PELIGROS SIN NECESIDAD DE BOMBAS Y REACTORES**

Un caso aparte merecen los accidentes de submarinos nucleares. Varios

submarinos nucleares soviéticos descansan en el fondo del océano por diversas razones. El *Kursk* se hundió por la explosión de un torpedo experimental y el *K-19* (que estuvo a punto de provocar un grave incidente militar por maniobrar demasiado cerca de una zona controlada por la OTAN) evitó por los pelos una fusión del núcleo (en inmersión) gracias al sacrificio de dos marineros que cerraron la central pese al riesgo de irradiación que asumieron (murieron los dos).

Ese diseño del *K-19* fue especialmente nefasto y ya se le conocía como «fabricante de viudas» antes de tocar el agua. Se pensó para un torpedo nuclear de veinte toneladas (las bombas de los soviéticos eran muy pesadas) y en el diseño inicial no es fácil que el buque sobreviviese al disparo de algo tan enorme. Tampoco era seguro que llegase al punto de disparo al primer intento, pues los puestos de guiado estaban orientados hacia popa, con lo que babor y estribor pasaban a ser direcciones ambiguas. Se rehízo por completo el diseño, pero el *K-19* quedó con una torreta pequeña y muy agobiante porque era allí donde acabaron colocados los tres misiles que finalmente estaba preparado para disparar.

Algún submarino ruso más se hundió frente a las costas norteamericanas, pero después de sellar el reactor. El *Kursk* fue sacado a flote unos años después y llevado a Murmansk para tratar de reaprovechar sus restos. Por cierto, tenía desplegadas las antenas.

—¿En inmersión? Pero si bajo el agua no funcionan.

Se rumoreó que estaban emitiendo bajo el agua por alguna razón que sólo entenderían los militares y quizá por esa causa un misil despistado se acercó por allí a curiosear esas emisiones y lo hizo añicos. Esto último sólo son rumores.



Los norteamericanos perdieron, al menos, el *Thresher* y el *Scorpion*, que se fueron a pique con toda su tripulación. Entre unos y otros, ocho reactores y unas cincuenta bombas nucleares descansan en el fondo de diversos océanos.

También se podrían considerar desastres nucleares, aunque para nada fueron accidentes, las pruebas de armamento nuclear que se llevaron a cabo en la atmósfera con toda impunidad en los años cuarenta, cincuenta y sesenta. Cualquiera de ellas emitió a la atmósfera mucho más material radioactivo que los accidentes de centrales nucleares de todo el mundo.

## **ACCIDENTES PROVOCADOS**

Además, con mayor o menor nivel de malicia, miles de personas civiles y militares fueron irradiadas. Y en esto no se salva ninguno de los países que pelearon en la Guerra Fría.

Estados Unidos, en un principio, estacionaba compañías completas de

soldados a diferentes distancias de las explosiones para medir a posteriori los daños sufridos y juzgar su capacidad de combatir. Hay que recordar que entonces se estaban planificando tácticas de combate en las que las bombas nucleares se lanzaban, incluso utilizando cañones, sólo un poco por delante del avance de las tropas de infantería para «limpiar» de enemigos las zonas a invadir. Incluso, para la elección de Nevada como zona de pruebas se tuvo en cuenta que la comunidad mormona de la zona no se avergüenza de las personas con discapacidad física o intelectual.

De las pruebas soviéticas poco se sabe y menos algo que sea fiable, pero parece probado que hicieron pasar cerca de los polígonos de pruebas trenes cargados con disidentes políticos camino del Archipiélago Gulag para evaluar las reacciones a la radiación de un colectivo tan variado. Por cierto, muchos de los que hicieron posible el desarrollo nuclear soviético pasaron alguna temporada en ese duro exilio por pensar de manera distinta a la opinión oficial; en el bando contrario, Robert Oppenheimer (director civil del Proyecto Manhattan) tuvo serios problemas en Estados Unidos por sus tendencias comunistas.

Francia hizo sus pruebas en Argelia sin preocuparse de la población bereber y en Mururoa animaba a los empleados a presenciar la explosión a simple vista «para que admirasen el poder de Francia». Muy parecido fue el cuidado que el Reino Unido tuvo en Australia con los aborígenes al hacer sus pruebas nucleares.

## **EL ESTRONCIO-90 COMO AYUDA A LA ARQUEOLOGÍA**

Ninguno de ellos se preocupó siquiera por medir la cantidad de estroncio-90 que liberaron y que, desde entonces, puebla la atmósfera de la Tierra. El estroncio es un metal curioso, que se utiliza para colorear cerámicas y es el responsable de los colores rojos de los fuegos artificiales (una curiosidad: los colores verdes son muy fáciles de conseguir, con diversos métodos, pero los azules son mucho más complicados de obtener y en la pirotecnia barata no veremos este color). Pero eso es con sus isótopos de peso atómico más ligero,



84, 86 u 88, que China exporta a todo el mundo (poseen dos tercios del comercio mundial también del estroncio).

El estroncio-90 sólo se obtiene en las reacciones nucleares y antes de 1945 no existía más que en algunos laboratorios. Al húngaro György Hevesy le dieron el Nobel de Medicina en 1943 por darse cuenta de que el estroncio se movía por el cuerpo igual que el calcio; como el estroncio-90 es radioactivo, en el metabolismo resulta fácil seguirle la pista al calcio cambiándolo por este isótopo: así nació la medicina nuclear.

El estroncio-90 es especialmente dañino en dosis medias o altas (se cuela donde estaría el calcio, en los huesos, y daña temporalmente la médula espinal además de producir anemia y a veces cáncer). Tiene una vida media de decenas de años, por lo que del que se produjo en Hiroshima en 1945 ya casi no queda nada a efectos prácticos, aunque desde entonces se han detonado una cifra superior a dos mil bombas nucleares más.

Dentro de cientos y de miles de años se podrá datar cualquier objeto que desentierren los arqueólogos utilizando un nuevo marcador: si no está contaminado de estroncio-90 o de alguno de los resultados de su desintegración natural es que se trata, con toda seguridad, de «algo» enterrado antes de 1945. Eso es un claro beneficio también para los arqueólogos de hoy en día: cualquier intento de fraude de alguien que «construya» una antigüedad quedará rápidamente delatado: los materiales que utilizará estarán «todos» contaminados por átomos de estroncio-90 que dirán a la primera que eso no es anterior a 1945.

La cucharilla con la que removemos el desayuno, el chupete del bebé, las sábanas de nuestra cama. Desde 1945 es fácil detectar estroncio-90 en cualquier objeto cotidiano. De hecho, para construir los detectores de cuerpo completo que se usan en los laboratorios radiológicos para las revisiones médicas del personal, el metal necesario se saca de barcos que se desguazaron antes de 1945, a fin de que no estén contaminados.

Los accidentes civiles son de muy diferente índole. Los recogidos en la tabla de más arriba son los que han supuesto daños a las personas o, al menos, aquellos en los que se han vertido al exterior materiales radioactivos. En algún caso, como en el accidente de Vinca (antigua Yugoslavia), algo tan

simple como una mala calibración de las lecturas de la cámara de detección dejó que se irradiasen muy por encima de los niveles admitidos seis científicos, a los que se les realizó en Francia uno de los primeros trasplantes de médula ósea; uno de ellos murió.

## **Capítulo 27. Chalk River, el primer accidente**

El primer desastre nuclear importante debidamente registrado fue el de diciembre de 1952 en Chalk River (Canadá) donde una avería de los elementos involucrados en el apagado del sistema y varios errores humanos desembocaron en un recalentamiento que llevó la producción de energía a un ritmo de más del doble de lo previsto para ese reactor. No llegó a haber fusión del núcleo, pero se produjo hidrógeno dentro de la vasija (veremos algo parecido en el caso de Harrisburg) y, lo peor de todo, la burbuja de hidrógeno explotó, dañó gravemente el núcleo y se escaparon sin control unos treinta kilogramos de material radioactivo (una cantidad parecida a la que inicialmente salió de Chernóbil). El resultado fue que miles de litros de agua irradiada acabaron en una charca provisional como último recurso para evitar que llegasen al río y a media Ottawa.

No hubo muertos ni irradiados, por pura suerte quizá, y en las labores de limpieza posteriores participó un ingeniero nuclear de la Marina estadounidense que se llamaba Jimmy Carter, el cual, un cuarto de siglo después, tuvo que soportar las repercusiones del desastre de Harrisburg desde el Despacho Oval de la Casa Blanca.

### **LUGARES ESPECIALMENTE PELIGROSOS**

Ha habido varias fusiones parciales de núcleos, pero siempre en

laboratorios experimentales preparados (más o menos) para esa situación. En Suiza, en un rincón del cantón de Vaud, hay una caverna sellada después de que uno de esos accidentes terminase bruscamente con los experimentos.

## Capítulo 28. Cheliábinsk

El incidente de Cheliábinsk merece un capítulo aparte, pues de los accidentes nucleares no directamente militares, el más grave, con mucha diferencia, fue el de la planta de procesamiento de Mayak, en los Urales, a ciento cincuenta kilómetros de esta gran ciudad, pero muy cerca de la aldea de Kyshtym (Mayak no aparece en ningún mapa: hace falta suerte y muchas indicaciones para encontrarla). Allí se fabricaba plutonio depurado para uso militar y se liberó durante cierto tiempo agua contaminada de elementos radioactivos a los acuíferos de la zona, aunque el accidente, producido en 1957, consistió en que por un fallo del sistema de refrigeración se produjo la explosión (no nuclear) de unos tanques de almacenamiento que guardaban decenas de miles de toneladas de desechos radioactivos, sodio entre otros.

En la explosión se liberó el equivalente a setenta y cinco toneladas de trinitrotolueno (conocido por sus siglas TNT, un explosivo más potente que la dinamita) y se liberó al exterior gran cantidad de radiación (aunque no hay datos fiables de la cantidad). Como elemento de comparación, cabe señalar que las bombas nucleares más pequeñas tienen la potencia de unas mil toneladas de TNT.

Para «rematar» la faena, un lago que se utilizó como basurero radioactivo durante largo tiempo se desecó a finales de los cincuenta y el viento arrastró polvo radioactivo a las gargantas del resto de habitantes de la provincia en una cantidad equivalente a la que soportaron los supervivientes de Hiroshima. Se calcula que los habitantes de la zona de Cheliábinsk soportaron una contaminación cuatro veces superior a la que quedó en Chernóbil, sólo que en esta última desalojaron a toda la población mientras que en Cheliábinsk sólo

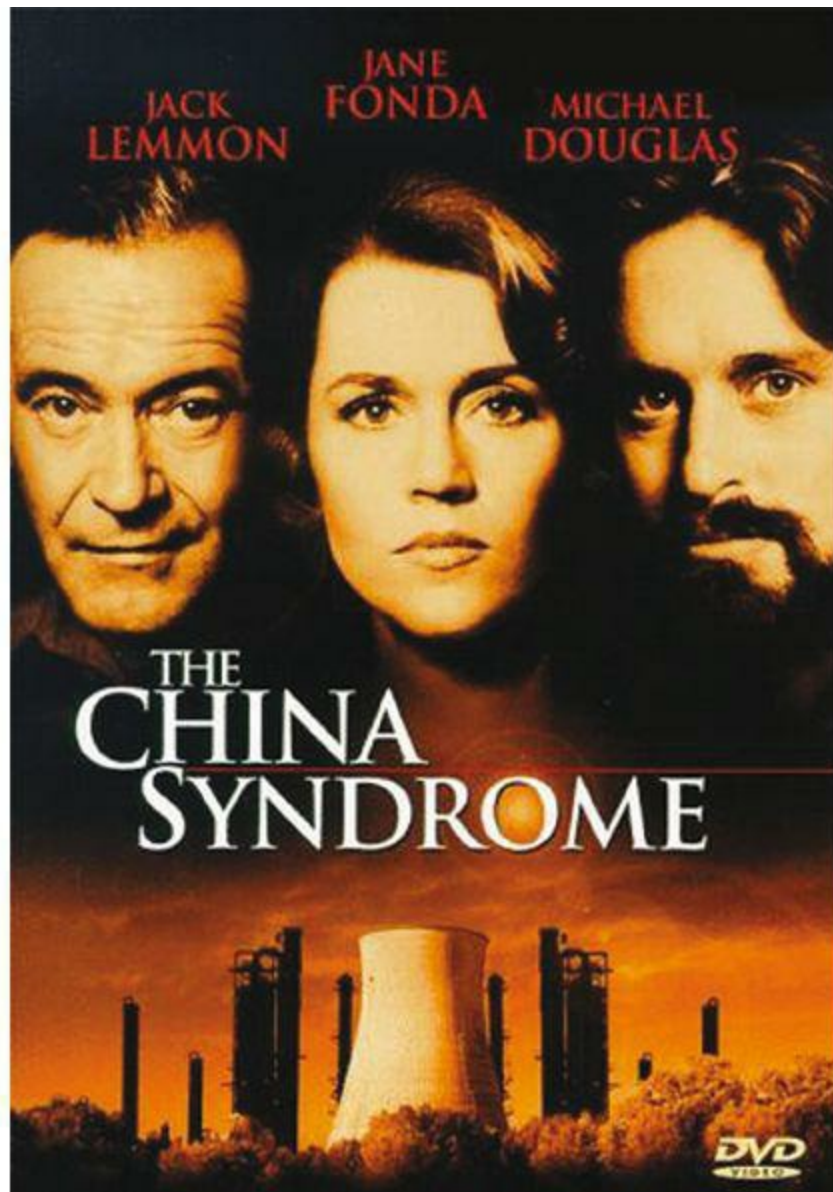
desplazaron a los habitantes de las zonas más obviamente contaminadas, unas diez mil personas.

Hubo doscientos muertos por radiación durante aquel incidente y cerca de medio millón de personas irradiadas. Pero, como tantas cosas sucedidas en la Unión Soviética y como tantas cosas sucedidas en terrenos de interés militar, el secreto con que se mantuvo todo hizo que no fuese útil para evitar otros desastres. Hoy en día Cheliábinsk es una ciudad de más de un millón de habitantes, con metro, monumentos, jardines, etc., y hace pocos años sufrió la peor oleada de incendios de la historia siberiana. Hay zonas que parecen atraer la mala suerte.

Abordemos ahora en detalle los dos accidentes que más tinta y papel de prensa han gastado: Harrisburg (o, también Three Mile Island, TMI) y Chernóbil.

## Capítulo 29. Harrisburg

El viernes 16 de marzo de 1979 se estrenó en los principales cines de Estados Unidos la película *El síndrome de China*. Era una historia abocada al éxito, que seguía la fórmula de unir a un actor veterano y consagrado (Jack Lemmon), una actriz atractiva y con su propia aureola de activista comprometida con las causas justas (Jane Fonda, hija de Henry Fonda) y un novato melenudo tratando también de superar su propio «síndrome» de ser hijo de un actor famoso (Michael Douglas, que por aquel entonces no era más que un vástago del popularísimo Kirk Douglas). Contaba con un guión tenso, una intriga de tintes políticos (en un país que había visto dimitir a su presidente cinco años antes) basada en lo que ahora llamaríamos una «leyenda urbana»: la suposición de que si se producía la fusión del núcleo de un reactor, el peso o, más bien, la densidad del uranio fundido y la enorme cantidad de calor disponible haría que el reactor fundiese el suelo a su alrededor, se enterraría/sumergiría y seguiría bajando y bajando y bajando para terminar atravesando la Tierra y saliendo a la superficie en China (que es donde los norteamericanos de a pie parece que entendían que estaban sus antípodas).



## UNA LEYENDA URBANA A TODO COLOR

Entre los miles de espectadores que vieron la película, más las decenas de miles a quienes se la contaron, hubo bastante gente que se creyó su argumento como algo científico y probado. Siempre hay alguien así, pero cuando en vez de contarlo con unas frases más o menos acertadas en la estrecha columna de un periódico, se narra en color durante algo más de dos



horas, muchos se lo acaban creyendo, así como también creyeron una de las afirmaciones que un oscuro personaje decía en alguna escena: que si se fundía el núcleo del reactor, quedaría «inhabitable y lleno de cadáveres un territorio del tamaño de Pensilvania». Es muy curioso que, pese a que la película se desarrollaba en California, ese personaje pusiese como ejemplo Pensilvania, que estaba al otro lado del país y era donde se hallaba la central que iba a tener un grave accidente pocos días después.

## **LOS NOTICIARIOS PLAGIANDO LA PELÍCULA**

Doce días más tarde, tiempo razonable para que la mayor parte de la población tenga oportunidad de comentar algo y que la expresión «síndrome de China» adquiriera categoría de concepto establecido a nivel popular, los noticiarios de primera hora de la mañana arrancaban en todo el país con lo que parecía un anuncio/resumen del argumento de la película: se había producido un accidente nuclear en la central de Three Mile Island (Isla de las Tres Millas, TMI a partir de aquí), cerca de Harrisburg, Pensilvania; al parecer se había producido la fusión del núcleo y se estaba esperando más información acerca de qué se podía esperar sobre la evolución futura del accidente.

Como primer golpe de efecto hay que reconocer que la noticia tenía fuerza y las caras de preocupación de los presentadores y de todo aquel que escuchaba los boletines informativos parecían más que justificadas. Las informaciones siguieron el habitual cauce de empezar siendo confusas, luego contradictorias y, para cuando se llega a un nivel de certeza sobre lo realmente sucedido, algunos medios no podían publicar las conclusiones porque ello hubiese significado desmentir lo ya publicado por ellos mismos con anterioridad como «cierto y sin dudas». De todas formas, pese a las excepciones, la mayor parte de lo publicado en esos días era razonablemente compatible con la realidad, aunque se llegó a desatar el pánico en algunos puntos.

## **NIEBLA INFORMATIVA**

Una anécdota clarificadora de hasta qué punto las cosas se empeñan a veces en salir mal es que en una de las primeras conferencias de prensa, una de las autoridades (el vicegobernador del Estado de Pensilvania) estaba diciendo que no había habido ninguna lectura en los instrumentos que dijese que se había escapado radiación mientras uno de los periodistas recibía en ese instante un aviso de uno de sus ayudantes que decía que sí, que se acababa de detectar algo así. Preguntó (sin tener la honestidad de advertir que era una información muy reciente, de apenas unos minutos de antigüedad), la autoridad (basándose en todo lo que sabía) lo negó con vehemencia y quedó desprestigiado para el resto de su vida. Lo que había pasado es que a él, como estaba en el atril respondiendo a las preguntas de los siempre peligrosos periodistas, ninguno de sus colaboradores se había atrevido a interrumpirle con las novedades que se iban sucediendo de forma constante y estaba peor informado que la gente que tenía delante, lo cual es siempre un riesgo añadido.

Esa lectura de radiación, por cierto, cuando se llevaron a la zona otros instrumentos se demostró errónea por una avería del medidor.

## **CUATRO FALLOS SIMULTÁNEOS**

En una simplificación a grandes rasgos, el accidente de la central de Harrisburg se originó por el fallo de unas válvulas que por una cadena de circunstancias terminaron dejando sin refrigeración el reactor, lo cual se agravó por un fallo humano que al principio no detectó de forma correcta esa situación y porque fallaron hasta cuatro elementos simultáneamente (sólo uno de los fallos fue realmente una avería). Algo, curiosamente, muy parecido a lo narrado por la película más famosa de esos días. El recalentamiento subsiguiente provocó la fusión parcial del núcleo (tras la parada del reactor) y las altas temperaturas crearon una gran burbuja de hidrógeno primero en la

vasija y después en el edificio de contención.

Para evitar el estallido del edificio de contención por la ignición espontánea del hidrógeno, se liberó una cantidad limitada de este para bajar la presión por debajo del umbral de riesgo. Esa liberación de hidrógeno arrastró isótopos radioactivos y fue la principal causa de riesgo para las personas en todo el desarrollo del accidente. La dosis media para las personas que vivían en un radio de dieciséis kilómetros de la central fue de ocho milirems, y no hubo ninguna dosis superior a los cien milirems en ningún individuo, ni siquiera en los empleados de la central que entraron en algún momento en el edificio de contención. Una dosis de ocho milirems viene a ser equivalente a una radiografía del pecho, y cien milirems es aproximadamente la tercera parte de la radiación natural de fondo que reciben los residentes en Estados Unidos en un año.

El resto de acciones emprendidas por los responsables técnicos de la central consiguieron refrigerar el reactor y controlar la situación, pero no evitaron los daños, irreversibles, en la vasija y que nunca pudiera volver a dar servicio.

Vamos con los detalles, aunque hay que reconocer que, treinta años después del desastre, hay cosas que todavía se ignoran, dado que en la confusión de algunos momentos no se ha llegado a saber quién cerró o abrió alguna válvula clave y a que el fallo afectó a la vasija del reactor, que quedó seriamente dañada y sin posibilidad de sacar de ella las barras de uranio por los métodos rutinarios. Con el tiempo se ha sacado casi todo, pero los trabajos se han centrado en retirar los elementos radioactivos de dentro del edificio de contención, cerrarlo y poco menos que «tirar la llave».

Aquel 28 de marzo de 1979 a las cuatro de la madrugada el reactor n.º 1, el más antiguo de los dos de esa central, llevaba cuatro años produciendo con suavidad sus setecientos ochenta y seis megavatios de electricidad; pero ese día estaba parado en fase de recarga de combustible. El vecino de al lado (compartían la misma isla, pero eran dos centrales independientes separadas por unos cientos de metros) era el reactor n.º 2 de la central de TMI, un reactor con pocos meses de servicio, refrigerado por agua y diseñado para una potencia eléctrica de un gigavatio.

## UN INCIDENTE SIN IMPORTANCIA

A aquellas 4:00:36 horas de aquel miércoles de principios de primavera, por razones que nunca se han conocido con total certeza, se pararon las bombas de agua del secundario y eso desencadenó una serie de consecuencias en cascada, de una forma automática. El bloqueo de la circulación de agua del condensador provocó automáticamente el cierre de su válvula de descarga: si no está circulando el vapor/agua, hay que cerrar la válvula de salida, pues en caso de no hacerse se vaciaría el condensador y se podría deteriorar todo el circuito. Pero esa ruta de salida es la de entrada a la vasija para enfriarla: se está deteniendo pues el mecanismo que saca del circuito primario el calor, la energía.

Como segunda consecuencia, ya que ha dejado de circular el vapor/agua que saca el calor de la vasija, hay que dejar de producir calor en esa vasija o, en otras palabras, debe pararse el reactor y enfriar todo el primario. En el circuito secundario, se paran también las bombas que hacen circular el agua/vapor de este lado de la central, ya que un momento después ya no van a recibir calor del primario y, en cascada, se para también el sistema principal de alimentación de agua; por último, se deja de producir electricidad.

Hasta ahí, es un incidente sin riesgos para nada ni nadie. Han pasado sólo dos segundos, el panel de control de la central parece un árbol de Navidad con muchas lucecitas parpadeando y se ha desatado una parada del reactor que quizá hubiese llegado a los periódicos locales, pero sólo si ese día no hubiera mucho más de lo que hablar. En principio, lo que se puede esperar que suceda a continuación es que la vasija, que está caliente, se enfríe poco a poco y que el agua del circuito primario aumente de temperatura por un tiempo. Pero el sistema está dimensionado para que, si no se produce más calor, todo ello se enfríe de forma controlada, por lo que no es una situación de alarma.

Los técnicos tienen como tarea, a partir de ese momento, vigilar las temperaturas y niveles hasta que todo se calme para, después, preocuparse de

solucionar el origen del problema. Las cosas se empezaron desarrollando según la rutina que cabía esperar.

## **SOLTANDO EL EXCESO DE PRESIÓN**

Como no salía el calor del circuito primario, el agua se calentó allí y se dilató, subió el nivel en el presurizador y la presión llegó a ciento cincuenta y tres atmósferas, unas siete por encima de lo normal, por lo que se abre la válvula de descarga (Pilot-Operated Reliev Valve, PORV; hablaremos mucho de ella en este capítulo) y el agua sobrante sale del sistema de refrigeración del reactor hacia el tanque de rebosamiento en el suelo del edificio de contención. La presión sigue subiendo pero ocho segundos después del primer incidente el reactor ya se ha parado por la caída de las barras de control (son muy largas: tardan un tiempo en bajar).

Un segundo después de la bajada de las barras de control el calor producido por la fisión del uranio es prácticamente cero, pero el resto de materiales radioactivos producto de la fisión del combustible nuclear (la central lleva tres meses funcionando y rompiendo átomos, lo cual crea muchos elementos exóticos en las barras de combustible) siguen produciendo una cierta cantidad de calor, apenas un 6% de la potencia nominal, lo cual puede parecer poco, y lo es en comparación con lo que estaba evacuando el sistema unos segundos antes, pero se trata del 6% de unos tres mil trescientos millones de vatios, una cifra muy grande incluso como número de la seguridad social, con lo que ese 6% seguía significando unos doscientos megavatios, una cantidad respetable que hay que evacuar, para lo cual se ponen en marcha unas bombas de forma automática que introducen agua en el sistema a través de dos tuberías (la normal y la de emergencia).

Y ahí se empezaron a torcer las cosas.

Por cierto, esa «inercia» radioactiva de un núcleo tras bajar las barras de control es también lo que cobró protagonismo en el caso de Chernóbil, pero ese incidente tendrá su momento unas páginas más adelante.

## **¿UN DESPISTE?**

Catorce segundos después del primer fallo un operador comprueba en una parte del panel de control que las bombas están funcionando, pero aparentemente no ve, poco más allá, las dos luces que avisan de que cada una de las tuberías tiene la válvula de paso «cerrada». Una de las luces está tapada por una etiqueta amarilla de mantenimiento pero nadie sabe qué pasó con la segunda luz. En consecuencia, el agua que se creía que estaba entrando en el sistema de refrigeración no lo estaba haciendo y las siguientes decisiones que tomaron fallaban en esa suposición.

## **UNA AVERÍA**

Con el reactor parado y la válvula de alivio (PORV) abierta, la presión en el sistema de refrigeración baja; hasta aquí todo normal para una situación de parada de las turbinas del secundario. La PORV debería haberse cerrado a los trece segundos del incidente, cuando la presión bajó de ciento cincuenta atmósferas, pero «no lo hizo» y esa fue la única verdadera «avería» implicada en todo el desastre.

Esa válvula no es conceptualmente distinta de las válvulas de limitación de presión que, en un entorno muy casero, hacen que se escape el vapor de la olla en la que estamos cocinando unas legumbres. Cuando se enfría la olla un poco, cuando bajamos el fuego, esa simplísima válvula cae y deja de salir vapor; raramente se atasca en su bajada pero si por lo que sea se atasca y no se cierra, y la persona que está cocinando no se da cuenta, la olla se queda sin líquido y se quema el guiso. En el caso de un reactor nuclear, la válvula es mucho más compleja y el hecho de que no se cerrase en el momento adecuado iba a ocasionar diversos problemas; pero en lenguaje coloquial se podría describir que, por falta de líquido, se les iba a «quemar el guiso» que estaba dentro de esa enorme olla.

## UN DEFECTO DE DISEÑO

Para empeorar las cosas, los operadores tardaron muchísimo en darse cuenta del fallo de la PORV, aunque tienen una excusa: una luz en el panel de control que, al estar apagada, indicaba que la maldita válvula estaba cerrada y, ante eso, es de imaginar que los ojos de los operadores seguían su escrutinio mirando a otros rincones que les explicasen lo que sucedía: tenían muchas otras lucecitas de las que preocuparse.

En realidad lo que indicaba esa luz era sutilmente distinto: lo que decía era que «la corriente eléctrica» que abría la válvula ya no circulaba, lo cual, en condiciones de buen funcionamiento, implicaba que la válvula debería estar cerrada, pero no tenían una manera directa de comprobar que la válvula estaba efectivamente cerrada; era sólo una evidencia indirecta y, ese maldito día, pese a que no circulaba por la válvula la corriente de activación, la PORV seguía abierta. En la investigación posterior del accidente, una de las más exhaustivas de la historia, pedida por el presidente Jimmy Carter (aquel ex ingeniero nuclear que había participado en las tareas de descontaminación del primer accidente atómico civil) y dirigida por el senador Kennedy, se sacó la conclusión de que eso era una ambigüedad en la señalización y un defecto en el diseño de la central.

Hay que recordar que estamos hablando de algo que estaba en la cima del presurizador, un imponente aparato de buen tamaño situado dentro del edificio de contención; es decir: estaba en un lugar potencialmente radioactivo y, en consecuencia, despoblado y alejado de los operadores que fundamentalmente sabían lo que allí sucedía por las luces e indicadores del enorme panel de control.

La válvula quedó abierta durante dos horas y veintidós minutos y en ese tiempo se escapó por allí el vital líquido de refrigeración, unos ciento veinte metros cúbicos (un tercio del total del reactor). Si la válvula PORV hubiese funcionado bien, o si no hubiesen estado cerradas esas válvulas de las tuberías de alimentación de agua, o si los operadores hubiesen visto a la primera la luz que avisaba de las válvulas cerradas, o si (más adelante)

hubiesen mantenido las bombas de alta presión en marcha más tiempo, todo habría quedado en incidente sin importancia para la Metropolitan Edison Company (conocida popularmente como Met Ed), dueña de la central, y no se habría escrito este capítulo. Como esas cuatro cosas salieron mal a la vez, fue un desastre de los muy caros. Vamos a terminar de analizarlo con detalle antes de pasar al de Chernóbil.

## **UN ENORME PANEL DE CONTROL**

También hay que intentar hacerse una idea del entorno en que los técnicos de guardia (menos de media docena) trabajan allí en ese día y en cualquier otro: la sala de control de la central.

El panel de control de una central es intimidante, se trata de un enorme tablero de más de cinco metros de largo que hay que observar mientras los altavoces dan sus avisos y cientos de luces parpadean y suenan pitidos. Está repleto de indicadores y mandos de actuación, con todos los sistemas duplicados, tanto los de funcionamiento rutinario como los de seguridad (los «A» y los «B», respectivamente), lo cual hace por lo general sencillo controlar las situaciones. En un sistema así, hace falta que fallen muchas cosas para que se lleguen a tener verdaderos problemas.

Pero, en ese enorme panel, el procedimiento normal durante, por ejemplo, labores de mantenimiento, era que se dejase «encima» de cada indicador afectado un cartel o una etiqueta explicativa de qué se hace y por qué. Es muy posible que una de esas etiquetas, tapando la luz indicadora de la apertura/cierre de las válvulas clave, desencadenase el fallo humano que convirtió el incidente en accidente.

Además los operadores están entrenados para seguir procedimientos de forma automática. Otra de las conclusiones de la investigación posterior fue que ese entrenamiento tenía un defecto de orden general: estaba dirigido a que los operadores averiguasen cuál era el «origen» del problema para a partir de ahí aplicar los procedimientos para solucionarlo desde ese origen; pero en este accidente no tenían la información adecuada para acertar en cuál



era el origen de los problemas y su diagnóstico fue equivocado. Desde entonces, los procedimientos están más orientados «al síntoma»: a solucionar los problemas sin profundizar en su comprensión y, de momento, ese planteamiento da mejores resultados porque si hay que enfriar se enfría, independientemente de si el calentamiento es por una u otra causa, por ejemplo.

Los que ese día torearon el incidente al principio fueron cuatro técnicos: William Zewe, supervisor de las dos centrales, Fred Scheimann, jefe de turno para TMI-2 y los dos operadores, Edward Frederick y Craig Faust, entrenados por la compañía eléctrica (Met Ed) y Babcock & Wilcox, la constructora de la central, y con licencia de la Comisión de Regulación Nuclear. La información sobre su entrenamiento es pertinente ya que al final se llegó a la conclusión de que ellos hicieron su trabajo de una forma correcta, pero que el entrenamiento era en parte responsable del desastre.

Los dos operadores estaban en la sala de control cuando saltó la primera alarma, seguida de una cascada de hasta cien alarmas diferentes en los siguientes minutos. En este libro tratamos de ir «al grano» y ofrecer un resumen de sólo las partes significativas de los hechos, pero siempre hay mucha «paja» alrededor del «grano» y uno de los operadores confesó después que le daban ganas de destrozar el panel de alarmas porque no les decía nada útil.

El supervisor, desde su despacho acristalado llamó al jefe de turno para que volviese a la sala de control. El jefe de turno estaba supervisando un mantenimiento en otra parte de la central, en la máquina n.º 7 de las que limpian el agua de refrigeración usando aire y más agua para limpiar las resinas de las tuberías, y ese detalle (la realización de mantenimientos en otra parte de la central) es muy posible que fuese el origen del incidente.

## **UN (POSIBLE) DESENCADENANTE EVITABLE**

Resulta por tanto que no había empezado todo en una situación rutinaria, sino en mitad de unas tareas de mantenimiento, unas tareas que incluían

movimientos de aguas limpias y resinas de un lado a otro, por lo que algunas válvulas no estaban en sus posiciones habituales. El mantenimiento incluía además la limpieza de algunas tuberías y tanques de refrigeración.

El agua que circula por el reactor está purificada por medio de resinas de intercambio iónico (como en tantos otros campos que precisan agua desionizada y pura). El agua se toma, por lo normal, de algún río o lago de las proximidades y para purificarla no basta con hervirla sino que hay que extraerle cualquier partícula que lleve (hervir el agua sólo sirve para matar la mayoría de las bacterias que contenga, pero no saca de allí los cadáveres de las bacterias). Para eso se utilizan resinas que, de una forma simplista, se pueden ver como sustancias pegajosas a las que se adhiere cualquier partícula que esté en el agua y que se eliminan luego con facilidad.

Periódicamente debe cambiarse el agua del sistema de refrigeración y limpiarla, para lo que se extraen a continuación las resinas usadas soplando con aire comprimido a través de las tuberías. Ese trabajo estaba relacionado con el condensador, esa especie de radiador que elimina el remanente de calor que todavía tiene el vapor después de pasar por las turbinas; en el proceso, ese vapor se enfría y vuelve a ser agua líquida (conceptualmente no es muy distinto del radiador de un coche, que saca el calor del motor y se lo pasa al aire).

En todo ello participa esa tremenda chimenea que suele haber al lado de una central nuclear: es allí donde el agua se enfría y suele producir nubes de vapor, pero es vapor de agua limpia: nadie debería alarmarse por ver esas nubes. De hecho las grandes centrales de carbón, gasóleo o gas utilizan el mismo diseño de chimeneas.

Con posterioridad se achacó a esa actividad de mantenimiento el inicio del incidente, puesto que una válvula defectuosa dejó entrar algo de agua en el sistema neumático que cierra las válvulas del sistema de limpieza, lo cual podría haber causado un cierre muy brusco de las mismas justo unos segundos antes del inicio del suceso. Es tan sólo una relación temporal (un cierre brusco, unas vibraciones que se transmiten por las tuberías y unos segundos después se paran las turbinas), no una evidencia directa, pero es lo mejor que se tiene como causa desencadenante.

Lo peor es que, por lo visto, eso había sucedido ya un par de veces antes y si se hubiese reparado el problema de la válvula defectuosa de los limpiadores la primera vez que sucedió, el accidente quizá nunca hubiese ocurrido.

## **UNA CONCLUSIÓN ERRÓNEA**

Ignorando que la válvula de alivio (PORV) estaba erróneamente abierta y que las válvulas de entrada de agua en el sistema estaban cerradas, los operadores empezaron a equivocarse en la interpretación de lo que veían. En el sistema de refrigeración la presión y la temperatura bajaban y el nivel de agua bajaba también en el presurizador. Pero eso podía parecer por completo normal, porque el agua disminuye de tamaño al enfriarse. A los pocos segundos del incidente se habían puesto en marcha las bombas para añadir agua al sistema. A los cuarenta y ocho segundos del incidente con la «presión» todavía bajando, el «nivel» de agua en el presurizador empezó a subir, lo cual se interpretó como una consecuencia de la entrada de agua en el sistema (todavía se ignoraba que las tuberías de alimentación de agua estaban cerradas por sendas válvulas y que se estaba perdiendo por la PORV).

Lo que tampoco sabían es que tras un minuto y cuarenta segundos de incidente, debido a que las válvulas que alimentaban el sistema con agua fresca estaban cerradas, en el generador de vapor hervía la que quedaba, el agua del reactor se calentaba también y el vapor producido en la vasija, al llenar la parte de arriba y hacer salir de allí más agua por debajo, hizo subir de nuevo el «nivel» del presurizador. Los operadores estaban entrenados para evitar que se llenase por completo, pues eso hubiese llevado a dejar sin control la presión. Además, entendieron que si el presurizador estaba lleno era porque el sistema entero estaba lleno: no había una manera directa de comprobar el nivel dentro del núcleo y tenían que suponerlo basándose en el nivel de agua en el presurizador; sin embargo en el reactor el nivel de agua estaba por el contrario bajando, el agua era apartada por el vapor y no se estaba enfriando, y eso no lo dedujeron porque creían que estaba entrando

agua fresca en el núcleo.

Dos minutos y medio después de que se pusiesen en marcha las bombas de alta presión uno de los operadores apagó una y redujo el flujo de la otra a sólo unos cientos de litros por minuto. En principio, la presión menguante y el que el reactor no se enfriase les debería haber alertado de que estaban frente a un descenso del nivel del refrigerante, pero les habían entrenado tanto para temer una pérdida de control de la presión que eso es lo que tuvo prioridad en sus decisiones.

## **AL BORDE DEL PRECIPICIO**

En la mencionada película, bastante fiel a la realidad en términos generales (excepto por las afirmaciones de algún personaje alarmista), se disfruta de una gran interpretación de Jack Lemmon cuando expresa una máxima tensión: descubre que el indicador que marcaba el nivel del agua de refrigeración en el núcleo tenía atascada la aguja, le da unos golpecitos, se desatasca y marca que el reactor está a punto de dejar las barras de uranio al descubierto porque, basándose en que la dichosa agujita estaba (atascada) en la posición más alta, habían abierto las válvulas que sacaban agua del núcleo para evitarle una sobrepresión y otros disgustos mucho peores. Uno de los personajes afirma que si hubiera ocurrido una mayor pérdida de agua, no habrían podido evitar la fusión del núcleo.

## **LOS MOMENTOS CRÍTICOS**

En el accidente de TMI, el caso real de unos días después, sucedía lo mismo pero por dos causas complementarias: no estaban haciendo nada para sacar el agua, pero «no» estaba entrando cuando creían que sí lo hacía y, a la vez, la estaban perdiendo por una avería en el otro extremo del circuito: por la PORV.

En el secundario baja la temperatura por falta de circulación del agua,

pero en el primario sigue aumentando el nivel en el tanque de presurización. El agua del primario está a presión para que no hierva a cien grados centígrados como hace a presión normal, sino por encima de trescientos veinticinco grados, y esa presión se mantiene gracias al presurizador, que ha de tener siempre algo de aire en la parte superior para, quitando y poniendo ese gas, controlar la presión de todo el sistema (si no hay gas, se pierde el control sobre la presión). Y el inyector de agua a presión funciona a una presión todavía mayor para forzar la circulación en cualquier circunstancia.

Si con el agua a esa temperatura baja la presión, se pone a hervir con furia. Es el mismo caso que si destapamos la olla a presión con las legumbres. Si no nos quemamos con las salpicaduras (que es lo más probable), veremos que el caldo se pone a burbujear; si se hace de una forma menos brutal, quitando la válvula de encima de la olla, al principio sale vapor (y, dentro de la olla, hierve el caldo), pero enseguida empieza a salir el líquido que, al hervir, ha llegado al nivel de la válvula y, si nos descuidamos, salen incluso las legumbres a través de la válvula: algo parecido, sólo que a una escala mucho mayor, a lo que estaba pasando en el núcleo del TMI-2.

Como estaba bajando la presión porque la PORV estaba abierta y, a la vez, el agua de las bombas de refrigeración no entraba porque unas válvulas estaban cerradas en esas tuberías y las luces de advertencia no las habían visto, el agua del núcleo estaba hirviendo. Eran los momentos críticos. Las burbujas de vapor que se estaban formando al hervir el agua del sistema de refrigeración, a los cinco minutos y medio del incidente seguían desplazando más y más agua fuera del reactor, agua que iba a parar al presurizador subiendo allí el nivel aún más, lo cual hacía creer a los operadores que todo el sistema estaba lleno de agua, incluido el núcleo, en el que, sin embargo, lo que pasaba es que hervía el agua, el vapor y su presión espantaban \*\*\* NO HAY \*\*\* más agua de allí y el uranio se estaba quedando al descubierto.

Los operadores, sin embargo, al apagar una de las bombas y limitar el funcionamiento de la otra, estaban escatimando el agua del sistema para que no subiese demasiado la presión. Estos fueron siguiendo escrupulosamente los procedimientos del manual, pues esas bombas, de funcionamiento muy en el límite (y muy caras) no se recomienda utilizarlas más de unos pocos

minutos cada vez (lo normal es utilizarlas alternativamente en ciclos de cuatro minutos). En *El síndrome de China* una de esas bombas también tenía cierto protagonismo, pero no desvelamos más detalles para no chafar la intriga de la película.

## **POR FIN SE DAN CUENTA**

A los ocho minutos del primer incidente alguien (hay discusión sobre quién fue el primero) se dio cuenta de que no estaba llegando el agua al reactor por el sistema de emergencia. Un operador (Faust) comprobó las luces del panel que decían que las dos válvulas del sistema de alimentación estaban cerradas; primero comprobó las dos válvulas que sólo se abren cuando las bombas ya han alcanzado la presión necesaria (si se abriesen antes, al tratar de meter agua en un sistema que está a una presión aún más alta, en vez de meter agua, saldría esta «marcha atrás» y es probable que la bomba se averiase); aquellas válvulas resultó que estaban abiertas. Después pasó a comprobar el segundo par de válvulas, que se supone que siempre están abiertas y sólo se cierran durante tareas de mantenimiento, y resultó que eran las que estaban cerradas. Las abrió y por fin empezó a fluir el agua fresca en el sistema de refrigeración. Habían pasado ocho minutos. Ocho minutos que fueron críticos y determinaron el futuro de la central.

## **UN DESCUIDO YA OLVIDADO**

Cuarenta y dos horas antes del incidente se habían pasado unas pruebas rutinarias a las bombas de alimentación de agua. En el curso del procedimiento de pruebas se cierran y abren esas válvulas y al final del proceso no se debieron quedar abiertas aquel día (las otras posibles opciones eran mucho menos probables como, por ejemplo, que en las pruebas del día 26 se habían dejado correctamente abiertas y durante el principio del incidente alguien las cerró por error; muy improbable).

Ese cierre, en sí mismo, no fue la causa del accidente, pero ayudó a confundir a los operadores en un momento crítico y les hizo tomar decisiones equivocadas en un contexto en el que, además, la válvula PORV de alivio estaba expulsando agua del sistema sin que ellos se enterasen. Han sido los momentos clave: el núcleo del reactor ha estado sin refrigeración y la temperatura ha subido sin límite: en estos minutos es cuando se sobrepasó la frontera más allá de la cual no hay buenas soluciones para el problema.

Las barras de uranio (recubiertas de circonio para dejar en circulación sólo los neutrones y evitar que la radiación no aprovechable salga) o las de control (de boro, normalmente) están sumergidas en agua y por lo tanto su superficie está más o menos a la temperatura del agua en ese punto (unos cientos de grados). Según fuésemos penetrando más y más adentro de las barras la temperatura subiría de forma continua. Pero si no tienen refrigerante, el circonio de la superficie llega a la temperatura máxima del interior de la barra con rapidez y el núcleo de las barras, al no estar rodeado de metal menos caliente, también sube aún más de temperatura sin que nada lo frene.

En esos minutos, a tan alta temperatura, se supuso después que el agua reaccionó con el circonio de las vainas de las barras y se produjo hidrógeno y oxígeno. Este último, a esas temperaturas, oxidó las vainas y el hidrógeno quedó suelto formando una burbuja en la parte superior de la vasija e impidiendo que se llenase de agua por completo incluso cuando por fin se abrieron las válvulas que dejaban entrar el agua de refrigeración. Las vainas, además, se deteriorarían y multitud de partículas (cenizas, óxidos, esquirlas) se añadieron al flujo de agua de refrigeración creando el peligro de que cualquier mecanismo que se encontrase por el camino se atascase o, al menos, se deteriorase.

Además, el hidrógeno sobrante empezó poco después a escaparse en parte con el vapor de agua y saliendo a través de la maldita PORV al edificio de contención. Ese hidrógeno es el que más dolores de cabeza daría en las siguientes horas y días (todavía hoy, de hecho, es el tema de discusión entre los interesados).

## **UN SÍNTOMA IGNORADO**

Sin embargo, durante más de dos horas los operadores siguieron sin darse cuenta de que la válvula PORV estaba abierta. De acuerdo, en el panel las luces decían que estaba cerrada (en puridad, decían que no había corriente eléctrica de activación de la válvula y, por lo tanto, no había nada que justificase que estuviera abierta), pero también tenían un marcador que decía la temperatura que había en esa tubería.

La teoría que habían estudiado es que si la temperatura de esa tubería superaba los mil noventa grados eso significaba que por ahí estaba circulando agua o vapor y, por lo tanto, era porque la PORV estaba abierta; por contra, si bajaba de setecientos grados la válvula debajo de ella debería haberse cerrado de forma automática. Pero los operadores, según declararon ante la comisión de investigación, estaban acostumbrados a que esa tubería siempre estaba a una temperatura bastante alta, siempre cercana al máximo, por lo que no hacían mucho caso a las cifras exactas. Además, como daban por sabido que la válvula se había abierto (correctamente) al principio del incidente, estaban convencidos de que esa temperatura tan alta se debía a que la tubería estaba tardando en enfriarse.

Por otra parte, vigilar esa temperatura no era prioritario en los procedimientos aprobados, hasta el punto de que ese marcador estaba en la parte de atrás del panel principal: no parece que se considerase importante lo que marcaba.

## **AGUA POR TODAS PARTES**

A las 4:11 hubo una primera indicación de que en el edificio de contención había agua por el suelo. Había salido (aunque los operadores todavía no lo sabían) por la válvula PORV junto con vapor hacia el tanque de desbordamiento, y a las 4:15 la válvula de seguridad de ese tanque saltó ante la presión excesiva tirando aún más agua (radioactiva) al suelo del edificio de



contención, que por cierto se había construido para situaciones como esa.

A las 4:20 los instrumentos midieron más neutrones de lo normal dentro del núcleo. Los neutrones deberían haber sido casi eliminados por las barras de control y por el agua del refrigerante, por lo que eso era síntoma de que una de esas dos cosas no estaba en su sitio, pero los operadores no lo notaron porque estaban atendiendo a la subida de temperaturas y presiones del edificio de contención y poniendo en marcha la refrigeración del edificio y los ventiladores del interior. No darse cuenta de que estaban en un LOCA (*loss of coolant accident*, un ‘accidente por pérdida de refrigerante’) se interpretó durante la investigación como un grave problema de formación.

Por entonces Frederick recibió una llamada desde el edificio auxiliar en la que se le comunicó que allí un instrumento decía que había casi dos metros de agua en el fondo del edificio de contención (el edificio no tiene un fondo plano: eso no quería decir que «todo» el edificio tenía esos dos metros de agua). Preguntó a la sala de ordenadores y le confirmaron el dato. A las 4:39 pararon las bombas de achique que se habían puesto en marcha porque no sabían cuál era el origen de esa agua y podría ser radioactiva; se habían bombeado ya unos treinta mil litros al edificio auxiliar. Y ninguna luz del panel les avisaba de que había una válvula perdiendo agua.

## **UNA SITUACIÓN NO PREVISTA EN LAS NORMAS**

En seguida se había avisado al superintendente del soporte técnico, George Kunder, que llegó a la isla a las 4:45. Se le había dicho que tenían una avería en una turbina del secundario y una parada del reactor (eso, a las 4:00, era una descripción correcta de la situación), pero no es lo que él apreció cuando llegó, porque le extrañó que el «nivel» del agua en el presurizador estuviese alto a la vez que la «presión» en el sistema estaba baja; todo se había hecho según las normas, pero estaban en una situación que nunca antes se había planteado, ni siquiera en unas prácticas y personas como aquellas, acostumbradas a seguir normas, no tenían nada a lo que agarrarse para saber cómo actuar.

En esos momentos, a las 5:00, las bombas de refrigeración empezaron a vibrar con fuerza. Deberían haberse dado cuenta de que se podía deber a que estaban trabajando con agua mezclada con vapor, señal de que el refrigerante estaba hirviendo, pero se limitaron a parar las bombas para evitar averías, dos de ellas a las 5:14 y las otras dos a las 5:41. Con el agua escapándose por la PORV, aunque no lo supieran, dejar de alimentar con agua fresca la vasija fue una mala decisión,

A las 6:00 se empezó a sospechar que había alguna rotura que dejaba escapar gases radioactivos, porque saltaron las alarmas de radiación del edificio de contención. Con el refrigerante que seguía saliendo por la válvula PORV en forma de vapor y añadiéndose una cantidad insuficiente de agua, la parte superior del núcleo estaba quedándose al descubierto y, sin refrigeración al haber parado las bombas, la temperatura subía sin freno en puntos clave. A las 6:00 se producía además el cambio de turno y llegaron a la central varios técnicos de refresco que venían descansados y vieron la situación en su conjunto. Eso fue crucial en los siguientes minutos. Uno de ellos, un tal Rogers, era empleado de la empresa constructora de la central.

En una conferencia telefónica entre varios técnicos de alto nivel se habló de la válvula PORV. El representante de la empresa constructora, Rogers, preguntó al superintendente del soporte técnico (George Kunder) si estaba cerrada la válvula de bloqueo que estaba en serie con la PORV, válvula que estaba allí por seguridad por si la propia PORV no funcionaba o se necesitaba anular por cualquier causa (por ejemplo para cambiarla). En realidad cada válvula de la instalación que funcionaba según algún automatismo tenía en serie o en paralelo otra de seguridad que se accionaba manualmente. George contestó que no lo sabía, envió a alguien a comprobarlo y se pudo oír en los teléfonos como la contestación era «la válvula está cerrada».

Los operadores cerraron la válvula que anulaba la PORV a las 6:22, dos horas y veintidós minutos después de que se empezase a escapar vapor y agua por allí, pero no se sabe quién la había cerrado ni por qué. Pudo ser que uno de los nuevos lo hiciese por su propia iniciativa, pudo ser que se acordara cuando Rogers preguntó por ella. En cualquier caso, a partir de ahí dejó de perderse refrigerante y la PORV abandonó su papel protagonista en esta

historia. Sin embargo, no dejaron de producirse problemas porque, básicamente, a esas alturas la burbuja de hidrógeno que ocupaba gran parte del interior del núcleo impedía que el agua enfriase las barras de uranio y de boro que, seguramente, ya estaban fundidas y formando un magma incontrolable dentro de la vasija.

## **LA PUNTILLA: PONER AL MANDO UN COMITÉ**

Más adelante se llegó a la conclusión de que hasta ese momento el núcleo se había recalentado y había producido la burbuja de hidrógeno, pero que sólo quedó gravemente al descubierto a partir de las 6:15. Lo malo fue que ahora era un comité el que estaba tratando de controlar la situación, todavía estaban discutiendo si la situación era más o menos grave o si declarar el estado de emergencia o no y de qué grado, y en esos instantes críticos se tardó más de una hora en dar la orden de poner de nuevo en marcha las bombas que añadían refrigerante. Perdieron tiempo en el momento más inoportuno.

Hasta ese momento la radiación en el edificio de contención era moderada, pero empezó a subir. Un especialista entró para hacer medidas con un sensor portátil (una tarea de unos veinte minutos) y volvió diciendo que la radiación crecía hasta ser del orden de un rem por hora. A las 6:48 había radiación detectada en varias partes del edificio y los síntomas indicaban que unos dos tercios del núcleo estaban al descubierto sin refrigeración. Durante la investigación posterior se llegó a la conclusión de que en esos momentos se alcanzaron temperaturas de entre mil novecientos y dos mil doscientos grados en algunas partes del núcleo, mucho más de lo necesario para fundir los materiales allí contenidos. El uranio es un metal que se funde a los 1132 °C y el boro a los 2180 °C.

Quizá es el momento de recordar que en el núcleo de un reactor no hay nunca tanto uranio como para que estalle en forma de bomba; se calienta, pero no puede estallar bajo ningún concepto porque no hay cantidad suficiente lo coloques como lo coloques y le hagas lo que le hagas.

A las 6:54 los operadores pusieron en marcha una de las bombas de refrigeración, pero la tuvieron que apagar a los diecinueve minutos por las vibraciones (estaba bombeando casi más vapor que agua, lo cual acelera las piezas y provoca todo tipo de vibraciones y roturas si no se frenan). A las 7:00 declararon formalmente la situación de emergencia y le dieron la calificación de «liberación incontrolada de radiación al entorno inmediato» (edificio de contención).

Se definieron responsabilidades de los técnicos presentes y se avisó a las autoridades, lo cual se hizo rutinariamente con la notable excepción de la Comisión Reguladora Nuclear, que tenía un contestador automático que sugería que, en caso de emergencia, se llamase a los responsables a sus domicilios. Pero ya no estaban en sus domicilios, sino todos camino de sus oficinas y todavía no se había desarrollado y extendido el teléfono móvil: fueron los últimos en enterarse a causa de su puntualidad.

También se enviaron en ese momento técnicos con sensores a medir la radiación en los alrededores de la central y en las poblaciones vecinas, recogiendo niveles ínfimos de radioactividad. Quince minutos después se comienzan a notar picos de presión. También estaban teniendo lugar pequeñas deflagraciones espontáneas en el primario, pero aún no lo sabían. A las 7:20 pusieron de nuevo en marcha las bombas de refrigeración cuando los medidores decían que la radiación dentro del edificio de contención era de ochocientos rem por hora. Solo mantuvieron las bombas en marcha dieciocho minutos.

Por entonces la única radiación que había salido del edificio de contención era la que llevaba el agua que se había bombeado a los edificios auxiliares. Posteriores diseños harían eso imposible porque para conceder la licencia de funcionamiento había que garantizar el aislamiento total del edificio de contención en circunstancias como las del accidente del TMI-2.

A las 8:26 volvieron a activar las bombas y esta vez las mantuvieron en marcha; se calcula que a las 10:30 consiguieron que el núcleo, o lo que quedaba de él, volviese a estar cubierto de refrigerante. A partir de aquí pierde protagonismo este otro personaje del drama que pasa a enfriarse poco a poco sin mayores intentos de llamar la atención.

## **SE HACE PÚBLICO EL ACCIDENTE**

Sobre las 8:00 un periodista, oyendo la emisora de la policía, se enteró de que había una emergencia y sobre las 8:30 la noticia empezó a ser pública. Por entonces los niveles detectados de radiación seguían siendo nulos en los alrededores (nunca son nulos, siempre hay algo de radiación natural en todas partes, pero cuando no pasan del nivel de la radiación «de fondo» preexistente en la zona podemos decir que la lectura es «cero»). En determinado momento un sensor captó yodo-131, un ión especialmente dañino y relacionado con el cáncer de tiroides, pero resultó ser una medida errónea que nuevos sensores enviados a la zona no detectaban.

En la sala de control la situación era muy diferente, los empleados a las 11:00 iban con mascarillas y se había desalojado a todo el personal no imprescindible.

## **HIDRÓGENO**

Es posible que el hidrógeno hubiese salido de la vasija arrastrado con el agua por las bombas de alta presión, pero también podría ser que hubiera bajado tanto el nivel del agua en la vasija que alguna válvula hubiese quedado por encima del nivel del líquido y por allí hubiera salido el hidrógeno. Las canas de algunos técnicos es probable que tuviesen su origen en esos momentos: estaban descubriendo la magnitud del problema.

A estas alturas ya se sabía que los daños en el reactor eran muy graves y, con toda probabilidad, irreversibles: la central estaba muerta y todos los trabajos estaban encaminados tan sólo a enfriar el núcleo, bajar las presiones y estabilizar la situación antes de pensar siquiera en planear el desmantelamiento de la vasija y, quizá, de la propia central.

Pero no hay manera de hacer desaparecer las burbujas de hidrógeno. Si baja «mucho» la temperatura, baja la presión, pero no por ello desaparece el

hidrógeno, que sólo deja de ser peligroso cuando se recombina con el oxígeno y produce de nuevo agua; lo malo es que ese proceso es «explosivo». Es otro de esos típicos experimentos de químicos aficionados que deja el laboratorio de casa hecho añicos..., si hay suerte y se trabajaba con muy pequeñas cantidades.

Si el hidrógeno arde al aire libre, el incendio del *Hindenburg* podría ser una buena ilustración de lo que sucede, aunque el gran volumen de gases resultantes, al expandirse en un entorno abierto, se dispersan en la atmósfera sin mayores daños: es vapor de agua. Pero si eso sucede en un espacio cerrado, entonces el resultado es una buena explosión. Y en ese edificio de contención había muchos metros cúbicos de hidrógeno, a una alta presión, mezclado con el oxígeno del aire y en el centro de todo una vasija a una altísima temperatura y que estaba costando mucho enfriar.

A las 13:50 se oyó un golpe sordo que mucho más tarde se identificó como una explosión tal vez parcial del hidrógeno que había en el edificio de contención. Mientras se sigue sacando calor del núcleo con el sistema de alta presión y desciende la diferencia de temperatura entre el agua entrante y el agua saliente, baja por fin la temperatura del interior de la vasija y, en consecuencia, se aleja el riesgo de que el hidrógeno de la propia vasija estalle dentro del edificio de contención (aunque ese riesgo seguía existiendo). A cambio, como ese calor que se estaba sacando de la vasija no se iba de la central (antes, cuando funcionaba bien, se marchaba de allí en forma de electricidad), el calor se está quedando dentro del edificio de contención y aumenta la temperatura y la cantidad de hidrógeno en él, la última barrera entre las radiaciones y la atmósfera.

## **¿QUÉ HACER CUANDO SE TIENE UNA BOMBA EN LAS MANOS?**

Dentro del edificio, el hidrógeno se ha mezclado con el oxígeno del aire, está sobrecalentado y varía la presión. En cualquier momento puede producirse una deflagración espontánea, incluso a partir de determinados niveles de concentración es inevitable que se produzca.

Incidentalmente, es el mismo principio físico por el que funcionan los motores diésel: el combustible (gasóleo) se mezcla con el aire en la cámara del cilindro y se comprime. Al llegar al máximo previsto de presión, con el pistón en la parte alta de su trayectoria, en el final de la fase de compresión, con toda puntualidad se produce la explosión que mueve el motor, sin necesidad de bujías, sin ningún desencadenante más que el aumento de la presión. Rutinario. Esto ocurre con muchos otros productos que reaccionan entre sí de forma espontánea, pero el gasóleo lo hace a presiones y temperaturas más fáciles de alcanzar y controlar. También hay motores de hidrógeno, pero no se popularizan porque el hidrógeno es mucho más inestable que el gasóleo y controlarlo sube demasiado el precio del motor.

Según pasaban las horas, en el edificio se estaba alcanzando esa concentración crítica. Si estallaba todo el hidrógeno, sería un estallido en el que el explosivo era un gas que llenaba por completo el edificio. Lo hubiese dañado, quizá gravemente y, a continuación, toda la radiación que ya se había escapado de la vasija (y toda la que se pudiese escapar en el futuro de esa vasija averiada) podría salir a la atmósfera sin control. Es justo lo que pasó en Fukushima cuarenta y dos años después.

## **ENFRIAMIENTO PAULATINO**

El resto del día 28, así como el 29, fueron horas de dejar que se enfriase poco a poco el reactor y tratar de mantener la situación controlada. También fueron horas que los responsables de la central tuvieron que dedicar más a tratar con la prensa que a pensar en soluciones. De todas formas se estimó que la burbuja no explotaría dentro del edificio de contención hasta dentro de cinco a ocho días, tomándose ese horizonte como límite para encontrar la manera de eliminarla.

## **BUSCANDO VACUNAS CONTRA EL CÁNCER DE TIROIDES**

En algún momento de esos días se buscaron dosis de yoduro potásico para preparar a la población por si había liberación de yodo-131. El yodo-131 se acumula en el tiroides y es cancerígeno, pero si se ingiere yoduro potásico con antelación, como el tiroides se llena de él, para cuando llega el yodo-131, no puede implantarse en un órgano ya saturado de yodo inocuo y se evitan los problemas de salud. Lo malo era que nadie tenía fabricadas dosis masivas de yoduro potásico y se necesitaban del orden de doscientas cincuenta mil para toda la población de la zona. Se consiguieron 237 013 dosis para el 4 de abril, pero no se llegaron a distribuir porque para entonces resultaban innecesarias al bajar el nivel de alarma.



## TMI-2 Core End-State Configuration

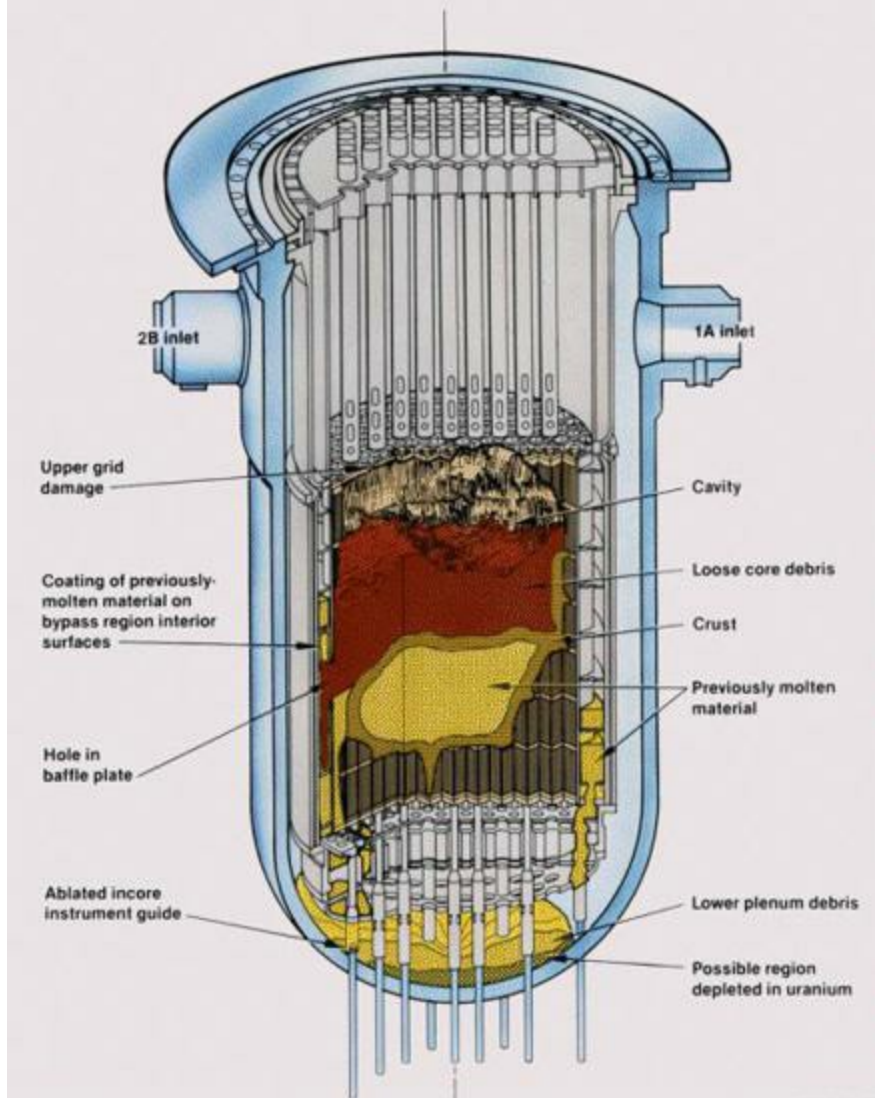


Diagrama publicado por la comisión investigadora del incidente sobre el estado final del Núcleo.

## SOLTANDO GAS

Finalmente se realizó la acción que más críticas podía desatar (y desató): se dejó escapar hidrógeno a la atmósfera, de manera controlada y limitada, para evitar el estallido del edificio de contención.

El viernes, dos días después de iniciarse el incidente, con la presión de la burbuja de hidrógeno en el edificio de contención ya casi imposibilitando el bombeo de refrigerante, se dejó salir gas al edificio auxiliar sabiendo que no era estanco y que se filtraría a la atmósfera, pero que sería una salida de radiación muy lenta y ligera. Se llegó a discutir la evacuación de la población a sotavento de la central e incluso una emisora de radio anunció que se había dado la orden de evacuación, con la consiguiente alarma social, pero cada vez que se consultaba con un técnico y este explicaba las cifras y su (no) gravedad se desechaba la opción de la evacuación.

Desalojar esa cantidad de hidrógeno ya fue suficiente para resistir hasta que las temperaturas, que seguían bajando, llegaron a niveles inocuos y se pudo empezar a pensar en la extracción controlada de la radioactividad del edificio de contención, y el sellado de la vasija y del propio edificio.

## **FIN DEL INCIDENTE**

A finales de abril se dio por terminado el incidente con el reactor ya frío. Con posterioridad se calculó que en los ocho minutos en los que el nivel del agua había bajado y la temperatura había subido de forma descontrolada dentro de la vasija, el 90% de las barras de combustible había sufrido daños parciales.

Las barras de combustible dañadas por la elevada temperatura son las que habían hecho que se produjera hidrógeno por reacción con el agua del primario y su deformación hizo que las barras de control también quedasen deformadas con casi total seguridad. Ese hidrógeno es el que había impedido que el agua, en los siguientes momentos, enfriase el núcleo como se esperaba.

Finalmente, no había habido roturas, fisuras ni poros en la vasija, pues pese a las válvulas que funcionaron mal, y gracias a las que funcionaron bien, se evitó que se forzara la resistencia de los materiales más allá de sus límites. Muchos años después, como consecuencia del gran terremoto de Japón de marzo de 2011, se produjeron unas circunstancias muy similares en el reactor n.º 1 de la planta de Fukushima, en la costa noreste a más de doscientos

kilómetros de Tokio, pero allí la evacuación del gas no fue suficiente para evitar una explosión. La televisión decía que la explosión del edificio no había dejado libre la radioactividad, pero se referían a que la vasija no era lo que había explotado y por tanto el uranio todavía estaba dentro. Aunque la verdad es que ni siquiera de eso estaban seguros.

## **BARRER, FREGAR Y ¿QUÉ HACER CON LA BASURA?**

Las tareas de cierre del reactor n.º 2 de TMI se prolongaron durante años. Hasta 1980 no entró nadie más en el edificio de contención. El vaciado del reactor se dio por terminado en 1993. Se sacó casi toda la carga: más de cien toneladas de combustible nuclear. Queda algo en el fondo, fundido y soldado con la vasija, aunque menos del 5 %.

El TMI-1, que está a unos cientos de metros del TMI-2 y en su propio edificio de contención, se detuvo durante el incidente y por precaución sólo volvió a ponerse en marcha tras la investigación, siete años después. En 2012 sigue en explotación, y por el momento se prevé que continúe su vida útil al menos hasta 2034.

El TMI-1 tiene en estos momentos el récord mundial de funcionamiento sin interrupciones de centrales eléctricas de cualquier tecnología (616 días) y el de horas/hombre (el total de las personas que trabajan multiplicado por las horas que lo han hecho) continuadas sin accidentes laborales (tres millones de horas).

La polémica sobre los daños a la población, sin embargo, se prolongará mucho más. El Departamento de Salud de Pensilvania mantuvo durante dieciocho años un registro de las más de treinta mil personas que vivían en un radio de cinco millas alrededor de TMI en el momento del accidente. Este registro se abandonó en junio de 1997 sin que se hubiera detectado prueba alguna de tendencias sanitarias anormales en la zona.

## **INFORMACIONES FUERA DE CONTEXTO**

Por supuesto hay cifras de casos de cáncer, malformaciones y todo tipo de problemas de salud en la población implicada, cifras que puestas encima de la mesa sin compararlas con nada pueden causar alarma en quien no esté bien informado, pero lo que el Departamento de Salud de Pensilvania dijo es que esos niveles sanitarios no son diferentes de los de cualquier otra zona del país. En otras palabras: si alguien utilizase las cifras de Madrid, por ejemplo, e insinuase que todos esos (miles y miles de) casos de cáncer que llenan los hospitales son debidos a un accidente nuclear que las autoridades tratan de ocultar, también ocasionaría la misma o mayor alarma, incluso en ausencia total de accidentes nucleares conocidos en la zona.

## **HAY QUIEN NO SE ALARMA POR QUE LE HAGAN UNA RADIOGRAFÍA**

La emisión de gases a la atmósfera en el accidente de TMI (el hidrógeno no es radioactivo, pero arrastró isótopos radioactivos con él) produjo una irradiación que se calculó en treinta milirems a ciento ochenta metros del edificio de contención y que, por los vientos dominantes, se dispersó en una gran superficie de manera que su efecto se diluyó.

La geometría básica, en concreto la fórmula del volumen de una esfera o de cualquier cuerpo, nos enseña que si esos gases se dispersaban en una esfera del «doble» de radio, la concentración de radiación sería de la «octava» parte<sup>[25]</sup>; es decir: a quinientos metros de la central la irradiación sería de unos cuatro milirems o menos, simplemente porque los mismos isótopos se reparten en un volumen mucho mayor, ocho veces mayor.

Hay que decir que un milirem es una unidad de medida de la radiación. Una persona normal recibe a lo largo del año de cien a trescientos milirems, y eso si no ve una televisión en color demasiado antigua, hace una vida activa en una ciudad sin problemas de radioactividad y sale al campo en zonas normales. Por cierto, la sierra del Guadarrama (su granito produce emisiones de radón, un gas radioactivo), cerca de Madrid, o la provincia de Salamanca

(su Campo Charro es muy rico en uranio) «no» son zonas normales, pues tienen sus propias fuentes naturales de radioactividad de cierta importancia<sup>[26]</sup>.

Hoy en día se considera peligroso recibir una dosis de más de mil milirems anuales, aunque en otros tiempos se definía el nivel de peligro en cien de una sola vez y cinco mil milirems anuales (y antes de 1930 incluso más).

Cada radiografía que nos hagan nos aporta unos diez milirems o menos. Es de suponer que nos la hacen bien: sin irradiarnos más de lo estrictamente necesario tanto en potencia como en superficie del cuerpo expuesta. Los más mayores de entre los lectores todavía recordarán cuando las radiografías no se hacían sacando una «foto» sobre una placa que luego el médico examina con calma, sino que se nos ponía detrás o dentro de un aparato en una sala bastante oscura y se nos estaba irradiando mientras el médico veía con calma nuestras interioridades en la pantalla en la que terminaban su recorrido los rayos X que nos estaban atravesando, a veces durante varios minutos. Ahora esa forma de examinar a un paciente nos parecería una salvajada, pero la utilización clínica de rayos X y de isótopos radioactivos sigue siendo para la mayoría de la población la fuente de irradiación más importante; salvo para los que tienen factores específicos de riesgo.

Según todo eso, la exposición de la población cercana a la central TMI (a kilómetros y decenas de kilómetros como muy cerca) no debería haber provocado una irradiación apreciable, desde el punto de vista técnico. Sin embargo se llegó a producir un cierto nivel de pánico en la población, tanto entre la relativamente próxima como entre gente muy alejada de los posibles efectos del accidente.

## **LA NIEBLA INFORMATIVA NO SE DESPEJA**

En algún canal de televisión se afirmó que había estallado una válvula y que eso es lo que, de forma inesperada, había dejado escapar sin control la radioactividad de la central. Pese a que se desmintieron esos extremos, poco

o nada se consiguió frente a las voces alarmistas que llenaban de forma mucho más vistosa las pantallas.

La válvula que se mencionaba dando detalles muy concretos simplemente no existía y el hidrógeno que salió no lo hizo por un escape inesperado, sino por una liberación cuidadosamente controlada días después de iniciado el accidente. Eran matices importantes para que cada cual graduase su propio nivel de alarma, pero matices al fin y al cabo dentro de un maremágnum de informaciones que en estos casos llegaban desde todos los frentes excepto desde la sala de control del reactor, en la que a esas horas había todavía mucho que hacer y sus ocupantes habían sido entrenados en la prudencia: para manejar una central nuclear se valora mucho la prudencia y los técnicos son prudentes incluso a la hora de abrir la boca.

## CONCLUSIONES

La investigación posterior, una de las más exhaustivas de la historia, dejó libres de culpa a los técnicos de servicio, porque lo único que ese día hicieron mal (no darse cuenta de lo que marcaba un sensor de posición de la válvula) parece que sucedió accidentalmente a causa de una etiqueta que se había puesto allí siguiendo los procedimientos establecidos.

Incluso los informes periféricos que se realizaron (ante un desastre de esta categoría hay multitud de organismos<sup>[27]</sup> que envían estudiosos y observadores para obtener informes de primera mano) tuvieron que reconocer que lo que hizo que el desastre no resultase mucho mayor fue la profesionalidad de los técnicos involucrados ese fatídico día.

Babcock & Wilcox, y la compañía propietaria, General Public Utilities, llegaron cuatro años después del desastre a un acuerdo amistoso tras meses de proceso ante un tribunal de Nueva York. General Public Utilities, siguiente propietaria de la central, reclamaba en un principio cuatro mil millones de dólares a Babcock & Wilcox y acusaba a esta empresa de haber suministrado una información insuficiente e incompleta sobre el funcionamiento técnico de la central, lo que en última instancia, sostenían,

fue la causa del problema. Tras el acuerdo entre las dos compañías (y una evaluación realista de los costes de cierre del reactor), la General Public Utilities recibió treinta y siete millones de dólares de la constructora mediante trabajos de descontaminación. Lo de siempre: cuando hay una factura de por medio es que el incidente se ha terminado.

## **UNA CASI VÍCTIMA DEL ACCIDENTE**

Pero aquí hay un epílogo con tintes de humor (negro, por supuesto). Jane Fonda abanderó todo tipo de manifestaciones antinucleares en los siguientes meses y años. Para contrarrestar su notable influencia y popularidad, el científico Edward Teller («padre» de la bomba de hidrógeno y asesor del gobierno norteamericano) empezó a prodigarse en declaraciones públicas y mantuvo un largo enfrentamiento con Jane.

Cuando unos meses después del accidente, en medio de esa situación, Teller sufrió un ataque cardíaco, tras toda una vida de bregar con elementos radioactivos en las peores situaciones posibles, el comentario general fue que la radioactividad no era tan estresante ni peligrosa como enfrentarse a Jane Fonda en las pantallas de la televisión.

## Capítulo 30. Chernóbil

Hay muchas ciudades, sobre todo en los países más civilizados, que resultan poco excitantes incluso para sus más entusiastas vecinos; y muchas tienen detrás una historia tan aburrida como sus tardes de domingo. No era el caso de Chernóbil, al menos en este segundo aspecto.

Fue parte de Lituania desde que los lituanos se la conquistaron a los tártaros, allá por el siglo XIII (aunque los tártaros-mogoles no documentaron a quién se la habían arrebatado). Después fue parte de Polonia y más tarde de Rusia, siempre con guerras de por medio. Desde el principio del siglo XX sus habitantes, mayoritariamente judíos, tuvieron todo tipo de «problemas» con sus vecinos no judíos. En las guerras de los años 1917-1920 fue invadida primero por el Ejército blanco para a continuación serlo por el Ejército rojo. En 1921 pasó a «estar» en Ucrania, donde todavía sigue y durante el mandato de Stalin su población sufrió ejecuciones masivas y la minoría polaca fue enviada a Siberia. Durante la Segunda Guerra Mundial fue ocupada por el Ejército alemán, época en la que desaparecieron los últimos judíos.

Después de una historia así, un accidente nuclear no es más que otra muesa en la culata con la que el destino castiga con regularidad la zona.

A Chernóbil le tocó en suerte una de las plantas nucleares más grandes de la Unión Soviética y las autoridades ucranianas se las habían apañado para convencer a todos de que el lugar idóneo era justo allí: en la frontera con Bielorrusia y cerca de la frontera rusa. Y allí construyeron un complejo energético previsto para albergar seis centrales nucleares idénticas, de un gigavatio cada una, refrigeradas por el agua de un enorme estanque que se mantenía sólo ligeramente separado del caudal del río. Se empezaron los



trabajos en 1977 y cuando sucedió el accidente se acababa de poner en marcha la cuarta de ellas y estaban ya en construcción las dos restantes; unos días después de la catástrofe, un dirigente del Partido Comunista prometía que se terminarían de todas formas y en plazo, pero la realidad es que nunca se retomó el proyecto.

## **UN DISEÑO PRECARIO**

Estas centrales no tenían edificio de contención, ni circuito secundario, ni vasija en realidad. Era el edificio el que hacía todas esas funciones, y no era un compartimento estanco, ni estaba preparado para soportar según qué excesos. El meollo de la cuestión era que este tipo de reactor era de «doble uso», eufemismo que quiere decir que era de interés militar o que, por decirlo en claro, se utilizaba para producir plutonio-239, con el que se cargan las bombas nucleares; de manera secundaria, la electricidad que se generaba como parte del proceso se utilizaba para suministrársela a la sociedad civil.

Y es un detalle muy importante, porque para producir plutonio no se mantiene el combustible nuclear demasiado tiempo en el núcleo del reactor, porque se quemaría también el propio plutonio, así que hay que sacar las barras del combustible con frecuencia y en el momento justo. Resultado: se diseñó para que las barras se pudiesen sacar y meter, por arriba, sin parar el reactor y, por lo tanto, las barras de control se introducían desde abajo (detalle que cobrará protagonismo en los momentos críticos del accidente). Si se hubiese hecho con normas de seguridad occidentales, con aislamientos y grúas prácticamente dentro de la vasija, más grúas-puente por encima de ella, etc., hubiese dado como resultado un edificio de contención de más de setenta metros de altura interior. No era imposible construirlo (cabría con mucha holgura bajo la cúpula de San Pedro de Roma), pero sí que resultaba muy caro y ya por esos años la economía de la Unión Soviética no tenía tanto dinero como los cardenales romanos del siglo XVI. El reactor tenía encima una tapadera de varios cientos de toneladas que se retiraba para cargar de uranio y descargar de plutonio la vasija, pero no tenía edificio de contención

al estilo occidental.

Pese a que algunos estudios dudan de que un edificio de contención convencional hubiese resistido sin daños la masiva explosión de aquel reactor, es seguro que un edificio estanco, aunque se agrietase durante el desastre, habría evitado la mayor parte de los escapes radioactivos, si no todos, y una sencilla reparación habría sido más rápida que construirlo después de forma improvisada y sin cimientos. Además, durante el funcionamiento de estas centrales los técnicos se encontraban con que tenían compromisos con las autoridades civiles (más y más electricidad) y con las militares (más y más plutonio), una doble dependencia y un claro origen de conflictos.

¿Construir esa central fue una imprudencia? Sí, por supuesto, pero también hay que tener en cuenta, al contestar afirmativamente, el detalle de que en la extinta Unión Soviética había «y hay» decenas de centrales en esas condiciones que no han dado ningún problema.

Y otro detalle chocante: a la central número 4 de Chernóbil costó grandes esfuerzos hacerla estallar: hubo que desactivar media docena de importantes elementos de protección durante bastante tiempo y, durante todo ese proceso, hubo varios momentos en los que, si se hubiesen tomado las decisiones correctas, se habría evitado la catástrofe o, al menos, lo peor de ella.

## **¿ZONA CATASTRÓFICA?**

Más datos curiosos: mientras que tras el accidente se hablaba de que Chernóbil y sus alrededores eran zona catastrófica y poco menos que el infierno en la Tierra, durante decenas de años siguieron funcionando las centrales nucleares que quedaban incluso en ese mismo edificio y que no habían resultado dañadas por la explosión. Durante esos años, los técnicos iban a trabajar allí, cumplían sus horarios, se cambiaban las barras de uranio cuando estaban gastadas, se barrían los pasillos, se limpiaban los retretes, se suministraba electricidad a Ucrania y, cuando había excedente, se exportaba a los países vecinos.

Y en 2012 Chernóbil es una ciudad de unos dos mil habitantes (que no son pocos, aunque eran más de cuarenta mil antes de la catástrofe), hay agencias de viajes que organizan excursiones para hacerse fotos con la central al fondo o pasear por los alrededores en los que florece la vida salvaje y se está elevando la ciudad de Prípiat a la categoría de reserva histórica del tipo de Pompeya y Herculano, porque esa ciudad, más próxima a la central que estalló, sí que se abandonó con brusquedad y sigue abandonada, de manera que puede ser con los años una irrepetible muestra arqueológica de la forma de vida de una ciudad soviética en esa época.

Discutible, criticable y sorprendente, por supuesto, pero en el mundo de la energía nuclear se dan casos así: lo que para la opinión pública aparece con una imagen dantesca, visto de cerca puede ser bastante distinto. La clave está en «saber» lo que se puede y lo que no se puede hacer en cada momento y en cada lugar. Y en Chernóbil hubo alguien que hizo lo que no se podía hacer, y cuando saltaron las alarmas las silenciaron, y cuando se activaron las protecciones automáticas las anularon, y no se lo dijeron a nadie.

## **EL PARADIGMA DEL HERMETISMO**

Unos minutos después del accidente un satélite norteamericano fotografió el incendio y lo primero que supusieron es que había sido el lanzamiento de un misil, aunque desecharon enseguida la idea; en cualquier caso ese dato quedó enterrado dentro de los secretos circuitos militares.

La primera noticia en Occidente fue el 27 de abril de 1986, cuando a un técnico que entraba a cumplir su turno de trabajo en la central nuclear sueca de Forsmark le saltó la alarma de radiación al cruzar la puerta. Que cuando pongas los zapatos en el detector salte una sirena es uno de los temores inherentes a trabajar con elementos radioactivos. Para algunos es una pesadilla recurrente, por lo que es de imaginar que al empleado, por mucha frialdad nórdica que exhibiese, le saldrían algunas canas en los siguientes instantes. Pero enseguida alguien se tuvo que dar cuenta de que la alarma había saltado «al entrar», no al salir de la central, por lo que esa

radioactividad no tenía nada que ver con lo que sucedía «dentro» de la central...

El presidente ejecutivo de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas, Mijaíl Sergeyevich Gorbachov, parece ser que se enteró gracias a que los gobiernos de los países nórdicos, después de comprobar que todas las centrales nucleares de Finlandia y Suecia detectaban el mismo problema y de estudiar los vientos de ese día, protestaron formalmente porque les estaba llegando una radioactividad que con toda seguridad provenía del territorio soviético. El señor Gorbachov diría, con toda sinceridad, que él no tenía noticias de algo así, pero que se enteraría, y a continuación preguntaría en un tono más o menos educado a alguno de sus colaboradores que si había algún problema con las centrales de Estonia, Letonia o Lituania, pues lo más sencillo era suponer que provenía de las centrales más próximas al Báltico.

Su sorpresa debió ser mayúscula cuando alguien le dijese que el problema estaba a mil cien kilómetros de Forsmark, al otro lado del continente, en Ucrania, que el accidente había ocurrido hacía ya más de veinticuatro horas y que esa radioactividad que habían detectado en Suecia había pasado antes por parte de Ucrania, la mayor parte de Bielorrusia, Rusia (quizá incluido el Kremlin), Lituania, etc. «sin que nadie la detectase». El dato no tenía desperdicio.

Y, además, por si ese síntoma de descontrol no era suficiente, el problema de Ucrania era tan grave como para no preocuparse de los sensores de radiación de medio país, ni de los canales informativos de la Unión Soviética, que necesitaba preguntarles a los suecos qué es lo que pasaba dentro de sus fronteras, porque lo que sucedía es que en Chernóbil había estallado una central nuclear, había decenas de miles de personas expuestas a riesgos importantes y nadie había dado la voz de alarma. Es como si Nerón, ante el incendio de Roma, se hubiese ido a dormir para «dar imagen de normalidad».

Hasta ese momento, las autoridades locales habían intentado resolver la catástrofe con los medios de que disponían, cosa que no sólo era imposible, sino que era una actitud muy infantil, por decirlo con suavidad. Igual que habían afrontado la gestión de la central y habían, con ello, desencadenado la catástrofe.

## **PARA OCULTAR EL PARADIGMA DE LA IMPRUDENCIA**

Pero volvamos al principio, porque estamos hablando de las consecuencias y del entorno, pero no del propio accidente: ¿cómo se produjo? Pues la verdad es que el accidente se produjo de una manera relativamente sencilla, como vamos a ver, por lo que para este libro no es muy importante el detalle de cómo sucedió, ya que no se debió a razones técnicas y no se pueden sacar lecciones de ello.

Tras el accidente del TMI-2 se reescribieron múltiples procedimientos y diseños y gracias a ello el TMI-1 tiene hoy las magníficas cifras de fiabilidad que tiene; pero tras la explosión de Chernóbil-4, lo único que hubo que decir es algo del estilo de: «haced caso de los manuales y no os volváis a saltar las normas de seguridad». De hecho, en los siguientes quince años el resto de reactores nucleares de la planta de Chernóbil han seguido funcionando sin mayores sobresaltos.

## **TODAVÍA ESTABA EN FASE DE PRUEBAS**

Chernóbil-4 llevaba funcionando sólo unos meses, y una de las pruebas de funcionamiento no había sido realizada todavía. Se trataba de comprobar si los generadores de electricidad, unos enormes alternadores movido cada uno de ellos por una turbina de vapor que estaba en el otro extremo de su eje, tenían inercia suficiente como para conservar en marcha las bombas de refrigeración hasta que entraran en funcionamiento los generadores diésel que alimentan de electricidad a la instalación en caso de paradas, emergencias, etcétera.

El hecho es que una central nuclear consume mucha electricidad: las bombas de refrigeración son enormes y no se deben parar ni siquiera los treinta segundos que tardan en arrancar los generadores diésel. Se trataba de saber si en una emergencia se podía mantener la seguridad aunque no hubiese

disponible ninguna fuente externa de electricidad.

En las centrales occidentales se dimensiona la refrigeración para que los materiales soporten el recalentamiento momentáneo y esos segundos no sean un problema, pero allí dependían de la línea de suministro eléctrico y si había un apagón en la zona a la vez que una avería en la central, se desencadenaba un problema potencial que había que intentar tener previsto.

En Fukushima por ejemplo lo que les faltó prever era que los depósitos de los generadores estaban al lado del océano en día de tsunami.

El plan en Chernóbil era parar el flujo de vapor hacia el alternador y seguir alimentando las bombas con la electricidad que generase en los segundos que seguía girando por inercia antes de pararse por completo. Esa prueba ya se había realizado con éxito en los anteriores reactores, pero pequeñas diferencias en la fabricación podían hacer que la inercia, el rozamiento, el rendimiento de los alternadores o el consumo de las bombas fuese algo distinto entre una unidad y la siguiente: había que comprobarlo.

Por supuesto, era mejor hacerlo con la central funcionando a baja potencia, y había que parar algunos mecanismos para simular la situación de «avería» sin que saltasen las alarmas que parasen del todo la central. Pero cuando iban bajando la potencia de la central, a mediodía del 25 de abril de 1986, se recibió la petición de que mantuviesen la producción para evitar apagones en Kiev, pues el suministro escaseaba por problemas en otras centrales y había un consumo relativamente alto a esas horas.

Las centrales nucleares tardan mucho en subir y bajar su producción, por lo que dejaron el reactor a media potencia esperando acontecimientos.

## **MIEDO A «CALAR» LA MÁQUINA**

Precisamente los reactores de ese modelo eran especialmente lentos a la hora de subir y bajar de potencia, sobre todo a la hora de bajarla, porque tenían tendencia a pararse del todo y había que maniobrar con mucho cuidado para evitarlo. Cuando subían de potencia solían aparecer burbujas de vapor que aceleraban (aún más) la reacción, pero eso se compensaba

automáticamente metiendo las barras de control. Al ir bajando la potencia, se daba el fenómeno contrario, pero agravado por el «envenenamiento por Xenon» (hablaremos enseguida de ello), y con el añadido de que las barras de control se pueden sacar del núcleo para mantenerlo en marcha, pero sin pasar de ciertos límites.

A las once de la noche les dieron luz verde para bajar la producción de electricidad y ahí se cometió la primera imprudencia: se lanzaron a realizar la prueba pese a que a esa hora ya no había ningún responsable en la central y estaban allí tan sólo tres técnicos sin experiencia: Boris Stolyarchuk controlaba las bombas de agua presurizada que refrigeraban y moderaban el reactor, Yuri Korneev las turbinas de la producción de electricidad y Leonid Tortunoud las barras de control del reactor. Su inexperiencia fue quizá la que les hacía creer que sabían suficiente como para solventar cualquiera de los problemas que surgiesen.

Y uno de los miedos de los controladores de cualquier central nuclear es que «se les pare», un miedo justificado por varios motivos. Primero, porque dejan de producir electricidad y eso ya es un problema (y en Chernóbil, además, bajaba también la producción de plutonio) pero, además, el hecho es que si una central se para, no se suele poder arrancar hasta pasados varios días, y no sólo porque las normas así lo determinan para revisar las causas de la parada, sino también en un modelo como el de Chernóbil, por la inercia radioactiva que hace que a diferentes potencias se produzcan diferentes isótopos, cuando bajaba la potencia del reactor se producía gran cantidad de xenon-135, un gas que absorbe muy bien los neutrones y que se queda en las barras del reactor impidiendo su funcionamiento durante varios días, hasta que el propio xenon, cuya radioactividad es de vida muy corta, desaparece por vías naturales. Se suele llamar «envenenamiento por Xenon», y el que muere envenenado es el reactor.

## **LA DELICADA FRONTERA DE LA ABSORCIÓN DE NEUTRONES**

Hagamos un paréntesis para hablar de la absorción de los neutrones, que

es un personaje fundamental en este drama. Solamente el 0,7% del uranio natural es del isótopo radioactivo, el uranio-235, el resto es del isótopo uranio-238, que es tan «poco» radioactivo que se utiliza en los aviones comerciales como contrapeso de los alerones, puesto que su alta densidad hace que en el poco volumen disponible se meta el peso necesario mucho mejor que usando plomo.

La reacción en cadena sucede porque por casualidad un átomo de uranio-235 se rompe, se «fisiona», y, al hacerlo, deja sueltos unos cuantos neutrones. Es «en cadena» porque esos neutrones, cuando chocan con otro átomo de uranio-235 es posible que también lo rompan y se libere otro grupo de neutrones que a su vez pueden romper otros átomos.

Pero esos neutrones salen del núcleo del átomo a una velocidad demasiado alta como para relacionarse con el resto de átomos de los alrededores y, para que sean más efectivos, conviene que vayan más despacio. A esos que van a la velocidad adecuada se les llama «neutrones térmicos».

En una bomba nuclear no importa demasiado, porque hay abundante uranio-235 y se rompen muchos a la vez, de modo que, aunque la mayoría de los neutrones se pierdan antes de hacer su trabajo, los que sí lo hacen son suficientes para que cada vez haya más rompiendo otros átomos y la reacción crece para, en unas milésimas de segundo, romper la mayoría y liberar casi toda la energía que tenían. Además, el uranio en una bomba se suele rodear de berilio, que actúa como un espejo en el que los neutrones rebotan y tienen más oportunidades de romper otros átomos antes de que la bomba se evapore.

En un reactor en cambio sí que importa el rendimiento, y mucho, pues se trata de aprovechar cada neutrón por lo que se les frena haciéndoles pasar a través de alguna sustancia como el agua, bastante efectiva atrapando la radiación y muy manejable (hasta que se calienta demasiado y se convierte en vapor), pero hay otros «moderadores» posibles.

En Chernóbil el elemento «moderador» era el grafito, un carbón muy puro, estable y manejable (y muy sucio: es con lo que se construye también la mina de los lapiceros). El grafito es un buen moderador, y es el primero que se utilizó en los experimentos de Enrico Fermi en la Universidad de Chicago



cuando por primera vez se produjo energía atómica allá por 1942, pero tiene un problema (aparte de ser muy sucio para trabajar con él, ya lo hemos dicho, aunque quizá no con el suficiente énfasis) y es que en presencia de aire «arde» como buen carbón que es.

Evidentemente, si se mete en el reactor más moderador del necesario, la reactividad baja, disminuye el ritmo de reacción; y, al revés, si en ese momento se «saca» moderador, la reacción se vuelve a acelerar pasando en algún momento por un valor óptimo cerca del cual se procura trabajar y se controla la producción metiendo o sacando las barras de control que no moderan la velocidad de los neutrones, sino que los atrapan sacándolos de circulación.

Todo esto se volvió en extremo importante hacia la 1:23 de la madrugada del 26 de abril. A esas horas estaban los técnicos todavía bajando poco a poco la potencia del reactor. Querían dejarla en menos de los quinientos megavatios con los que habían trabajado toda la tarde, pero con el miedo a que se les parase.

## **UN FRÁGIL EQUILIBRIO**

Al llegar la 1:20 el reactor estaba en una situación bastante inestable; no era una situación peligrosa, pero sí muy lejos de la normalidad: poca potencia, poco vapor saliendo de la vasija y, en consecuencia, casi toda el agua de refrigeración circulando en el circuito entre las bombas y la vasija, al borde de hervir, pero todavía líquida. Recordemos que el moderador era el grafito, pero el agua también modera los neutrones. El núcleo pues estaba en exceso moderado y le faltaban neutrones para tener un buen rendimiento.

Hacer funcionar un reactor nuclear es complicado; por el contrario, hay muchas maneras de pararlo, y entonces una de esas maneras tomó protagonismo: una mala actuación de alguno de los técnicos y la excesiva moderación del núcleo, quizá ayudada por el envenenamiento por xenon, llevó al reactor a funcionar con apenas treinta megavatios, un muy escaso 3% de su potencia nominal. Si fuese un coche, diríamos que se estaba «calando»,

y si fuese un avión, lo describiríamos diciendo que «entraba en pérdida».

En esas condiciones el reactor se debería detener por completo, y tenía automatismos para hacerlo, pero como estaban en un experimento en el que tenían que hacer funcionar las cosas fuera de su rutina, habían anulado los elementos que provocaban una parada automática y no se paró. Sin embargo con el reactor al 3% no podían llevar a cabo el experimento, por lo que intentaron subir la potencia bajando las barras de control (en este modelo, para «salir» del núcleo «bajaban» y se quedaban bajo la vasija, porque arriba estaban los mecanismos para cambiar las barras en marcha y los voluminosos circuitos para sacar el vapor, que en otros modelos están a un lado, en el circuito secundario).

## **LO EMPUJABAN HACIA EL PRECIPICIO SIN FRENOS**

Así que bajaron/quitaron «muchas» barras; bajaron más barras de la cuenta.

Otra de las normas de seguridad decía que, de las cerca de doscientas barras disponibles, no debía haber nunca menos de treinta introducidas en la vasija, pero esa noche dejaron «sólo ocho», por supuesto tras anular el circuito que impedía incumplir esa norma. Lo malo es que consiguieron subir la potencia del reactor hasta unos doscientos megavatios, muy por debajo de lo prudente en ese modelo, aunque lo consideraron suficiente para llevar a cabo el experimento de esa noche y dedicarse después a subir la potencia y colocar el rendimiento del reactor a sus niveles más estables.

En esas condiciones tan precarias se lanzaron a hacer las pruebas: estaban muy presionados para terminar con ello y seguir produciendo electricidad (y plutonio de calidad militar). Entonces procedieron a parar el flujo de vapor hacia las turbinas, dejando que las bombas de refrigeración funcionasen con la corriente que aún producía la enorme turbina mientras se paraba

Resultó que esa corriente eléctrica, que bajaba por segundos, no era suficiente para mantener el funcionamiento de las bombas de refrigeración. Quizá estaban haciendo el experimento con el reactor trabajando a una

potencia demasiado baja o quizá había demasiada agua en el circuito de refrigeración porque poca de ella estaba fuera en el circuito del vapor.

## **HIRVIÓ EL AGUA**

El problema, desgraciadamente, lo descubrieron con poco vapor en circulación y mucha agua en la vasija al borde de hervir. En ese momento, al dejar de funcionar las bombas de refrigeración, hirvió toda a la vez. Y el moderador era el grafito, pero en ese momento lo que estaba frenando el reactor era también la cantidad de agua en el sistema, a tan baja potencia, no las barras de control, que estaban casi todas retiradas o bajadas. En otras palabras, cuando hirvió el agua, como el vapor es un moderador bastante peor que el agua, había de repente demasiados neutrones disponibles y se disparó la reacción nuclear mucho más allá de lo previsible, pues tampoco había suficientes barras de control en su sitio.

Se calcula que, por un instante, con la moderación del grafito más el agua y sin barras de control, el reactor funcionó a unas cien veces la potencia prevista. Una barbaridad. Los operadores oyeron un ruido proveniente del núcleo y pulsaron el botón de las emergencias que hace subir las barras de control; pero esas barras, al subir en lugar de bajar como en los reactores más normales, no tienen la opción de «caer» a la máxima velocidad: tardan unos veinte segundos en hacer su recorrido. Y para colmo, en ese recorrido terminaron de dar la puntilla al reactor.

## **DIERON MARCHA ATRÁS PARA VOLVER A PASAR POR EL DESASTRE**

Tras la evaporación del agua, el núcleo estaba insuficientemente moderado, los neutrones eran demasiado rápidos para romper suficientes otros átomos de uranio-235 antes de salir del núcleo; en algún instante entre el momento en el que había mucha agua y el siguiente, en el cual no había

nada más que vapor, la moderación era la óptima para dar, casi sin barras de control, toda la potencia físicamente posible y mucho más: eso había ocasionado el primer pico de potencia y la explosión que habían oído los operadores, pero ahora estaban entrando las barras de control, a su velocidad habitual, unas barras construidas con boro recubierto de grafito que, en ausencia de una cifra mínima de barras de control totalmente introducidas, empezaron por volver a moderar de nuevo óptimamente el núcleo en el trayecto de estar insuficientemente moderado a estar en exceso moderado, pero esta vez más despacio y manteniéndose en el punto óptimo durante mucho más tiempo.

En ese fatídico momento de óptimo rendimiento, sin barras de control que graduasen el «quemado» del uranio se debió alcanzar una potencia unas cuatrocientas veces superior a la normal. El vapor y todo lo evaporable que estaba en el núcleo se convirtió en gas a muy alta presión y la tapa del reactor saltó por los aires, matando a dos operarios que casualmente estaban justo encima de esa parte del edificio. Trozos de uranio, de grafito y de plutonio (unos treinta kilogramos de material radioactivo) saltaron por toda la central y ocasionaron una treintena de incendios.

## **EL DESASTRE HA SUCEDIDO**

La mayor parte de las ciento noventa toneladas restantes de barras de uranio-plutonio cayeron entre trozos de grafito al fondo del núcleo. Perdida la delicada geometría que hace que aquello trabaje, dejó de funcionar. La central, como tal se había parado y ahí quedaron esos escombros: no pueden explotar (nunca hay en una central tanto material como para producir una bomba), pero son muy peligrosos.

La tapa cayó de nuevo en su sitio, y allí sigue todavía con sus cientos de toneladas de peso, pero cayó torcida y desde entonces es uno de los peligros de Chernóbil: si se cae del todo (por ejemplo por una quiebra debida a las tensiones de la postura en que se halla y el deterioro producido por el tiempo y la radiación), saltarían a la atmósfera varias toneladas de polvo radioactivo

y tóxico.

Sin embargo lo peor en el momento del accidente es que dejó entrar aire en el moderador, el núcleo en el que había mil seiscientas toneladas de grafito, calentado a miles de grados y que comenzó a arder con furia de manera que su humo y cenizas arrastraron fuera los isótopos radioactivos, a la atmósfera. La catástrofe se había consumado.

## **PERO FUE A PEOR POR LA INEPTITUD DE LAS AUTORIDADES AL MANDO**

Era ya un accidente muy grave, en ese momento el mayor de la historia de la energía nuclear, y sin embargo se hizo mucho más grave todavía por la negligente actuación de las autoridades (locales), que en todo momento se comportaron como unos irresponsables o unos ignorantes (que cada cual gradúe los calificativos según sus conclusiones). Dichas autoridades tardaron varios días en evacuar a la población de la ciudad de Chernóbil. A los bomberos los enviaron a apagar los incendios en la central sin advertirles que iban a una zona radioactiva y, por supuesto, sin equiparles con ningún medio de defensa contra la radioactividad. Murieron por decenas.

Ni siquiera alertaron al Gobierno o al Ejército. En las primeras horas no hicieron nada de lo que debían hacer y sólo salieron de su inacción cuando sus superiores se habían enterado del accidente por otros conductos desde Suecia, como ya se ha comentado.

No se repartieron las píldoras de yodo que podían prevenir el cáncer de tiroides, pese a que desde Estados Unidos se las ofrecieron en masa (¿eran las que se habían preparado para el accidente del TMI-2?) y hubo varios cientos de casos de cáncer de tiroides en la población afectada, sobre todo en niños, alguno de ellos mortales.

## **¿CUÁNTAS VÍCTIMAS? ¿CUÁNTOS MUERTOS?**

Una de las mayores controversias posteriores al accidente se refiere al número de víctimas. Los informes de Naciones Unidas de los años 2000 y 2005 sostienen que no hay pruebas científicas de ningún efecto significativo producido por la radiación en la salud de la mayoría de las personas que resultaron expuestas y dan las siguientes cifras de víctimas mortales:

- Dos operarios murieron como consecuencia directa de la explosión,
- Cuarenta y siete bomberos murieron por la radiación recibida.
- Nueve casos comprobados de niños que murieron por cáncer de tiroides.
- En otro orden de cosas, el responsable de la central se suicidó dos años después.

Es difícil creer que esas fuesen las únicas consecuencias, aunque los razonamientos de los grupos antinucleares que hablan de centenares de miles de víctimas son muy frágiles, pues en la mayoría de los casos confunden «afectado con fallecido» y no tienen en cuenta la aleatoriedad de los efectos de la radiación y, sobre todo, el hecho de que la mayoría de esos efectos, con el paso de los años, dejan de tener significado: un fumador tiene un riesgo de padecer cáncer mayor que si no fumase, pero si deja de fumar (algo bien difícil, como sabe todo el que lo ha intentado) y se pasa diez años sin castigar sus pulmones, los efectos de «haber fumado» se han esfumado por completo y, si llega a padecer cáncer, cosa que le puede suceder a cualquiera, ya no es achacable seguramente al tabaco. Del mismo modo, la población irradiada tuvo una cierta probabilidad de contraer cáncer, una probabilidad algo mayor que si en Chernóbil no hubiese sucedido nada digno de mención, pero no pueden achacarse todos sus males futuros al accidente de forma indiscriminada ni de forma indefinida en el tiempo.

De hecho, las personas afectadas recibieron unos cuidados médicos y un seguimiento de su estado de salud algo superior al resto de la población soviética, lo cual pudo sesgar los resultados de una forma mucho más significativa que la radiación recibida.

## OTRAS CONSECUENCIAS

La factura. Era una economía comunista, no se medían las cosas en dinero, pero hubo unos costes muy altos. Tres técnicos, por ejemplo, sufrieron condenas a diez años de cárcel.

En los siguientes días se lanzaron sobre el reactor desde helicópteros todo el boro, plomo (que no deja salir la radiación), hormigón (que cubre y sella) y arenas dolomíticas (asfixian muy bien los incendios) que se atrevieron a arrojar sin hacer peligrar la integridad de la placa de hormigón sobre la que está construida la central 4, la cual, si se hubiese rajado, habría dejado filtrar los isótopos radioactivos al subsuelo y a las aguas subterráneas.



El sarcófago de Chernóbil en el extremo del edificio donde el resto de centrales siguieron en marcha.

En los siguientes meses se cubrió la central 4 con un edificio que se supone que debería impedir que el resto de materiales radioactivos saliesen a la atmósfera, pero era un edificio provisional hecho con prisas, con medios precarios; hablando en claro: era una chapuza. No obstante, ahí quedó durante décadas ese «sarcófago», aunque no era estanco (los pájaros anidaban en el interior todas las primaveras) ni se esperaba que aguantase más de treinta años en pie. A su lado, las otras centrales nucleares siguieron en

funcionamiento.

Los países occidentales insistían al Gobierno soviético primero, y al ucraniano después, en que debían cerrar las restantes centrales del complejo energético de Chernóbil, que debían construir un armazón de hormigón que garantizase a muy largo plazo el aislamiento del reactor accidentado y que tras ello debería procederse a extraer de manera controlada los materiales radioactivos allí enterrados para tratarlos como es debido. Pero el Gobierno soviético en principio, y el ucraniano después, decían que necesitaban las centrales de esa planta energética funcionando para abastecer a la población, que no tenían medios para hacer esas obras y que si los gobiernos occidentales las consideraban imprescindibles para la tranquilidad de sus conciencias, que las pagasen de sus bolsillos.





En el año 2000 se pararon las últimas centrales nucleares de la planta y dejaron de producir electricidad (y plutonio). En 2007 se comenzó la construcción del sarcófago definitivo de Chernóbil-4, todo pagado con fondos occidentales. La población, de todas formas, empujada por la necesidad o por la nostalgia, ha ido volviendo poco a poco a la zona (contaminada). Hay lugares de este mundo donde la vida es tan dura que un riesgo de radiación no empeora la situación de una forma decisiva.

## **LA VIDA SIGUE**

Y así están las cosas un cuarto de siglo después del accidente. Lo más llamativo quizá sea que en los alrededores de Chernóbil y de Prípiat florece la vida salvaje de una manera que sorprende tanto a especialistas en energía nuclear como a ecologistas. Se dice que sólo se ha encontrado un caso de malformaciones en los animales: un ratón. La teoría más defendible habla de que en la vida silvestre los más débiles desaparecen con rapidez, pero esas pérdidas se compensan de sobra con el terreno que han recobrado los animales sin la presión humana y por eso se han vuelto a ver por la zona ciervos, jabalíes, caballos salvajes, etcétera.

Hay quien a raíz de estos fenómenos ha propuesto, con toda seriedad, que se utilicen como cementerios nucleares las zonas del planeta que se quieran conservar salvajes y libres.

## Capítulo 31. Windscale/Sellafield

Como hemos podido ver en las páginas anteriores, la energía atómica tiene sus peligros, y no vale decir que «vamos a tener mucho cuidado»: los errores forman parte de la realidad con mayor testarudez de la que podemos alcanzar los seres humanos. De todas formas, si se hacen las cosas bien, el resultado es el que vamos viendo: pocos desastres, cada vez menos.

Pero ¿qué pasaría si ponemos todos los experimentos con sustancias radioactivas en el mismo sitio, todos los desarrollos de armamento nuclear al lado, aprovechamos para construir allí las fábricas tanto de armamento como de combustible para las centrales nucleares, terminamos de decorar ese jardín con todo lo que no estemos seguros de poder controlar poniéndolo un poco más allá y completamos los huecos con almacenes de residuos radioactivos y centros de formación para los controladores de las centrales nucleares que, como alumnos que son, tienen que hacer prácticas de funcionamiento, de averías y de emergencias de todo tipo? Ah, y además lo controlamos todo con un presupuesto para nada generoso ¿Hay alguien que pueda dudar de que a lo largo de los años vaya a haber allí una razonable cuota de accidentes?

El lugar descrito en el párrafo anterior se llama Windscale (la parte segregada de Windscale hace unos años para ser utilizada por la industria civil se denomina Sellafield), está en la costa oeste de Gran Bretaña y los británicos (o al menos sus gobiernos) han llegado a la conclusión de que así, al menos, van a tener todos los problemas en el mismo sitio.

La lista de incidentes (conocidos) sería interminable. Los más graves empezaron a conocerse cuando en 1957 hubo un accidente en los reactores de grafito-gas de uranio natural.

## APRENDIENDO MUCHO DE LOS MUCHOS ERRORES

Había un reactor refrigerado por gas y moderado por grafito, uno de los primeros (los británicos presumen de que es estrictamente el primero que produjo electricidad suministrada a la población). En consecuencia es el reactor en el que se aprendieron muchas cosas, entre otras el fenómeno de que la estructura cristalina del grafito, cuando se bombardea con neutrones, se altera y el material queda «tenso», con mayor energía almacenada, energía que hay que eliminar durante las tareas de mantenimiento poniendo a funcionar el reactor a baja potencia pero sin refrigeración para recalentar el grafito y que pierda la energía almacenada en su estructura cristalina.

Durante el mantenimiento del grafito, carbón del bueno al fin y al cabo, como no había experiencia previa, aún no habían aprendido que unas zonas se podían calentar más que otras y se produjo un incendio que duró varios días y destruyó el núcleo de uno de los reactores, liberando al exterior una cantidad de unos veinte mil curios de yodo-131 (una barbaridad, por decirlo con suavidad<sup>[28]</sup>) y contaminando a la población allá por donde pasó, aunque no fueron advertidos de ello. Hoy pondríamos el grito en el cielo, pero entonces la Guerra Fría estaba «muy caliente» y callaron. Se trataba de un reactor que dos veces al año se recargaba para sacarle el plutonio producido y mandarlo a la fábrica de bombas, que no estaría muy lejos

En 1983 hubo otro incidente importante: soltaron rutenio y rodio radioactivos (emisores beta), que obligaron al cierre de una playa cercana, mientras que la población se enteró por un alarmista documental de televisión.

En otra ocasión, más recientemente (año 2005), se descubrieron en un edificio de hormigón armado (creado para recoger las fugas) ochenta y tres mil litros de material radioactivo, pero el principal problema era que contenía doscientos kilos de plutonio aprovechable de calidad militar que sin embargo sorprendentemente no faltaban de ninguna parte: se les había trasapelado combustible nuclear suficiente como para montar un buen desastre (se podría

fabricar una treintena de bombas nucleares con ese material). Lo «arreglaron» diciendo que eran fugas de la fábrica de al lado que se habían filtrado por grietas en el suelo terminando en ese edificio de contención; en otras palabras: se trataba de una chapuza, no de una traición a la patria.

En 2010 varios de los edificios más antiguos de esa macroinstalación fueron desmantelados y se pretende que sea en su totalidad una instalación efectiva y segura, pero siempre será una concentración de equipos en extremo compleja, de esas en que un accidente es posible en cualquier momento.

## Capítulo 32. Fukushima Daiichi

El accidente de Fukushima está ya claramente fuera de las fronteras del siglo XX, pues el siglo XXI ya había gastado toda una década cuando se colapsaron esos reactores japoneses, pero tanto por la magnitud del accidente como, sobre todo, por las grandes similitudes que guarda con el de TMI, merece la pena dedicarle unas líneas para no quedarnos sin mencionarlo, aunque los datos definitivos de lo sucedido todavía tardaremos años en obtenerlos.

Por otra parte, ese gravísimo accidente ilustra las razones que nos movieron a escribir este libro. El 11 de marzo de 2011 Japón sufrió el mayor terremoto del que se tenía recuerdo en sus sufridas tierras. Alcanzó el nivel 9 de la escala de Richter y su maremoto subsiguiente arrasó puertos, ciudades y granjas de la costa y de varios kilómetros hacia el interior. En conjunto, el archipiélago japonés se desplazó varios metros hacia el este, el eje de la Tierra se movió unos diecisiete centímetros y la duración del día se acortó en 1,8 microsegundos.

Once centrales nucleares japonesas se pararon por los procedimientos automáticos previstos en su diseño para casos de terremotos; hasta ahí bien. Millones de hogares se quedaron sin electricidad, un daño menor comparado con la destrucción que les acababa de provocar el terremoto, y una saludable precaución para evitar los incendios por cortocircuitos de líneas caídas o partidas, aunque miles de ellos se produjeron por toda la zona por roturas de conducciones de gas u otros combustibles. Las imágenes de las refinerías ardiendo fueron apocalípticas.

Las propias centrales nucleares se quedaron sin suministro eléctrico, lógicamente, pero esa es una circunstancia prevista en el diseño y para

mantener en funcionamiento las vitales bombas de refrigeración del núcleo disponen de generadores autónomos, alimentados con gasóleo, que arrancaron de manera rutinaria. Hasta ahí un gran terremoto, y a estar muy atentos, porque cuando se sueltan los demonios hay que tener mucho cuidado con todo lo que sucede hasta que vuelven a sus guaridas.

Fukushima Daiichi era una gran factoría productora de electricidad, con cuatro reactores en activo en el momento del gran terremoto: el n.º 1 (el más antiguo), de medio gigavatio, y otros tres de tres cuartos de gigavatio. Como la mayoría de centrales nucleares, para asegurar la disponibilidad de las grandes cantidades de agua que pueden necesitar para su refrigeración estaba construida al lado de una gran extensión de agua, en este caso el océano Pacífico, lo cual también resulta muy oportuno para facilitar la llegada de las grandes piezas que forman estos sistemas, que cuando viajan por carretera son transportes muy especiales y, además, tienen que transportarse en piezas, para ensamblarse en el lugar de destino. Con un puerto oceánico en el complejo, todo resulta más sencillo y tanto las vasijas como las grandes bombas, alternadores y generadores de emergencia pueden llegar hasta la planta sin problemas de tamaño.

## **PARADA CASI RUTINARIA**

El día del gran terremoto, unos segundos después de dispararse la parada de los reactores arrancaron los generadores diésel encargados de suministrar la electricidad necesaria para seguir bombeando el refrigerante a través del núcleo de cada reactor, unos motores capaces de impulsar un gran petrolero acoplados a alternadores de tamaño descomunal que pueden suministrar electricidad con una potencia del orden de megavatios. Y durante unos quince minutos la situación fue estable, con el refrigerante circulando, la temperatura controlada y, es de imaginar, los técnicos quizá más preocupados por la seguridad de sus familias tras la tremenda sacudida sísmica que por el desarrollo de unas labores de parada de las centrales que se desarrollaban rutinariamente.

Pero entonces llegó el tsunami. Una ola de entre diez y quince metros de altura golpeó la costa de Japón arrasando ciudades enteras, dejando decenas de miles de víctimas por el camino e imágenes de barcos de miles de toneladas aparcados en lo que unas horas antes eran barrios alejados de la costa.

Fukushima Daiichi, con los edificios de contención de los reactores a cubierto de otro edificio no tan hermético, alineados frente a la costa y separados del mar tan sólo por los edificios que albergaban, entre otras cosas, los generadores eléctricos, sufrió lo peor del maremoto: los generadores diésel se averiaron con la inundación provocada por la ola y las cuatro centrales se quedaron sin refrigeración a los quince minutos de haber iniciado el proceso de parada. Cuatro centrales nucleares sin refrigeración y con una actividad latente de muchos megavatios que no tenían a dónde evacuar: a partir de ahí la mayor parte de lo que pasó era previsible e inevitable.

## **LO PEOR QUE PODÍA HABER PASADO EN HARRISBURG MULTIPLICADO POR CUATRO**

A quienes hayan llegado leyendo hasta aquí a través de los capítulos de los otros accidentes nucleares, sobre todo del de Harrisburg-TMI, creemos que no hace falta explicarles mucho más para que comprendan la gravedad del accidente, algo que era obvio para todos los que entendían esa tecnología y, como decíamos poco más atrás, justificaba la redacción de estas páginas, pues la razón de escribir este libro es dar a los lectores los medios para tener una opinión informada sobre las noticias tecnológicas, con el fin, en suma, de entender sucesos como el de Fukushima Daiichi por encima del caos de informaciones con que nos bombardean los medios en días como los del gran terremoto de Japón.

Porque, por supuesto, en los primeros días fue realmente arduo hacerse una idea de lo que estaba sucediendo si se atendía a lo que se escribía en los periódicos. Las imágenes de las explosiones en los edificios de los reactores pese al desesperado intento de liberar el hidrógeno soltándolo a la atmósfera,

primero en el n.º 1, luego en el n.º 3, más adelante el resto de incendios, fugas de radioactividad, etc.; todo ello, además de ponernos los pelos de punta a quienes sabíamos lo que estábamos viendo, era la confirmación de los pronósticos más pesimistas que podíamos hacer desde que, quince minutos después del terremoto y la parada de los reactores, estos se quedaron sin corriente eléctrica para la refrigeración, y probablemente sin energía eléctrica suficiente para hacer funcionar todas las infinitas válvulas y bombas menores que hacen posible controlar lo que sucede en una central. En particular no se mencionó que utilizasen los recombinedores electrolíticos, que funcionaron en TMI y minimizaron el incidente mientras estaban a tiempo de utilizarlos

Lo que sucedió en Fukushima Daiichi es, multiplicado por cuatro, lo que podría haber sucedido en la Three Mile Island de Harrisburg si los técnicos no hubiesen podido tirar de las riendas en el último momento ante un reactor desbocado por el sobrecalentamiento. Las minuciosas decisiones que se tomaron y que salvaron en Harrisburg la situación no se podían tomar en Fukushima, porque a partir de determinado momento, en aquel maldito día, los técnicos dejaron de tener el control de lo que sucedía.



Aquí se ve la central de Fukushima Daiichi justo después de que estallara el hidrógeno acumulado en el edificio del reactor n.º 3 (el que humea) y antes de los incendios del n.º 2 y el n.º 4 (fuera de esta foto). Se puede apreciar la proximidad del océano que, a la postre, resultó fatal.

Se volcó agua de mar desde helicópteros cuando resultó imposible



hacerlo desde las conducciones de la planta, pero tuvieron incluso que abandonar ese intento desesperado porque el calor y la radiación hacían desaconsejables los vuelos; hubo un momento, antes de que el accidente cumpliera una semana, en el que hasta el último de los técnicos tuvo que abandonar los reactores a su suerte.

Fusión de los reactores, daños diversos en los edificios de contención, imposibilidad de manipular los sistemas de la central que se vuelve un escombros inerte y peligroso. Lo que sigue y seguirá en Fukushima Daiichi es, inevitablemente, una larguísima historia de descontaminación de grandes extensiones de terreno, reparación de edificios de contención dañados y un cierre de la zona que se extenderá durante décadas y décadas hasta dar por concluido el accidente.

Entre medias, el eterno «debate nuclear» se recrudecerá con nueva munición de gran calibre, aunque nadie plantee que a consecuencia del mismo terremoto + tsunami se han incendiado de manera catastrófica refinerías enteras, causando una contaminación y daños de gravedad parecida a un accidente nuclear mediano; no se cuestionará la industria del petróleo por ello. Claro, nadie quiere quedarse sin coche, es algo con un gran componente emocional y los miles de contaminantes petroquímicos importan a la postre mucho menos que los ciertamente peligrosos contaminantes nucleares, por escasos que sean.

Como siempre, cualquier problema nuclear vale para echar sobre él todos los prejuicios, mientras que los otros problemas son gajes del oficio con los que hay que convivir. Decir que «hay radiación en la zona» es un mensaje que no admite cuantificaciones: mientras que una lluvia negra como la que oscureció el suelo y los pulmones en las ciudades a sotavento de las refinerías incendiadas es un problema a soportar con resignación. Da igual que la radiación detectada sea alta o baja o muy baja, eso es inadmisibles para gran parte de la población, una población entre la que muchos individuos se sienten mal atendidos por su médico si no les prescribe una radiografía de vez en cuando.

Y en estos casos siempre aparece en la televisión alguien muy cargado de razón que clama por la eliminación de toda la energía nuclear y su sustitución

por energías renovables. Por suerte, este libro no aspira a resolver ese debate, sino tan sólo a proporcionar a los lectores los conocimientos necesarios para entenderlo.

## **EL FUTURO PROBLEMA DE LA ENERGÍA**

Sin duda el accidente de Fukushima Daiichi tendría un lugar preferente en el libro de los *Grandes desastres tecnológicos del siglo XXI*

## **V. LA CARRERA ESPACIAL**

## Capítulo 33. Los porqués de una gloriosa locura

*Después, el espacio sólo sería un trabajo pero, en su primera década, fue un romance.*

Comentario de un colaborador acerca de Serguei Pavlovich Korolev.

Los inicios del programa espacial se ven ahora como algo mítico y casi poético relacionado sobre todo con la ciencia y la aventura, pero lo cierto es que en aquellos tiempos su trastienda era todo menos eso.

De hecho se trataba de contraponer dos modelos opuestos de sociedad (eso es política) y de tener cohetes lanzadores para devolver el golpe si se iniciaba una guerra nuclear (eso es militarismo). Ante todo ello, la ciencia era en los inicios apenas un efecto colateral y la aventura era el resultado de unos riesgos no siempre bien calculados.

Más allá de cualquier duda, el mayor éxito de la carrera espacial fue que esa lucha entre dos terribles adversarios, con toda su inevitable tasa de errores, presiones políticas, incapacidades personales y afanes de protagonismo, se llevó a cabo en el campo de la ciencia y la exploración, y tenemos que estar eternamente agradecidos de que gastasen allí el valor y las medallas (y los presupuestos) y no llegasen a las manos en otros campos.

Otro efecto colateral es que, al igual que en los comentarios de los políticos en una noche electoral, todo lo que llegaba al gran público eran «éxitos» y los problemas, incidentes y desastres se ocultaron al público,

siempre que se pudo, detrás de una gruesa cortina de propaganda. Aquí vamos a tratar de abrir un poco esa cortina en nuestro intento de mostrar esas ocasiones en que la diosa técnica, dependiendo para su liturgia de ingenieros-sacerdotes y diversos acólitos (humanos al fin y al cabo), ve empañada su gloria en el mundo por los pecados de los oficiantes.

## **SIN REPARAR EN GASTOS**

A la hora de escribir estas líneas parece inconcebible que sólo cuarenta años atrás el ser humano fuese capaz de pasear por la Luna y que hoy en día, sin embargo, esa hazaña sea casi impensable y, desde luego, en la práctica irreplicable a corto, medio y, por lo que se ve, largo plazo.

Si alguien propusiese montar con ese fin una organización como la NASA, casi de la nada, y darle un presupuesto ilimitado, no pasaría de la puerta de quien lo tuviese que aprobar. De ninguna puerta. Bastantes problemas tiene la economía mundial como para sacar de circulación centenares de miles de millones y quemarlos en fuegos artificiales.

Y si alguien propusiese meter a dos o tres personas en una cápsula de tres metros de diámetro durante una semana sin haber ensayado todo el viaje con métodos automáticos (con éxito) y sin tener media docena de alternativas de escape o de regreso le dirían que se volviese a su mesa y se estuviese muy callado, porque de difundirse una propuesta así la prensa le crucificaría tras juicio sumarísimo. La lanzadera espacial, en este aspecto, es un residuo de aquella época y se ha mantenido mucho más allá de su época por razones estratégicas y de imagen de Estados Unidos; hoy en día no podría nacer algo tan mal pensado desde el punto de vista de la seguridad.

En un mundo en el que (ahora) no se puede ni tirar la basura sin cumplir homologaciones, sacar permisos y obtener consensos, se quemaban (entonces) millones de dólares en combustibles altamente contaminantes y se viajaba en naves que sacaban parte de su energía de isótopos radioactivos que solían acabar en el fondo del océano.

## TÉCNICA, SUERTE Y MILAGROS

Y tuvieron mucha suerte. Hubo accidentes, pero tuvieron «mucha (buena) suerte». Hay que ser conscientes, por poner sólo un ejemplo, de que el despegue de los cohetes *Saturn V* desde Cabo Cañaveral contaba con miles de personas de apoyo, el procedimiento había sido ya probado cientos de veces y era una instalación muy depurada. Pero, por el contrario, la «base espacial» de la Luna, el vital elemento desde el que debían despegar en el viaje de vuelta, era algo que acababan de posar en el suelo lunar (era la mitad inferior del Módulo lunar). Además nunca se había usado en esas condiciones, pues sólo se había probado en la Tierra, con una gravedad mayor, y en órbita, en la ingravidez, era una «base espacial» muy limitada en sus funciones, podía estar desnivelada y no tenía medios (ni personal disponible con cajas de herramientas) para reparar ninguna de las miles de pequeñas averías que retrasan cada lanzamiento rutinario desde cualquier base espacial, ya sea en Plesetsk (la base desde la que más satélites se han lanzado —más que en la suma del resto de bases—, pese a ser muy poco conocida), Kiruna, Kourou, Baikonur, Cabo Cañaveral, Hainan, Vanderberg o Xichang.

El hecho que no fallase nada en un despegue lunar es demostración de buena suerte; el único fallo en esa maniobra ocurrió en el *Apollo X*, que se acercó a la superficie lunar pero no alunizó y, a la hora de ensayar el «despegue», un conmutador que estaba en la posición equivocada hizo que el módulo de ascenso arrancase dando vueltas de campana. Si hubiese sucedido en un despegue desde la superficie lunar se habrían estrellado, pero como sucedió en el «único» ensayo que se hizo de la maniobra antes de la misión clave del *Apollo XI*, los astronautas pudieron estabilizar la nave en los minutos siguientes y reanudar la ascensión de vuelta a casa, sudorosos pero vivos. Pese a todo, si hubiesen tardado sólo unos segundos más en estabilizar la nave se habrían estrellado en la superficie de la Luna, porque el sistema automático de la nave estaba tratando de encontrar el Módulo de mando *Apollo* para acercarse a él, pero el único candidato a destino que detectaba era

la superficie de la Luna y, cuando retomaron el control, los astronautas estaba acelerando hacia allí a la máxima potencia.

Y, desde luego, hoy en día habría que demostrar, con cuentas que cuadrasen con un par de decimales como mínimo, que cualquier «aventura» que se emprendiese iba a resultar «económicamente» rentable a no muy largo plazo y ahora, normalmente, todo lo que excede de una legislatura es un plazo inaceptable.

## **UNA COMPETICIÓN IRRACIONAL... Y GLORIOSA**

En los años cincuenta, sin embargo, en un mundo en el que todavía había norteamericanos que utilizaban el caballo a diario para desplazarse y en el que en la Unión Soviética escaseaban hasta los caballos; en un mundo en el que no había ordenadores, en el que el Atlántico era una barrera que apenas traspasaban unos pocos aviones cada día y unos cables telefónicos escasos y muy rudimentarios (el primer cable «telefónico» transatlántico, tendido en 1956, sólo podía transmitir treinta y seis llamadas a la vez); un mundo en el que la televisión era en blanco y negro (en los escasísimos lugares donde la había) y donde la medicina ni siquiera sabía que el tabaco era nocivo para la salud; en un mundo así se produjo el disparo de salida de una competición aparentemente insensata entre las dos superpotencias con el absurdo objetivo de poner el pie en un lugar en el que ni se nos esperaba, ni se esperaba sacar ningún provecho, ni se sabía cómo llegar hasta allí: la Luna.

Esa carrera espacial empezó siendo un desfile triunfal de la Unión Soviética, que paseaba con orgullo sus siglas, CCCP, por los noticiarios cuando lanzó el primer satélite artificial, el *Sputnik*<sup>[29]</sup>, aquel 4 de octubre de 1957 y el mundo se echó a temblar: si podían hacer que un objeto diese vueltas al mundo, bien podían hacer que no terminase la vuelta y cayese en cualquier parte del planeta. Dicho de otra manera, los soviéticos podían poner una bomba nuclear en «cualquier» ciudad occidental en el momento que quisiesen. Ya no dependían de los bombarderos, ya no se les podía parar con artillería antiaérea.

Ante esa amenaza no había defensa efectiva, así es que en Estados Unidos se optó por desarrollar una amenaza equivalente: había que poner en órbita un satélite, con las siglas USA pintadas en su superficie, que demostrase que ellos podían hacer lo mismo.

## **CORREDORES CON MULETAS**

Pero no podían. No tenían el cohete adecuado y, sin un buen lanzador, no puedes demostrar que para hacerlo tienes lo que hay que tener.

Para mayor confusión, había varios candidatos para orquestar la respuesta norteamericana y la Armada, que estaba en esos años cargando cohetes en sus submarinos para poder acercarlos con sigilo a las costas enemigas y disparar de cerca (ya que no podían hacerlo de lejos), fue la elegida para desarrollar un cohete que salvase el honor de Estados Unidos y asustase a los soviéticos.

Pero el resultado fue peor que si se hubiesen estado quietos.

Los soviéticos tenían muy bien engrasados los mecanismos y procedimientos que mantienen el secreto de lo que sucedía dentro de sus fronteras y podían permitirse (y se permitieron), el lujo de fallar todos los lanzamientos que hiciese falta para dar publicidad sólo a los que salían bien. En los Estados Unidos, por el contrario, los fallos se filmaban (¡malditos periodistas!) y se exhibían en todos los cines durante las semanas siguientes.

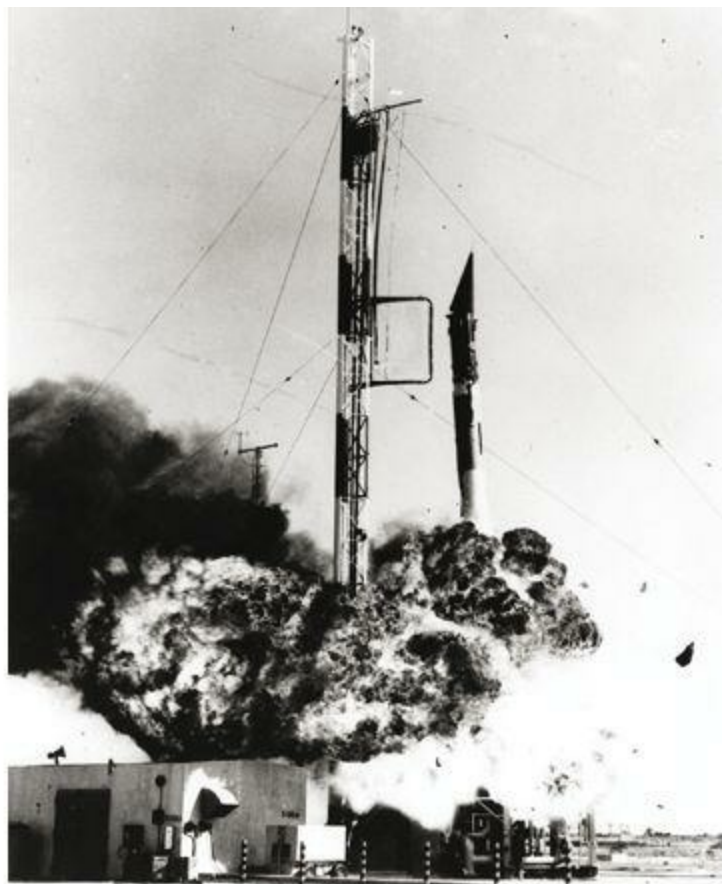
Y fue peor que si se hubiesen estado quietos porque los primeros cohetes, los *Vanguard*, eran más dignos de la «Guerra de Gila» que de la Marina de los Estados Unidos de Norteamérica o de casi cualquier Marina.

El primero llegó a despegar, subió un poco, unos metros, se ladeó... y cayó reventando en el suelo con gran parafernalia de efectos especiales y nubes de fuego, dejando a los militares la deprimente tarea de volver a construir una base de lanzamiento.

El siguiente aspirante a satélite artificial era también una sofisticada máquina de quince centímetros de diámetro, uno de cuyos dos transmisores funcionaba con una pila de mercurio no mucho mejor que las pilas normales de nuestros aparatos portátiles actuales. No estalló, cosa que debió hacer que



suspirasen aliviados los responsables de construir las instalaciones, pero no nos dejó una idea clara de que había funcionado mejor, puesto que tampoco arrancó, de hecho ni siquiera encendió el motor y el cohete se quedó firmemente pegado a la Tierra. Lo que sí funcionó fue el mecanismo de expulsión del satélite, que unos minutos después de la hora de salida lo lanzó desde la punta del inmóvil lanzador: hizo ¡plop!, el aspirante a satélite cayó siguiendo una lastimosa parábola hasta el suelo y, una vez allí, rodó hasta el borde de la plataforma de hormigón, donde comenzó a radiar su bip-bip quizá sintiendo la satisfacción de haber hecho bien su trabajo.



*El Vanguard en sus explosivos primeros tiempos.*

Algo es algo. Y además todavía tenían en pie la plataforma de lanzamiento, cosa que también fue muy de agradecer.

Pero viendo ese patético satélite caer desde la cima del cohete... las risas eran atronadoras en las salas de cine, que solían incluir un noticiario, puesto

que esa era la única manera de «ver» las noticias que se leían en los periódicos y se oían en la radio (la televisión era todavía algo más parecido a la ciencia ficción que a un electrodoméstico, y en España ni eso). En Washington, por el contrario, las caras eran muy largas esos días, tan largas como anchas eran las sonrisas en el Kremlin.

La razón de fondo para esos iniciales fracasos de los norteamericanos puede estar precisamente en su supremacía en otros aspectos de la Guerra Fría: Estados Unidos tenía buenos bombarderos (el B-52 era tan bueno que todavía vuela y sigue siendo de lo mejor disponible desde el punto de vista militar, pese a que en Vietnam adquirió muy mala imagen) y tenían bases «amigas» por todo el planeta complementadas con una potente flota de portaaviones, por lo que disponían de diversas opciones para lanzar sus bombas y las podían arrojar desde una distancia no demasiado alejada de sus objetivos.

Los soviéticos, por el contrario, con unas pésimas salidas al mar, sin portaaviones y sin países amigos cerca de Estados Unidos, necesitaban sus misiles de largo alcance. En su momento trataremos a Cuba como se merece, pero en aquellos días todavía era una república con un cliente privilegiado, que era Estados Unidos, al que le debían la independencia de España y cuyos ciudadanos llenaban sus casinos y burdeles todo el año.

El resultado, por el momento, era que la Unión Soviética había desarrollado lanzadores más pesados, que se podían utilizar además en la carrera espacial.

## **VON BRAUN**

La respuesta norteamericana terminó llegando por el lado del Ejército de Tierra, que tenía en nómina a Wernher von Braun, tristemente famoso por crear las V-1 y V-2 que asolaron Londres en la Segunda Guerra Mundial.

Al final de aquella guerra, Von Braun se había entregado al Ejército americano, junto con unos quinientos de sus especialistas y técnicos. Desde luego fue una entrega muy bien organizada que negoció cuando vio que los

rusos se acercaban a donde él estaba haciendo esas bombas volantes (le parecieron mejores los americanos que los rusos), pero en los años cincuenta Wernher estaba como tantos alemanes en «proceso de desnazificación<sup>[30]</sup>» dado que había participado en la guerra, se había alistado en las SS en algún momento de su vida y había utilizado como mano de obra a los prisioneros de campos de concentración (esclavos de facto). A su favor pesaba que al entregarse se había llevado consigo las V-1 y V-2 que no había lanzado aún, incluyendo los vehículos de transporte hechos a medida y piezas ya fabricadas para montar unos cien cohetes más. La eficiencia alemana se manifestaba incluso en las fugas.

Las malas lenguas cuentan que cuando le preguntaron a Von Braun si podría ganar a los rusos en la carrera espacial respondió: «mis alemanes son mejores que los de ellos», porque estaba seguro de que los que habían desarrollado el original ruso eran también alemanes, aunque parece que Korolev (el jefe del equipo soviético) no los necesitaba tanto como Wernher creía.

El caso es que para cuando les llega el encargo, el Ejército de Tierra ya tiene un diseño probado (¡tecnología alemana!). Lo modifican, lo desarrollan y le ponen en la punta un satélite, el *Explorer 1* (desarrollado por Van Allen), que no sólo se pone en órbita, sino que de paso detecta las radiaciones presentes en el espacio.

Eso podría parecer que era ciencia, y lo cierto es que lo era en una cierta medida e intentaba responder a la pregunta de si el ser humano podría sobrevivir a un viaje fuera de la atmósfera, pero también se puede tener en cuenta que con ello demostraban su capacidad para detectar radiaciones en cualquier parte: en aquella época se había considerado la posibilidad de tirar material radioactivo sobre ciudades «enemigas» como arma de represalia, por lo que no era sólo una tontería de científicos medir esas cosas.



Braun, Van Allen y Pickering celebrando el primer éxito.

## **BAJO EL REINADO DE SU MAJESTAD PARANOIA ENÉSIMA**

Para que nos hagamos una ligerísima idea del ambiente de paranoia de aquella época, los soviéticos consideraron muy en serio hacer estallar una bomba nuclear en la Luna sólo para «meter ruido», para hacer algo que se viese desde la Tierra y demostrase a todos sus habitantes cuán lejos habían llegado.

Por su parte, entre los responsables del programa espacial norteamericano circuló el temor de que lo que enviaran los soviéticos a la Luna fuesen miles de toneladas de «pintura roja», que dejase visible a simple vista una extensa bandera comunista sobre sus cabezas.

Eran momentos realmente duros para la gente sensata.

Poco después, el *Explorer 3* detectó la estructura de los cinturones de

radiación que rodean a la tierra y desvían la que viene del Sol y ese fue el primer descubrimiento hecho por un satélite, pues no existía ni la más mínima sospecha de que esos cinturones existiesen. Ahora, por cierto, se conocen como Cinturones Van Allen.

## **LAIKA**

Pero los soviéticos respondieron con contundencia a los primeros escarceos norteamericanos en el espacio, aunque por suerte lo hicieron en el ámbito científico-espacial y limitándose a la órbita de la Tierra por el momento: en seguida pusieron en órbita una cápsula con el primer ser vivo que salía de la Tierra (salvo que nos creamos las historias de abducciones de seres humanos realizadas por extraterrestres).

La perra Laika, un «chucho callejero» de Moscú, había entrado en órbita el 3 de noviembre de 1957, un mes después del primer Sputnik, demostrando que aquel lanzamiento pionero no había sido flor de un día.

Hoy no habría sido posible planear ese lanzamiento, porque no estaba previsto que la perra sobreviviese: su cápsula no tenía ni retrocohetes para descender de nuevo a la Tierra ni un escudo térmico y un paracaídas que le permitiesen sobrevivir a la caída; por contra, mezclado con la comida de su ración del décimo día, llevaba un potente veneno. Para colmo, la cápsula no se desprendió de la última etapa del lanzador y no pudo en consecuencia girar como tenía previsto, de manera que se recalentó demasiado por presentar siempre la misma cara al sol y Laika murió unas pocas horas después del lanzamiento, en su quinta órbita, demostrando de paso que los riesgos de los viajes espaciales eran muy reales.

## **UNA RAZÓN DE MUCHO PESO**

Para los militares norteamericanos, poco comprometidos con la causa de las sociedades protectoras de los animales, lo peor de la noticia fue cuando se

hizo público el peso del satélite: bastante más de trescientos kilogramos.

En un principio pensaron que se trataba de un error de transcripción, que alguien se había equivocado en la posición de la coma de los decimales, pues un peso de «treinta y tantos» kilos entraba dentro de lo posible. Pero no: eran más de trescientos; según algunas fuentes el aparato que entró en órbita pesaba quinientos ocho kilos.

Eso quería decir que los soviéticos estaban muy por delante de los norteamericanos, los cuales planeaban satélites de unas pocas decenas de kilogramos porque no aspiraban a levantar mucho más del suelo con los lanzadores que podían tener disponibles a corto plazo. Y esa supremacía de los lanzadores soviéticos, por supuesto, no sólo tenía aplicación inmediata en la carrera espacial, sino también en el desarrollo de imparable cohetes intercontinentales capaces de poner una bomba en cualquier parte del planeta.

Lo curioso es que todo ello era consecuencia de las «limitaciones» de la industria nuclear soviética, que había desarrollado bombas atómicas, sí, pero muy deficientes en varios aspectos, entre otros en el peso: pesaban mucho más que las bombas de los norteamericanos.

## **LARGA VIDA AL R7**

Pero el resultado para la conquista del espacio era que los soviéticos disponían de un buen lanzacohetes, el R7, abreviatura del imaginativo nombre de *Raket Semyorka* ('Cohete Siete'), de un diseño muy característico, con un cohete central rodeado de otros cuatro que forman una especie de faldón en la base. Era un cohete de treinta y cuatro metros de altura (mucho más bajo que sus equivalentes norteamericanos) que se podía transportar en posición horizontal e incluso esconder en cuevas en las que entraba sobre raíles, y que se ponía en pie ya en la propia torre de lanzamiento.

El R7 ha sido la base de la mayoría de los siguientes brillantes diseños como el Soyuz y el Vostok.

Con ese lanzador, alimentado con keroseno y oxígeno líquido, los soviéticos podían poner en órbita hasta cinco toneladas mientras los

norteamericanos sudaban como levantadores de pesas olímpicos... para levantar unos pocos kilogramos. Otra cosa es que, sin llegar a alturas orbitales, pudiesen dirigir una bomba hacia un kilómetro cuadrado concreto del mundo, pero al menos iban por el «buen» camino (despojando el concepto de «bondad» de toda connotación moral y dejando la técnica en su natural desnudez).



Un cohete heredero del R7 camino de la torre de lanzamiento.

Hubo en su día informaciones incompletas de un lanzamiento en lo que todavía se llamaba Tyura-Tam, en 1960, en el que el estallido de un cohete en los primeros metros de ascensión ocasionó la muerte de unas cincuenta personas (otras fuentes hablan de noventa y dos), entre ellas bastantes técnicos de alto nivel. Se dijo que era un temprano intento soviético de lanzar una sonda hacia Marte, y si bien es posible que esas muertes fuesen un duro golpe para el programa espacial soviético, por los conocimientos que acumulaban esos técnicos, lo de lanzar una nave a Marte era un claro farol. Vamos a dar algunos datos más de aquella catástrofe, datos conocidos no hace mucho, pues es un accidente que ilustra los riesgos de un lanzamiento y el ambiente de paranoia e histeria de aquellos años.

El principal centro de lanzamiento de misiles de la URSS estaba cerca de una ciudad que todavía se llamaba Leninsk, pero para despistar dijeron que los lanzamientos se hacían desde la «base de Baikonur», porque la ciudad de

ese nombre esta a casi cuatrocientos kilómetros al nordeste de donde realmente está la base de misiles (ahora Leninsk se ha rebautizado como Baikonur, quizá porque demasiadas delegaciones y materiales llegaban a donde no era). Los norteamericanos averiguaron pronto este detalle del cambio de nombre, gracias a sus aviones espía que volaban a demasiada altura como para que los soviéticos pudiesen impedirlo, pero les siguieron el juego a «los rojos» para que a su vez los «comunistas» no detectasen su capacidad de espionaje.

En 1960, pese a disponer del *R7*, los soviéticos estaban ya desarrollando un lanzador mucho más potente, el *R16*, pero, ante los tímidos avances de los norteamericanos... les entraron las prisas, que nunca son buenas, y trataron de lanzar el *R16* cuando los técnicos todavía no daban ni siquiera un aprobado raspado al cohete.

Y era un cohete que utilizaba combustibles hipergólicos.

## **LOS SIEMPRE PELIGROSOS COMBUSTIBLES**

Hablemos un momento de combustibles. En los cohetes se utilizan cuatro variantes:

1. Keroseno quemado con oxígeno. Es el más utilizado en los primeros tiempos, el keroseno es fácil de manejar, no muy diferente de la gasolina, pero el oxígeno debe enfriarse a centenares de grados bajo cero para el lanzamiento, lo cual hace que el proceso de llenado del tanque sea complicado y haya que hacerlo justo antes del disparo, con imponentes tuberías bien protegidas entre la fábrica donde se produce el oxígeno líquido y el punto de lanzamiento.

2. Hidrógeno y oxígeno. El inconveniente es que ambos elementos deben utilizarse ultrafríos, pero tienen un muy buen rendimiento. La mayor complicación llega cuando se quiere afinar al máximo, porque entonces los dos elementos deben permanecer en estado líquido, jamás sólido, y lo más cerca posible de su punto de ebullición, que es de  $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$  para el hidrógeno y  $-183\text{ }^{\circ}\text{C}$  para el oxígeno, con el agravante de que el oxígeno se vuelve



sólido a  $-219^{\circ}\text{C}$ , con lo que hay que mantener depósitos de muchas toneladas, a temperaturas muy precisas, bien separados desde el punto de vista térmico y muy juntos en el escaso espacio del lanzador. Y ambos deben cargarse justo antes del lanzamiento pues desde el momento mismo de la carga empiezan a «calentarse».

3. Combustibles sólidos. No tienen problemas de temperatura y, por lo tanto, pueden estar cargados durante mucho tiempo, lo cual también los haría útiles como propulsores de misiles militares de los que están escondidos durante años en un silo secreto que no puede tener mucho personal ni instalaciones industriales para producir y cargar el combustible en el último momento. La pega es que en los cohetes de combustible sólido es más difícil controlar su encendido, apagado y potencia entregada.

4. Hipergólicos. Son dos componentes que se combinan de forma explosiva en cuanto entran en contacto. Tienen una gran capacidad de empuje, son muy controlables si se mantienen en los recipientes adecuados y no necesitan ser enfriados, por lo que son ideales para misiles almacenados largo tiempo en silos; pero también son corrosivos y muy tóxicos, por lo que su manejo es peligrosísimo y los gases resultantes de su combustión también son mortales para quien los respira. Se suele utilizar este tipo de combustibles en sondas interplanetarias por su buen rendimiento y su estabilidad a largo plazo.

Así, pues el *R16* utilizaba combustibles hipergólicos y no estaba terminado de poner a punto.

El 23 de octubre de 1960, a la hora del lanzamiento surgieron varios problemas que aconsejaron aplazarlo veinticuatro horas. Los procedimientos de seguridad decían que, para esos arreglos, lo apropiado era vaciar los depósitos antes de manipular la electrónica y demás elementos que fallaban.

## **CUANDO SE ORGANIZAN LAS COSAS A GRITOS**

Pero Nedelin, uno de esos personajes cargados de varias filas de medallas y con el impresionante título de «comandante de las Fuerzas Estratégicas de

Misiles de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas», tuvo a bien saltarse todas las normas de seguridad y obligó a todos los técnicos a trabajar toda la noche en la resolución de los problemas detectados... y sin descargar el combustible para acelerar el lanzamiento unas horas.

Un cohete no bien conocido, elementos provisionales por todas partes, unos técnicos ya agotados a los que se les obliga a seguir otra noche más de esfuerzos... Era desde luego una situación muy poco recomendable.

Al menos hay que reconocer que el propio Nedelin se buscó una silla y se quedó todo el tiempo a los pies del cohete viendo (vigilando y presionando) a los técnicos; y que a su lado se encontraba Yanguel, el responsable del diseño de esos motores soviéticos.

En un determinado momento, Yanguel se alejó para fumar y, por prudencia, no encendió el cigarrillo hasta que llegó a un búnker en el que su llama no era peligrosa para el misil.

A la vez, en ese mismo instante, en otra parte de la torre de lanzamiento se conectaban de nuevo las baterías de las dos etapas del cohete, con el problema de que el interruptor de encendido de la primera etapa estaba activado... Por suerte eso no implicaba que se encendiese el cohete, pues ese proceso no empezaba sólo con la activación del interruptor.

## **NO SE DEBE DAR AL BOTÓN ROJO SÓLO PORQUE ESTÁ ALLÍ**

Pero alguien vio un momento después el interruptor activado y, actitud muy comprensible, lo desactivó, lo que equivalía a señalar a la electrónica del cohete que el trabajo de la primera etapa se había terminado y había que encender la segunda etapa, en la que el motor empezó a alimentarse con las muchas toneladas del combustible que tenía preparado y a arder con furia... con los depósitos de la primera etapa todavía llenos justo debajo y un centenar de técnicos pululando cansados por los alrededores.

Sólo se salvaron los más alejados y los que estaban fumando en el búnker. También se activaron de forma automática las cámaras que iban a filmar el lanzamiento y así existen unos terroríficos metros de película en los

que sólo se ven cadáveres y heridos que corren ardiendo en todas direcciones.

La mayoría de los muertos de aquel accidente estaban entre los mejores técnicos soviéticos y eso, a largo plazo, supuso quizá una de las razones por las que los norteamericanos ganaron la carrera.

A corto plazo tuvo una repercusión espectacular, aunque sólo muchos años después los occidentales pudimos entenderla: la «crisis de los misiles» de Cuba.

Los soviéticos, a falta de un misil con el alcance y la «precisión» adecuados, tenían que acercar sus bombas al territorio norteamericano y en 1962 trataron de colocarlas en Cuba, que tras la Revolución castrista se había convertido en el perfecto portaaviones socialista en el Caribe. Aquello acabó mal para los soviéticos, pero eso ya es otra historia.

## **SI NO PUEDES GANAR HOY, PLANEAS EL MAÑANA**

Estados Unidos mientras, viendo que en el corto plazo no tenían muchas posibilidades, habían reaccionado con un plan a medio plazo, creando la NASA y dotándola de un presupuesto tan ilimitado en la práctica como el militar, lo cual dio con el tiempo resultados: Programa Mercury, Programa Gemini, Programa Apollo, llegada a la Luna, la lanzadera espacial, el telescopio Hubble y la Estación Espacial Internacional (ISS, por sus siglas en inglés) ya en nuestros días (y compartiendo los gastos con otras agencias espaciales).

Los soviéticos, mientras tanto, siguieron un tiempo por delante de los norteamericanos y pusieron antes que ellos a un hombre en órbita (Gagarin), fueron los primeros en hacer que un astronauta se pasease por el exterior de la nave (Leónov, pero con algún que otro incidente que nos hará volver a hablar de él a continuación), tuvieron la primera víctima mortal durante una misión (dudoso privilegio) y fueron los primeros en fotografiar la cara oculta de la Luna y de posar con más o menos delicadeza un vehículo en su superficie. También fueron los primeros en poner una nave en órbita solar, aunque en realidad intentaban estrellarla sobre la Luna y erraron el tiro.

Estados Unidos en aquellos revueltos días intentaban tragarse el fracaso de la invasión de Cuba con el desembarco de Bahía Cochinos (una chapuza de aficionados) y el presidente Kennedy consiguió que la atención de todo el país se enfocara en otra dirección proponiendo que los norteamericanos deberían llegar a la Luna en esa misma década...

## **ÓRDAGO A LA GRANDE**

La carrera espacial tuvo pues en los siguientes años una meta definida y en ella se jugaba explícitamente el prestigio nacional norteamericano. Y algo más: en el mismo discurso el presidente Kennedy dejó muy claro que en los años sucesivos dominar el espacio era la llave para dominar la Tierra, lo mismo que el dominio del mar le había proporcionado un imperio a los ingleses dos siglos atrás.

Pero en julio de 1969, con las espectaculares imágenes de Armstrong y Aldrin paseando por la superficie lunar, el honor norteamericano quedó por fin satisfecho... y se acabó la carrera espacial.

Todavía se escribiría alguna que otra página gloriosa (*Apollo XIII*, *Mir*, *Voyager...*), pero ya en un entorno de decadencia de presupuestos, de ilusiones menguantes, de empujes cada vez más débiles y de proyectos a veces patéticos.

No obstante, vamos con alguno de esos momentos tensos sobre los que hemos volado a velocidad orbital en los últimos párrafos.

## Capítulo 34. Desde el suelo hasta el paseo espacial de Alexéi Leónov

El 18 de marzo de 1965, la maquinaria de propaganda soviética le aplicó otro mazazo al incipiente orgullo espacial norteamericano.

Un año después del primer *Sputnik*, el Programa Mercury de la NASA había iniciado el camino para poner en órbita un ser humano y hacerlo regresar con salud a la Tierra, cosa que consiguieron, aunque con sus más y sus menos.

### SALTOS DE PULGA

Por ejemplo, los cohetes lanzadores utilizados eran tan limitados que el primero, el *Redstone*, apenas podía sacar de la atmósfera la cápsula y su «tripulante» (al principio los tripulantes eran monos, por eso dicen que los astronautas norteamericanos descienden del mono mientras que los astronautas soviéticos descienden del perro), pero los utilizaron para intentar, y finalmente no conseguir, ser los primeros en sacar un ser humano de la atmósfera en algo que pareciese una órbita. Nikita Jruschov se rio oficialmente de la «hazaña» norteamericana calificándola de «salto de pulga». Poco después se lanzaría la primera misión (no tripulada) de la cápsula y, cuando se abortó la misión, había alcanzado la poco impresionante altura de diez centímetros... No se necesitaron los agudos comentarios de Jruschov para que los responsables se pusiesen colorados.

El segundo cohete utilizado, el *Atlas-D* (todos eran cohetes balísticos modificados para cargar una cápsula en lugar de una bomba), tenía sus paredes tan finas que mantenía la forma gracias a la presión del combustible que, cuando no estaba, había que sustituir con nitrógeno a presión: era como esos edificios, polideportivos por ejemplo, que son una tienda de campaña gigantesca que mantiene la forma gracias a la presión del aire. Pero en seguida veremos que los artilugios cuya forma depende de que estén correctamente hinchados les dieron también a los soviéticos algún disgusto, sobre todo a uno apellidado Leónov.

## **EL HOMBRE LLEGA AL ESPACIO REPRESENTADO POR YURI GAGARIN**

De todas formas, los norteamericanos no llegaron a tiempo: el 12 de abril de 1961 Yuri Alekséyevich Gagarin había despegado en el *Vostok 1* y fue ya para siempre el primer ser humano en alcanzar el espacio.

A partir de ahí los vuelos al espacio de soviéticos y norteamericanos se fueron sucediendo, con incidentes y anécdotas de todos los tamaños.

Por ejemplo, Gagarin dijo al despegar «¡vámonos!» y desde entonces esa simple palabra forma parte de la cultura rusa y se dice ese «vaaaaamonos» cada vez que se emprende un proyecto importante o arriesgado.

Sin embargo, la frase que popularizó, poco después de esas fechas, un astronauta norteamericano fue muy diferente: John Herschel Glenn Jr. era un hombre muy religioso y, a punto de despegar para el tercer vuelo tripulado de la *Mercury* (y primero realmente orbital) dijo para la historia: «Señor, por favor, no permitas que la cague».

En aquellos días, a los publicistas de Estados Unidos les costaba «mantener el tipo» en el tema aeroespacial.

## **LOS HAY CON MALA SUERTE**

Para colmo, en el segundo vuelo orbital norteamericano se difundieron unas imágenes patéticas de Gus Grisson, su tripulante, saliendo de la cápsula antes de la cuenta y a punto de ahogarse en el Atlántico por el peso del traje (se había dejado uno de los tubos de alimentación del mismo sin cerrar y al llenarse de agua hacía de todo menos ayudarle a flotar) mientras el helicóptero intentaba levantar la cápsula *Mercury*, que con la escotilla abierta y casi llena de agua pesaba demasiado para sus motores; tuvo que soltarla y acabó en el fondo del Atlántico.

Lo que había pasado es que la escotilla se había abierto antes de lo esperado, la cápsula se empezó a inundar y Gus tuvo que salir con más prisas de la cuenta. Nunca se supo por qué se había accionado antes de tiempo el disparador que hacía estallar los tornillos de fijación de la escotilla. Por supuesto, el primer sospechoso fue el propio Gus Grisson, que era el único que estaba allí, pero él siempre declaró que no había tocado ese maldito mando y que aquello estalló solo. Aducía como prueba que todos los demás tripulantes de la *Mercury* aterrizaron con un hematoma en la mano que accionaba el botón de apertura, que necesitaba un buen empujón para activarse desde dentro y él, en cambio, no lucía ese hematoma. Por el momento se le concedió el beneficio de la duda.

En 1999 la cápsula se recuperó con submarinos robotizados y todavía estaba en bastante buen estado después de casi cuarenta años en el fondo del mar; pero siguió sin hallarse ninguna causa verosímil para todo aquello.

La teoría más favorable para Gus se sostiene en que durante el descenso este informó de que el paracaídas principal tenía un desgarro en forma de «L» y otro boquete más pequeño. Se especuló con que el receptáculo del mando de apertura externo, protegido por una pequeña trampilla, se pudo haber abierto durante el descenso y, al soltarse la trampilla, habría volado y provocado los desgarros del paracaídas mientras que algún hilo de este se habría enganchado en la palanca de apertura y con el oleaje habría pegado el tirón que faltaba en el argumento. En una novela policiaca no sería una explicación aceptable del «crimen», pero es lo que hay.

Al naufragio de la cápsula estuvo a punto de seguirle el de su capitán, lastrado por su traje ya lleno de agua (se contaba con una cierta flotabilidad,

pero al entrarle agua por el conducto del tubo de respiración, ya sólo pesaba, y pesaba bastante) y demasiados recuerdos que había metido en los bolsillos. Gus ya estaba tragando agua salada cuando le echaron un collar de rescate, que se puso al revés. Cuando por fin entró en el helicóptero, se lanzó con ansia hacia el primer salvavidas que vio y no habló ni miró a nadie hasta que lo tuvo bien puesto.

Gus Grisson arrastró el resto de su vida la mala imagen de aquel incidente y una cierta fama de gafe, aunque ello no fue obstáculo para que volviese al espacio a bordo de la cápsula *Gemini 3* con John Watts Young, convirtiéndose en el primer ser humano que había viajado dos veces al espacio.

## **LA (BUENA) SUERTE TAMBIÉN EXISTE**

Y los norteamericanos, cuando era factible, también escondían los fallos si podían: en el viaje de Glenn fallaron los enganches del escudo térmico (el escudo se separaba unos centímetros en la última fase de la reentrada, cuando la velocidad era mínima ya, con el fin de formar un colchón que amortiguase el último golpe); para sujetar el escudo en su sitio pese al fallo de los enganches se tomó la decisión de hacer la reentrada con los mecanismos de soporte orbital en su sitio, un conjunto de cohetes de maniobra y depósitos que a esas horas estaban vacíos.

La reentrada fue, digamos, emocionante, porque no se sabía qué comportamiento iba a tener la cápsula en esas condiciones. El riesgo era que con el centro de gravedad un poco más arriba, a lo peor la nave «volcaba» y hacía la reentrada de proa, lo cual era mortal de necesidad para Glenn.

Todo salió bien, los mecanismos que iban detrás del escudo permitieron la sujeción justa, se evaporaron cuando ya la presión aerodinámica de la reentrada era suficiente para mantenerlo en su sitio y, cuando era hora de que se separase y formase un parachoques se dieron cuenta de que los enganches estaban perfectamente, que el escudo estaba correctamente colocado y que lo que no había funcionado era el sensor que señalaba si estaba suelto o



enganchado.

Al menos no había accidentes graves (que se supiese) y se podía decir cualquier cosa respecto a que las naves propias eran las mejores, por ejemplo, o que nuestros logros eran más importantes (o meritorios) que los de los otros.

## EXHIBICIONISMOS ESPACIALES

Pero lo de Leónov fue demasiado espectacular como para que los norteamericanos pudiesen mirar para otro lado o ningunearlo.

Por primera vez en la historia, lo que se veía no eran unas naves borrosas o enfocadas, con las siglas CCCP o USA en el lomo. No: ahora era un astronauta que se movía con soltura por el exterior de la nave, que se separaba de ella y se alejaba confiando en los cables de unión... ¡Era un hombre en el espacio!

Esto era un paso más, y los norteamericanos respondieron cumplidamente cuando Edward White salió de su cápsula *Gemini* el 3 de junio de ese año. Tarde y seguramente de forma apresurada, pero lo hicieron.

Lo que muy poca gente sabía entonces es que el paseo de Alexéi Leónov no estuvo exento de problemas y pudo acabar en tragedia.

## ¿QUIÉN NO HA INTENTADO VOLVER A PONER EL CORCHO EN LA BOTELLA DE CAVA<sup>[31]</sup>?

En aquella época todo se hacía con prisas, y la salida de Leónov no debía contar con muchos ensayos. Al menos es casi seguro que no hicieron ningún ensayo en el vacío y con una cápsula real, porque cuando Alexéi dio por terminado su paseo y, henchido de orgullo, intentó volver a entrar en la cápsula... no cabía por la puerta. A él no le pareció nada gracioso.

El traje de los soviéticos para actividad extravehicular era más flexible que el de los norteamericanos, y en los minutos de movimiento por el vacío

exterior se había expandido, había «dado de sí», y no un poco sino hasta un punto en el que se le salían las manos de los guantes y los pies de las botas, por lo que agarrar cosas o incluso desplazarse se hacía muy difícil.

Leónov comenzó a sudar copiosamente, lo cual no ayudaba en lo más mínimo y sus pulsaciones se dispararon desde mucho antes de tener que entrar en la esclusa que apenas podía agarrar.

En la película del paseo por el exterior (no ha circulado ninguna película de cómo entró de nuevo) se puede ver que Alexéi abulta bastante, está «gordo» (aunque él estaba en una forma física envidiable; era la hinchazón del traje). Además, se puede comprobar que Alexéi está rodeado de tubos, cables e infinidad de aditamentos que no sólo le unen a la cápsula, sino que también se le enredan constantemente y le impedirían hacer un trabajo eficiente en caso de necesidad: estaban aprendiendo.

Y la esclusa que la cápsula tenía para salir al exterior era una especie de tubo de paredes hinchables que se desplegaba hacia afuera, con una escotilla que lo cerraba en el extremo y que se volvía estanca al cerrarla simultáneamente a la escotilla de la propia cápsula. Eso les ahorra a los astronautas tener que despresurizar por completo la nave para salir al exterior, lo cual implicaba unos cuantos kilos de aire comprimido que siempre son valiosos, y evitaba que el astronauta o astronautas que quedaban dentro se tuviesen que poner el traje.

El caso es que cuando trató de volver a entrar en la cabina de descompresión de la cápsula, que era la extensión tubular de la *Vosjod 2*, Alexéi estaba bañado en sudor dentro de un traje espacial que casi se parecía más, desde su punto de vista, a un globo que le impedía coger nada desde dentro de él. Con la hinchazón los pies pasaban, pero el resto no. Y no era un problema sencillo porque, recordemos, un montón de cables le unían a la nave y, para colmo, por ellos le llegaban el oxígeno y las comunicaciones, aunque no la calefacción y, cerca del cero absoluto del exterior, al pasar por la sombra de la Tierra unos minutos después iba a ser importante la calefacción.

Tampoco tenía mucho dónde agarrarse para hacer fuerza, allá en el vacío y en ingravidez, y la escotilla tenía su normal ración de cerrojos, enganches,

una mini-cámara de televisión que era la que transmitía el acontecimiento y ahora le estorbaba para entrar...; bultos, en suma, alguno de ellos de bordes afilados.

Por supuesto, cualquier desgarró en el traje, cualquier cable o tubo que se deteriorase, le habría convertido en pocos segundos en una momia deshidratada que nadie habría podido (ni querido) traer a la Tierra (ni le hubiese servido de nada al pobre Alexéi).

Leónov lo intentó de todas las maneras imaginables: poco a poco, diciendo tacos, metiendo pliegue a pliegue, diciendo más tacos, tratando de organizar los tubos y cables por delante de él, gritando blasfemias, con los tubos por detrás, gritando obscenidades... Y todo ello con unos guantes de una docena de tallas más que la suya, sudando y con taquicardia.

Aunque los que viajan al espacio son gente sensata, fría y resuelta ante problemas graves, y en el caso de los soviéticos eran además oficialmente ateos, sentir que la Parca que te mira a los ojos debe asustar a cualquiera.

Tomó una decisión desesperada: aflojar un poco el cierre de uno de los tubos de aire para que el traje se deshinchase y pudiese atravesar la esclusa exterior, algo realmente valiente en sus circunstancias; pero, aun así, lo único que funcionó para entrar fue hacerlo con la cabeza por delante (quizá los nervios), y eso llevó al siguiente problema: los mandos para el cierre de la compuerta estaban en la escotilla exterior (nada de cierres eléctricos centralizados, había que ahorrar peso), y dichos mandos quedaban en ese momento perfectamente al alcance... de sus pies.

Pero con toda seguridad nadie se atrevería a sugerirle que volviese a salir. Darse la vuelta en el aquilatado tubo parecía imposible, por supuesto.

Su compañero en ese vuelo, Pavel Belyayev (que era el comandante, Alexéi Leónov era el piloto) esperaba al otro lado de la siguiente escotilla, apenas una claraboya, y la única manera de resolver la situación parecía ser que se pusiese él también el traje de vacío (aunque resultaba un incordio ponérselo en un sitio tan estrecho; hablaremos de ello más adelante), dejase escapar el aire de la cápsula (una pena y un riesgo), y abriese la mampara interior a su invertido compañero que, ya escaso de aire, aporreaba la escotilla con prisas.



No nos consta que este incidente sirviese de inspiración a los creadores de la serie *Los Picapiedra*.

Entre medias, Leónov consiguió reunir sus últimas fuerzas y ganó su lucha con el traje-globo para plegarse en la cámara de descompresión, darse la vuelta y cerrar la maldita escotilla exterior. Cuando Pavel se apartó prudentemente del camino de Alexéi, entró en la cápsula un astronauta agotado y casi sin control de sí mismo.

De paso, no recuperó el carrete de fotos de la cámara que funcionaba en el borde de la compuerta, por lo que las imágenes de aquel hecho histórico son bastante malas: sólo existe lo que se difundió por televisión.

## **LAS COSAS QUE SE HACEN CUANDO NADIE ESTÁ MIRANDO**

Parecía que ya sólo quedaba soportar con los trajes sudados un compañero de viaje muy enfadado para el resto del incómodo trayecto, pero se equivocaban de medio a medio: la aventura comenzaba en ese punto.

Esto fue así porque les falló el sistema de orientación de la cápsula y tuvieron que hacer la reentrada manualmente, lo cual implicaba jugar al escondite y un complicadísimo número de *ballet*, digno del Bolshoi: uno de ellos tenía que meterse detrás de su asiento de vuelo, donde es de suponer que no había mucho sitio, para que el otro se atravesase sobre los dos asientos para manejar los mandos de posición a la vez que miraba por el periscopio y buscaba la estrella correcta; como para ello se necesitaban las dos manos y no tenía ni un tercer brazo ni un rabo simiesco que le ayudara a sujetarse a alguna parte, era su oculto compañero el que tenía que sacar sus brazos por donde pudiese para sujetarle en la ingravidez poniendo cara de bailarín que sostiene a la diva en el aire mientras da vueltas con elegancia... hasta que decía «ya está», porque en ese instante tenían que volver a sus asientos y atarse los cinturones de seguridad, y a toda velocidad y debían hacerlo «antes» de que se volviese a perder la orientación.

La maniobra de *ballet* no debía de estar ensayada en la ingravidez y tardaron unos cuarenta o cincuenta segundos en colocarse en sus asientos y activar los retrocohetes que les devolverían a territorio soviético. Cada segundo recorrían unos ocho kilómetros con lo que en total cayeron varios cientos de kilómetros más allá de lo previsto y lo hicieron en los Urales, en una zona de montaña, muy boscosa y de difícilísimo acceso. Al menos cayeron bien, porque tenían el temor de que el sensor de superficie activase los retrocohetes al detectar las copas de los árboles y les frenase a veinte metros de altura... para caer a plomo desde allí.

Estaban bien, pero el helicóptero tardó dos horas en localizarles. ¿Fin de la aventura? ¡No! Eso era sólo el comienzo de la parte emocionante.

## **UNA DE LOBOS Y CHICOS PERDIDOS**

En esa espesura no había forma segura de ascenderlos hasta el helicóptero y, por supuesto, el aparato no podía aterrizar. Además se hacía de noche. Era marzo y en los montes Urales.

Después de viajar al espacio, hacer historia con el primer paseo espacial y

realizar la reentrada en la atmósfera con una maniobra que nunca antes se había hecho, la mejor idea que pudieron encontrar fue que les tirasen algo de comida y unas mantas, de manera que Pavel y Alexéi pasaron su primera noche como gloriosos héroes de la Unión Soviética durmiendo en la cápsula, perdidos en la ladera de un monte, dentro de un bosque tenebroso y rodeados de lobos.

A la mañana siguiente la mejora no fue muy espectacular, porque los equipos de rescate se dedicaron a despejar un par de zonas, talando árboles, para que pudiesen aterrizar los helicópteros. Uno de aquellos sitios, a menos de dos kilómetros de la cápsula, sólo era válido para helicópteros ligeros, y desde allí se acercó un grupo de rescate hasta la cápsula, pero el terreno era tan difícil que se puso el sol antes de poder volver con seguridad, por lo que afrontaron su segunda noche en el bosque, aunque ahora en mejores condiciones: tenían tiendas de campaña y es de imaginar que no les tocó hacer el peor turno de guardia para vigilar armados por si volvían los lobos.

Al tercer día sí pudieron abandonar el *camping*, subirse a un helicóptero ligero que les llevó a donde habían conseguido aterrizar los helicópteros pesados, y que estos les llevaran a un aeropuerto desde el que despegaron en avión hacia la gloria. Ahí sí que acabó su aventura, de la que en Occidente sólo se supo que todo había sido «un gran éxito de los soviéticos».

## **CUANDO EL TRAJE FUE CUESTIÓN DE VIDA O MUERTE**

Ponerse o quitarse el traje espacial dentro de la nave debía ser toda una hazaña. Los astronautas norteamericanos decían que a las cápsulas *Apollo* «entrabas», en las cápsulas *Gemini* «te metías» y las cápsulas *Mercury* «te las ponías». Si de ello alguien saca la conclusión de que las cápsulas *Apollo* eran amplias, hay que decir que el espacio disponible en el interior de estas últimas era, aproximadamente, del mismo volumen que un par de neveras grandes, y debía ser compartido por tres astronautas durante una semana o más. Las cápsulas soviéticas, pese a la ventaja de disponer de lanzadores más potentes al principio, no eran mucho más confortables y ponerse y quitarse un

traje que tenía más mecanismos que un coche mediano de los de entonces no era una tarea trivial allí dentro.

Por eso era muy tentador, y a veces imprescindible, trabajar a bordo sin el traje presurizado. De hecho las primeras versiones de las cápsulas *Soyuz* no tenían sitio para sentarse en ellas con los trajes y eso es lo que les costó la vida a Dobrovolsky, Volkov y Patsayev el 30 de junio de 1971: la despresurización de la cápsula (necesaria al llegar a tierra) se hacía con una doble válvula; la primera de las dos se abría cuando dejaba de estar unida a la nave nodriza y la segunda al llegar al duro suelo de Siberia. Pero la segunda se abrió a la vez que la primera debido a que los tornillos explosivos que separaban la cápsula del módulo orbital estallaron todos simultáneamente en lugar de hacerlo de forma secuencial, lo que algún mecanismo de la cápsula confundió con el golpe de la llegada a tierra y abrió la válvula todavía fuera de la atmósfera. Los astronautas perdieron todo el aire y aterrizaron ya muertos; la ironía estuvo en que el agujerito por el que se les escapó el aire (y la vida) era tan pequeño que podrían haberlo tapado con el dedo si no hubiese estado en un lugar inaccesible tras los asientos.

Pero nos estamos adelantando, porque ellos no fueron las primeras víctimas de la carrera espacial.

## Capítulo 35. *Apollo I*

No se llamaba *Apollo I*. De hecho no se llamaba de ninguna manera porque no era todavía una misión, no estaba del todo claro que fuese a despegar en un plazo inmediato; pero, después de ver como terminó, se le dio ese nombre como homenaje a los que murieron en su interior. Si hubiese seguido adelante es muy posible que hubiese sido el *Apollo IV*.

Era un día de ensayos dentro de la cápsula del Proyecto Apollo, que era un cono de algo más de tres metros de diámetro y de altura. Por cierto: tenía las mismas dimensiones que el proyectil que imaginó Julio Verne en su novela *Le voyage dans la Lune*, que también «despegaba» de Florida y también llevaba tres «tripulantes».

Dentro de esos pocos metros cúbicos había infinidad de sistemas, de multitud de suministradores, y durante su construcción cada uno de los proveedores pedía a los directores del proyecto que los equipos «de los demás» hiciesen las cosas como a ellos les venía mejor para integrarse unos con otros. Esas peticiones a veces se denegaban, pero otras veces se aceptaban, de manera que los cambios no llegaban a tiempo o no se hacían exactamente como se había solicitado y, en cualquier caso, provocaban una cascada de nuevas peticiones de modificación en los otros sistemas. Era el infierno del ingeniero y el paraíso del burócrata.

Hoy en día no entenderíamos que en unas máquinas como esas la seguridad no fuera extrema, pero había que sobrepasar a los soviéticos de cualquier manera, aunque fuese adelantando en pleno cambio de rasante o en curvas sin visibilidad. Y la seguridad siempre es un incordio que complica el diseño, sobre todo cuando algo está hecho entre muchos y luego lo monta



otro distinto.

Las cápsulas *Apollo*, como antes las *Gemini*, y antes aún las *Mercury*, eran todas iguales, en apariencia, pero por dentro no había dos parecidas. Es decir, que por aquello de ganar al otro se relajaban «un poco» las normas de seguridad, y siempre había algo nuevo que podía fallar o algo viejo que aún no lo había hecho.

## **IMPRUDENCIAS INCONCEBIBLES HOY EN DÍA**

Para empezar a señalar aquí los problemas que resultaron ser críticos en aquella catástrofe, el fabricante de la cápsula recomendaba utilizar aire atmosférico para su atmósfera privada, pero la NASA impuso la utilización de oxígeno puro, aunque a baja presión. Con eso se podría respirar adecuadamente pero disminuyendo el peso, y no hay que olvidar que para poner en órbita cada kilo extra de peso de la cápsula, hace falta que la última etapa gaste centenares de kilos más de combustible, y por cada kilo de más de la última etapa, la penúltima también necesitaba cientos o miles añadidos para levantarla. Al final, como esta ecuación se aplica a cada fase, añadir un kilo de peso suponía añadir toneladas en la fase que se apoya en tierra e inicia el despegue, que no se podía hacer más grande.

Otra fuente de problemas era que cada elemento funcionaba con unas características eléctricas diferentes y, como consecuencia, había múltiples voltajes e infinidad de alimentaciones que recorrían cada rincón de la cápsula.

Para rematar la faena, estaba todo lleno de plásticos: paneles, aislantes, tubos, etc. E, increíblemente, no se había puesto la condición de que fueran ignífugos, sino que podían arder con toda facilidad: la cápsula era una bomba.

Otro problema importante (había muchos más, pero nos estamos centrando en los que cobraron protagonismo aquel maldito día) era la escotilla de la cápsula.

La escotilla estaba preparada para abrirse «desde fuera» con cierta facilidad, pero si se quería hacer desde dentro había que desenroscar decenas

de tornillos, que es como se protegen los sistemas de alarmas para disuadir a los ladrones: muchos tornillos y, en cuanto aflojas el primero, se pone a sonar la alarma (lo de abrir un panel y manipular la electrónica con impunidad sólo sucede en las películas en las que el ladrón es «el bueno»). Para colmo, en ese agobiante espacio, la escotilla se abría «hacia dentro».

Desde luego, a nadie le dejarían hoy (en rigor ni siquiera entonces) inaugurar una discoteca repleta de elementos combustibles, llenarla de oxígeno puro, poner puertas que sólo se abren desde fuera y que lo hacen hacia dentro y atiborrar el lugar con cables que se cruzan llevando todo tipo de tensiones. ¿Alguno entraría voluntariamente allí?

Pues el 27 de enero de 1967 entraron en la cápsula Gus Grisson, Edward White y Roger Chaffee. Se trataba de unas pruebas de integración de distintos sistemas sin conexión con la torre de lanzamiento, en las que se accionaban multitud de interruptores y se activaban diversos mecanismos. Pero alguno falló.

Un cable se recalentó, se puso a arder su aislante y diecisiete segundos después los tres tripulantes habían perdido el conocimiento, envenenados por los diversos gases tóxicos que desprenden los plásticos de todos los modelos y composiciones que había en la cápsula y que, en una atmósfera de oxígeno puro, debieron quemarse con rapidez.

Aunque no había sucedido durante un vuelo, la carrera espacial tenía que enterrar sus primeros astronautas y, tal como se hacían las cosas, es admirable que no hubiese habido muchos más y mucho antes.

## **VÍCTIMA PIONERA**

En ocasiones se menciona a Valentin Bondarenko como el primer astronauta que murió, en marzo de 1961, pero se trataba todavía de los procesos de entrenamiento para las primeras misiones y, sobre todo, ese accidente podía haber pasado casi en cualquier parte y momento: estaba en Moscú, en el Instituto de Investigaciones Biológicas, metido en una cámara hiperbárica de las que usan para descompresión los submarinistas, sólo que

en este caso la tenían con oxígeno a baja presión para simular la cápsula rusa y tampoco se podía abrir rápidamente sin que el habitante sufriera problemas de descompresión brusca.

Las pruebas clínicas habían terminado y, con la relajación de quien acaba su período de actividad de ese día (era parte de una sesión de quince días de aislamiento), se estaba limpiando la piel con alcohol (durante las pruebas llevaba pegados unos electrodos), con tan mala suerte que al tirar el algodón al suelo en vez de encestar en el cubo de la basura acertó a dar en la estufa con la que se calentaba... En una atmósfera rica en oxígeno, las cosas arden más deprisa y con mucha más llama, y la puerta no era fácil de abrir. Cuando consiguieron entrar en la cabina (el relativo vacío interior hacía «ventosa» y era físicamente imposible abrirla hasta igualar presiones), le rescataron con quemaduras muy graves, incluyendo problemas pulmonares de los que falleció unas horas después.

Para hacernos una idea de las horrorosas condiciones en las que quedó su piel, valga el detalle de que el único sitio en el que le pudieron buscar una vena para pincharle calmantes era en las plantas de los pies.

## **CULPAS, SECRETOS Y GAFES**

La muerte de Bondarenko no provocó el rediseño significativo de los procedimientos, porque bastaba con tener un especial cuidado a la hora de tirar las cosas y prever la instalación de un extintor adecuado.

El secretismo de los soviéticos impidió que los norteamericanos aprendiesen de ese accidente (además, en consonancia con el espíritu de las relaciones internacionales de esa época quizá habrían dicho que a ellos no les podía suceder porque sus baloncestistas eran mejores que los soviéticos), pero la investigación del accidente de Grisson, White y Chaffee, bajo la dirección de George Low, consiguió que se rediseñase toda la cápsula, una verdadera hazaña técnica, poniendo especial énfasis en que «todo debería utilizar las mismas tensiones de alimentación» o que ningún plástico combustible entraría en esa cápsula, y de hecho hasta los papeles que se

utilizaron desde entonces en el interior eran ininflamables. A partir de esos cambios los astronautas respiraron aire casi normal en el despegue y, lo más visible, la escotilla se abriría desde entonces hacia afuera y podría ser accionada desde el interior por medio de un mando sencillo y rápido.

Es toda una ironía que algo de eso fuera la causa directa del otro accidente importante del Proyecto Apollo, al que ya llegaremos, pero la ironía más cruel es que la historia del naufragio de una cápsula *Mercury*, la de Gus Grisson precisamente, porque la escotilla se abrió antes de la cuenta, fue lo que había hecho a los ingenieros de la NASA rediseñar las escotillas para que sólo se abriesen desde fuera y lo hiciesen hacia dentro.

## Capítulo 36. Soyuz 1

Pero peor lo tuvo Komarov. Al fin y al cabo Gus Grisson, Edward White y Roger Chaffee pasaron una agonía de diecisiete segundos. Ninguno la deseábamos, por supuesto, pero hay opciones peores como vamos a ver a continuación.

Vladímir Mijáilovich Komarov era el comandante y único tripulante de la *Soyuz 1* y tuvo el dudosísimo privilegio de ser el primer astronauta que moriría en un vuelo.

Y lo supo con horas de antelación.

La *Soyuz* es hoy en día la cápsula más utilizada de la historia, capaz de complejísimas maniobras realizadas de forma automática, y cuarenta años después de sus primeros vuelos sigue en activo a la espera de un diseño que mejore el suyo (diseño que nunca llega). En cambio los inicios de esta cápsula no pudieron ser peores. De hecho, los primeros vuelos fueron sin tripulación, pero penosos.

### EL PRIMERO NO SE ORIENTA Y SE AUTODESTRUYE

El primer proyecto (*Cosmos 133*) fue lanzado el 28 de noviembre de 1966, pero no consiguió orientarse detectando alguna estrella (la nave estaba preparada para ello) y en eso gastó el combustible de maniobra mucho antes de la cuenta, lo cual provocó que se abortase la misión (y el lanzamiento de la nave con la que se tenía que acoplar en órbita).

Cuando estaba a punto de caer, viendo que lo iba a hacer en China, la

propia nave se autodestruyó para evitar caer en territorio hostil (de lo que se deduce, como mínimo, que llevaban explosivos o, al menos, tenían alguna forma de hacer explotar la nave). De paso, el enorme parecido de las actuales cápsulas tripuladas chinas a las rusas parece que justifica el reparo de los soviéticos a la hora de dejar que sus vecinos orientales tuvieran acceso a sus diseños.

## **EL SEGUNDO ESTALLA EN LA TORRE DE LANZAMIENTO**

El segundo aparato (sin nombre, porque se les daba nombre sólo a los que llegaban al espacio) abortó el despegue en diciembre de 1966 en la propia rampa de lanzamiento porque no se habían encendido todos los motores.

El cohete llegó a balancearse un poco, y no quedó bien colocado en la torre de lanzamiento, por lo que lo peor vino unos minutos después cuando los operarios estaban empezando la tarea de vaciar el combustible para poder trabajar sin peligro en las reparaciones. La cápsula no se había «enterado» de que se había abortado la misión, y cuando se accionaron los mecanismos de sujeción del cohete a la torre, como no estaba «en su sitio», uno de los brazos de enganche la golpeó con fuerza y se balanceó bastante, más de siete grados, que era el margen de error en el rumbo que podía admitir el sistema de guiado del cohete, el cual, por lo tanto, sacó la realista conclusión de que no estaba en la trayectoria correcta y, con su gran capacidad de reaccionar de forma automática, accionó los cohetes de escape de la cápsula que, a su vez, hicieron estallar el cohete inferior, aún cargado de toneladas de combustible muy peligroso.

Esos cohetes de escape son una precaución que tanto norteamericanos como soviéticos tomaban<sup>[32]</sup> en los vuelos tripulados: un cohete pequeño e independiente de todo lo demás, colocado en la punta del lanzador, que en caso de problemas engancha la cápsula con los astronautas y se la lleva lejos; en las fotos de los lanzamientos es esa especie de antena que se ve en la punta del cohete (si no hay antena, es que es un vuelo sin tripulación, pero aquel lanzamiento, como era un ensayo del sistema completo, sí llevaba el cohete

de salvamento).

Aquel día, con la ayuda de ese cohete la cápsula se alejó impunemente la distancia reglamentaria y aterrizó en los alrededores. Sin embargo, de la explosión y el incendio subsiguientes que dejaba atrás hay un par de cosas que contar.

Cuando los técnicos se empezaron a acercar, ya habían pasado veintisiete minutos desde que se abortó el lanzamiento. En ese rato se había disipado la nube que formaron los miles de litros de agua con que se enfriaban el cohete y la torre en esos casos y se trataba de comprobar la situación, conectar los sistemas de vaciado y llenado al cohete y sacarle los miles de litros de combustibles hipergólicos que almacenaba.

Podía haber sido una gran catástrofe, pero cuando salieron las primeras llamas del cohete de salvamento ningún técnico perdió tiempo en ponerse a cubierto en los búnkers de los alrededores, excepto Korostylev, de nuevo un alto mando de las Fuerzas de Misiles y encargado de supervisar el lanzamiento, que se conformó con refugiarse detrás de una pared de hormigón, lo cual, ante las quemaduras del combustible hubiese resultado suficiente, pero la onda expansiva de la explosión derribó el muro: murió aplastado y fue la única víctima mortal de aquel desastre. Parece que las guerreras cargadas de medallas son un problema para la supervivencia.

## **EL TERCERO NO SE ORIENTA Y ROMPE EL ESCUDO TÉRMICO Y EL CUARTO NO LLEGA A LA ÓRBITA**

El tercer aparato (*Cosmos 140*, febrero de 1967), al igual que el primero, no consiguió orientarse correctamente (tenía que localizar e identificar alguna estrella y se ponía a dar vueltas y gastar combustible hasta que la encontraba) y abortaron a tiempo la misión, aunque se estrelló lejos del lugar previsto (cayó en el entonces existente mar de Aral) y, para colmo, después descubrieron que el escudo térmico que protegía la reentrada se había roto y cualquier tripulante que hubiera ido en el interior habría muerto de todos modos.

El cuarto y último no tripulado (*Cosmos 154*, abril de 1967), no alcanzó la altura prevista y se quemó al volver a la atmósfera. No eran unos precedentes tranquilizadores.

## **A LA HORA DE LOS VUELOS TRIPULADOS, LA INSENSATEZ COMO NORMA**

En cuanto al diseño de la *Soyuz*, con un módulo orbital bastante amplio y retrocohetes... Existen todavía grandes lagunas en el conocimiento que tenemos en Occidente sobre cuál era la verdad del programa espacial soviético, pero parece claro que la *Soyuz*, o alguna de sus variantes, sería una nave adecuada para alunizar con algunos astronautas.

Los soviéticos no parecieron tomarse muy en serio que los norteamericanos fuesen a cumplir la petición de Kennedy de «llegar a la Luna en esta década» y avanzaron en ese sentido sin muchas prisas al principio. Pero cuando faltaban pocos años para el final del plazo que se habían autoimpuesto los norteamericanos y empezaba a vislumbrarse que lo podían conseguir, esa posibilidad puso a los soviéticos en el disparadero. Y su gran cohete, el *N1*, fue una enorme fuente de decepciones.

En ese contexto, unos meses después de la catástrofe del *Apollo I*, las presiones políticas para que las naves *Soyuz* se pusiesen en órbita y se acoplasen unas a otras alcanzaron su punto máximo.

Poco antes, el 14 de enero de 1966, a la salida de un quirófano (el cirujano era el mismísimo ministro de Sanidad) había muerto Korolev, el padre del programa espacial soviético, un personaje del que se podrían contar muchas cosas, quizá algo correoso (unos años de prisión en Siberia endurecen a cualquiera, y más si durante ellos se contrae el escorbuto, se pierden los dientes y se enferma de corazón, como fue su caso), pero todos están de acuerdo en que es el responsable de la mayoría de los éxitos soviéticos iniciales en el espacio, que creó un programa realista que podría haber llevado a los soviéticos a la Luna uno o dos años antes que los norteamericanos y que, si no lo consiguió, es muy probable que fuese sólo



por rencillas personales y por las zancadillas que otros responsables técnicos de la URSS le pusieron en su camino. Un ejemplo: el *N1*, el cohete que iba a llevarles a la Luna, tuvo que utilizar treinta motores en su primera etapa (imposible ponerlos de acuerdo a todos) porque le impusieron la restricción de que todas las piezas tenían que poder viajar por ferrocarril, y también porque los mejores diseñadores, liderados por alguien cuyo nombre es mejor que quede en el olvido, se estaban dedicando a diseños militares...

Hablando de lo que significó trabajar con Korolev, un compañero suyo dijo aquello de: «Después, el espacio sólo sería un trabajo, pero en su primera década, fue un romance». El programa lunar siguió adelante, liderado por Vasily Pavlovich Mishin uno de los ayudantes de Korolev, pero resultaba cada vez más evidente que ya no era lo mismo.

El retraso respecto a los norteamericanos empezaba a ser muy notable y uno de los elementos imposibles de negar era que los soviéticos todavía no habían conseguido organizar una cita en el espacio entre dos naves, algo imprescindible para sus planes, pues, al igual que los norteamericanos, contaban con ello en su viaje a la Luna. Los estadounidenses lo habían conseguido en diciembre de 1965.

Las *Soyuz*, aunque estaban pensadas para facilitar esas citas (de hecho, hoy en día siguen siendo las que se acoplan de manera automática a la ISS), todavía no habían podido ser lanzadas con éxito, pero esperaban que la presencia de un tripulante podría resolver los problemas que se habían encontrado en los vuelos no tripulados.

Personajes como Leonid Brézhnev (responsable político de quien dependía el programa espacial soviético) y el propio Mishin presionaron incluso a gritos (es famoso el «no quiero cobardes en mis naves» de Mishin). Además, hacía casi dos años que los soviéticos no ponían una nave tripulada en órbita. Finalmente, el 23 de abril de 1967 despegó la *Soyuz 1*.

Se previó que al día siguiente despegaría la *Soyuz 2* con tres astronautas a bordo, dos de los cuales se cambiarían de nave en la órbita para demostrar al mundo el éxito del encuentro en el espacio.

## PEOR QUE LO IMAGINABLE

Pero ya desde los primeros minutos el vuelo fue una pesadilla. Había previstos tres sistemas de orientación. El primero, a través del sol, parece que no funcionaba porque sobre él incidían los gases de los motores de corrección de posición y el sensor estaba sucio. El segundo era un sensor iónico que detectaba el choque de cualquier partícula de las que hay incluso en el vacío de la órbita, y como las partículas que llegaran desde «delante» lo harían, en promedio, a más velocidad que las que llegasen desde «detrás», la nave sabría automáticamente en qué posición estaba volando. Pero parece ser que en esos momentos escaseaban las partículas a esa altura de la órbita (dependen de la actividad solar y de muchos otros factores climáticos, entendiendo el «clima» en un sentido amplio) y en la mayor parte del trayecto no daba datos fiables y se confundían los aparatos con el exceso de gases alrededor de la cápsula debido al uso intensivo de los motores de posición; además, como veremos a continuación, no había suficiente energía eléctrica como para que funcionase bien en ningún caso. Sólo quedaba la tercera manera: el visor terrestre.

La Soyuz tiene dos grandes paneles solares a los lados, pero uno de ellos no se desplegó. La primera consecuencia de esto fue una asimetría estructural que hacía que los movimientos de la nave resultasen torpes e inexactos; la segunda consecuencia fue que la energía eléctrica generada era de la mitad como máximo: con tan poca potencia ni siquiera se podía esperar que funcionasen bien los sistemas de posicionamiento automático (que ya habían fallado en los vuelos anteriores), y sin una correcta orientación de la nave con los paneles hacia el Sol, la potencia eléctrica disponible era aún menor.

Komarov, tripulante de la nave, intentó desplegar el panel incluso a patadas, pero no lo consiguió. Para colmo, las comunicaciones de las naves soviéticas siempre han sido (incluso en la *Mir*) muy limitadas, perdiéndose el contacto entre las tripulaciones y la base durante la mayor parte de cada vuelta a la Tierra. No hicieron como los norteamericanos, que desplegaron

estaciones de seguimiento interconectadas por todo el planeta para no perder contacto en ningún minuto de la órbita.

En el caso de ese vuelo, con tan poca potencia eléctrica disponible, fallaron además algunos equipos de comunicaciones, por lo que sólo cuando la *Soyuz 1* estaba a la vista de Baikonur podía Komarov comunicarse con los técnicos de la base.

En esa situación, los técnicos de tierra le daban indicaciones durante un breve tiempo y hasta el siguiente paso de la nave sobre ellos no podían volver a contactar para saber si había habido éxito en la maniobra que le habían recomendado. Además, entre la órbita 7 y la 13 no había posibilidad alguna de comunicarse, por lo que se le recomendó a Komarov que durmiese.

Por último, las baterías se estaban agotando y, sin ellas, no se podría volver. El primer cálculo era que se agotarían en la órbita 17.

## INTENTÁNDOLO TODO

Por supuesto, se planteó lanzar la *Soyuz 2* e intentar la cita, ahora como misión de rescate pero, muy acertadamente, se decidió que no había tiempo y que la nave no era fiable. Por lo que se descubrió en los siguientes meses de revisión y mejora del diseño, si se hubiese lanzado la *Soyuz 2*, también se habría estrellado, habría sido inevitable.

En cualquier caso la nave en órbita seguía sin mantenerse estable, girando en cualquiera de sus ejes pese a los esfuerzos de Komarov por orientarla. Se cuenta que Alekséi Kosygin, entonces secretario general del Politburó y quien dentro de la *troika* que gobernaba la URSS actuaba como presidente de hecho, habló con Komarov en una de sus últimas órbitas y facilitó a Valentina, la esposa del astronauta, un entorno privado para que se despidiese de su marido.

En la órbita 17, cuando la nave estaba fuera del alcance de las comunicaciones de la base, se hizo un primer intento de descenso por medios automáticos, pero la cápsula no se mantuvo bien orientada el tiempo necesario para encender los retrocohetes. Mientras Komarov informaba de

ello, la cápsula salió de la zona de cobertura de sus comunicaciones antes de que le pudiesen dar nuevas instrucciones.

Y las baterías se agotaban.

Contando con que los ahorros practicados les proporcionaban energía, incluyendo la batería de emergencia, para al menos tres órbitas más, el plan era que orientaría la nave manualmente al lado diurno de la Tierra, mantendría la orientación durante el paso por la sombra gracias a los giróscopos y realinearía de nuevo en el lado diurno; con todo ello debería ser suficiente para hacer un encendido seguro de los retrocohetes.

Nunca se había hecho, ni siquiera ensayado, pero Komarov era un veterano capaz de ello y mucho más.

## **CASI...**

Lo intentó. El encendido debía hacerse en el lado nocturno de la Tierra (no querían bajo ningún concepto caer en ninguna parte fuera de la Unión Soviética) y Komarov se tuvo que conformar para orientarse con ver la Luna por el periscopio.

Para estabilizar la cápsula hay informes que dicen que le imprimió un giro sobre su eje longitudinal, como una peonza; ello le ayudaría a mantener la alineación en el encendido de los retrocohetes (si la peonza se mantenía de pie, la nave también se mantendría alineada). Si así lo hizo, quizá esa decisión fue la peor de todas.

Los cohetes deberían haberse mantenido encendidos durante ciento cincuenta segundos, pero sólo funcionaron durante ciento cuarenta y seis, porque fue entonces cuando se agotó el combustible que utilizaba para orientar la cápsula y, sin orientación, el sistema se cortó de forma automática, pues no era seguro que estuviese empujando en la dirección adecuada y un «viejo proverbio chino» dice que de nada sirve correr si no es en la dirección correcta. Esto ocasionaba un aterrizaje lejos del punto previsto (aunque dentro de la extensa Siberia) y, sobre todo, más violento, pero todavía no era un problema fatal.

Las naves *Soyuz*, durante la reentrada, se pueden maniobrar para generar una cierta sustentación con el escudo térmico. Aprovechando su muy bajo centro de gravedad, se ponen un poco más verticales de lo necesario y el escudo las hace «planear» un poco en la última fase de la reentrada; es como cuando tiramos una piedra para hacerla rebotar en el agua o, más precisamente, lo que hace esa piedra cuando deja de botar: se hunde moviéndose todavía más horizontal que verticalmente. Eso le proporciona una frenada más suave, de tres gravedades en lugar de las ocho de una trayectoria balística, pero exige la utilización de los motores de orientación... que en el caso de la *Soyuz 1* estaban agotados.

El escudo protector resistió bien la frenada inicial, el primer choque con la atmósfera. Era, pues, la hora de los paracaídas. Había tres. Uno, el de guía, se desplegaba cuando todavía la nave caía a gran velocidad. Era muy resistente y su misión no era tanto frenar la caída hasta una velocidad segura como estabilizar la nave, bajar un poco la velocidad y extraer, con su fuerte tirón, el segundo paracaídas, el principal, que no salió de su escotilla.

Había un tercer paracaídas, el de emergencia, que en realidad estaba pensado por si había un problema en el despegue y la cápsula activaba el mecanismo de escape y tenía que aterrizar en los alrededores de la torre de lanzamiento. Se desplegó a continuación, pero se enredó con el paracaídas de guía.

Todos esos detalles no son suposiciones: los conocemos, sobre todo, porque el propio Komarov iba grabando, con total frialdad, lo que veía por su ventanilla de la *Soyuz*.

La nave de Komarov llegó al suelo a bastante más velocidad de la que podía soportar su desgraciado ocupante.

El coronel Vladímir Mijáilovich Komarov seguramente había muerto en el choque pero, para mayor calamidad, los retrocohetes que estaban previstos para amortiguar la caída en los últimos metros, tampoco debieron funcionar en su momento (sin paracaídas, de todas formas, no habrían sido suficientes para salvar a Komarov), y se activaron después, con la nave tumbada en el suelo, lo cual provocó un incendio que terminó calcinando la *Soyuz* y el cadáver de su tripulante.

## REHACIÉNDOLO TODO, PERO AHORA BIEN

Más adelante se descubrió que la cubierta del paracaídas principal se había fundido parcialmente durante la violenta frenada en la atmósfera. Quizá eso era lo que explicaba que no se hubiese desplegado. También, en la investigación de los siguientes meses, se descubrió que cuando se «pintó» la nave (con un polímero que, al ser horneado, se hincha y es un buen aislante térmico, pero que queda muy rugoso) la escotilla de los paracaídas estaba sin cerrar, por lo que el interior debió quedar también pintado y especialmente rugoso; además, el compartimento era cilíndrico y en los siguientes diseños siempre se hizo con forma de un cono invertido, cuya parte más ancha estaba hacia delante/fuera, para evitar enganches del paracaídas de cualquiera de las formas.

Nunca se había ensayado el despliegue del paracaídas de emergencia con el paracaídas de guía todavía tratando de tirar del principal. Eso explicaría que uno y otro se enredasen. También es muy posible que todo se hubiese desarrollado de otra manera sin el giro que Komarov había dado a la nave justo antes de encender los retrocohetes, dado que en esos segundos agotó el combustible de maniobra y no tuvo ocasión de anularlo después, lo que hizo que la *Soyuz 1* cayese todavía girando sobre sí misma al desplegar los paracaídas. Eso haría poco efectivo el de guía, que bajaría medio arrugado, y explicaría que no tuviese suficiente fuerza como para extraer el principal y que, después, tampoco pudiese desplegarse en condiciones el de emergencia, enroscado como un tornillo por el giro de la nave.

Con la cantidad de fallos que se encontraron en los siguientes dieciocho meses, el tiempo durante el que el diseño de las naves *Soyuz* estuvo en revisión, lo más seguro es que fuese un conjunto de muchas causas a la vez lo que llevó a Vladímir a ocupar un lugar de honor en los nichos de la muralla del Kremlin<sup>[33]</sup> reservados a los héroes de la Unión Soviética y a que no le importase ya el detalle de que esos meses de revisión convirtieron una cápsula asesina en una de las mejores, si no la mejor, jamás puestas en órbita.

## ENCARANDO LA MUERTE

Aunque aún dio otro susto monumental, pero quedó en susto nada más. Fue en el vuelo de la *Soyuz 5*.

En realidad se trataba de una misión doble, pues la *Soyuz 4* y la *Soyuz 5* tenían como objetivo encontrarse en órbita y que transbordasen dos de los cosmonautas<sup>[34]</sup> que habían despegado en la *Soyuz 5* a la *Soyuz 4*, como demostración inapelable de que habían tenido éxito.

Todo se desarrolló según el plan y, tras tres días en el espacio, Boris Volynov volvía a casa en la *Soyuz 5*, feliz tras el éxito, cuando el módulo auxiliar de la nave no se desprendió.

Ese módulo era el que incluía los motores de maniobra orbitales y era de un tamaño incluso mayor que la propia cápsula de reentrada, no como en el caso ya descrito de Glenn, en el que había unos motores de pequeño tamaño, por lo que la nave de Boris, cuando empezó a rozar con la atmósfera, se orientó igual que una flecha: con la punta hacia adelante y la parte más voluminosa y menos aerodinámica hacia atrás, lo cual dejaba a Volynov ante la terrible perspectiva de sufrir una deceleración de varias gravedades colgando de sus cinturones (los ojos debieron de estar a punto de salirse de las órbitas) y ver cómo el cono de la cápsula se recalentaba por momentos hasta la previsible destrucción total.

Boris tuvo todavía la entereza de arrancar unas páginas del diario de a bordo y escribir unas palabras para sus seres queridos, páginas que metió de nuevo dentro del diario, que se guardó entre sus ropas con la esperanza de que alguien las encontrase en buen estado aunque él no sobreviviese.

El descenso seguía, y el freno de la atmósfera se empezó a notar con toda su brutalidad, la temperatura empezó a subir muy por encima de lo normal, Boris llegó a ver cómo el aro de goma que daba estanqueidad a la escotilla se empezaba a fundir llenando la cápsula de humo. Pero entonces, por fin, se obró el milagro: el Módulo de servicio, seguramente abrasado en la reentrada, se soltaba con un fuerte crujido y dejaba libre la cápsula que, de una manera

natural propiciada por su aerodinámica y su centro de masas, se orientaba de la forma correcta dejando los acaloramientos para el escudo térmico, que hizo su trabajo a la perfección.

## **EN LA DURA TIERRA**

No terminaron ahí los problemas, pero lo más grave había pasado. Lo que faltaba aún es que los cohetes de posición de la cápsula, durante el tiempo en que había viajado «del revés», habían agotado su combustible en sus frenéticos intentos de enderezar la nave y ahora, con esta en el último tramo de su viaje, estaban agotados y condenaban a Boris a una caída balística, algo más dura que lo previsto. Pero lo peor era que la nave estaba girando como una peonza y, cuando se desplegó el paracaídas, se enrolló casi hasta convertirse en un cordón. Por suerte, eso hizo que la cápsula frenase su giro y que el propio paracaídas girase, lo que resultó en un despliegue parcial y la llegada a tierra, aunque brutal (a Volynov se le rompieron varios dientes), dejó al astronauta vivo y capaz de andar.

Porque necesitó andar, y no poco: había caído a dos mil kilómetros del lugar previsto, y esa era una distancia que los helicópteros de rescate no recorren en un momento; es, más o menos, como si nos esperan en Madrid y aterrizamos en París, esa era la distancia a recorrer por los montes y estepas de Siberia.

Pero lo más grave es que la temperatura exterior, en los montes Urales y a mediados de enero era de treinta y ocho grados bajo cero. Desde luego es en días como aquel en los que se comprende que hacían falta verdaderos superhombres para volar hasta el espacio y Boris, haciendo honor a ello, al ver una columna de humo en la distancia, echó a andar hacia allí: se trataba de una aldea en la que le acogieron y desde donde, como no había teléfono disponible, no tuvo manera de avisar al equipo de rescate que finalmente dio con él siguiendo sus huellas en la nieve.



## Capítulo 37. *Apollo XIII*

*«Houston, tenemos un problema».*

Lo del *Apollo XIII* fue el más glorioso desastre de la carrera espacial y quizá de ese siglo y muchos otros. A su manera, fue comparable a la hazaña de Ernest Shackleton.

La expedición de Shackleton dejó el último puerto civilizado en 1914 y naufragó en la Antártida, al principio del largo y duro invierno polar. La hazaña consistió en que andando, remando (cuando andaban por el hielo cargaban con los botes de madera del barco) y navegando por océanos tormentosos (en una de esas travesías pasaron con su barca a través de una tormenta que poco más allá echó a pique un carguero de varios miles de toneladas), llegaron con precisión a islas minúsculas tras días de navegación y orientándose bajo cielos completamente encapotados. Tardaron más de dos años en salir del apuro, pero salieron «todos», sin víctimas entre la tripulación, y salvaron incluso las fotos de la expedición, pese a que los negativos, en aquella época, eran enormes cristales. Tuvieron que sacrificar a los perros y a una gata, Miss Chippy, que eran muy queridos entre los miembros de la expedición, que lo vieron como una tragedia. Aquello quedó como el mayor ejemplo de tenacidad, liderazgo, resistencia y voluntad de supervivencia, pero no tenía nada de tecnológico, por lo que no es un capítulo de este libro (aunque seguro que era un hermoso capítulo), sino tan sólo una referencia para contrastar.

Porque lo del *Apollo XIII* fue también un gran ejemplo de tenacidad,

liderazgo, resistencia y voluntad de supervivencia, pero trufado de problemas técnicos y solucionado por ingenieros dignos del grado de sacerdotes de la diosa técnica.

Y también volvieron todos, aunque en más de un momento, al igual que en la expedición de Shackleton, se podría decir aquello de que «estaban muertos, y de lo que se trataba era de revertir el proceso».

Como ya hemos apuntado más atrás, cuando durante la misión del *Apollo XI* la madrugada del 21 de julio de 1969 Neil Armstrong pisó la Luna, la carrera espacial se terminó.

Seguía habiendo un Programa Apollo, con muchos otros vuelos programados, pero ya no era una carrera, ya no estaban los corredores exprimiendo al límite sus energías e ilusiones, aunque sí gastando presupuestos muy generosos. No, aquello era más bien el equivalente del corredor que acaba de ganar los cien metros lisos y sigue todavía corriendo unos metros por la pista, toma una bandera y la exhibe a las gradas; ese corredor quizá da otra vuelta completa al estadio, pero ya no es lo mismo.

El *Apollo XII* remachó el trabajo de sus antecesores y vino a corroborar que «no sólo lo hicimos, sino que lo podemos volver a hacer cuantas veces queramos». Dicho esto, muchos norteamericanos empezaron a mirar a otros rincones (tenían en Vietnam un problema muy serio) y a tener en cuenta lo que les costaban esas exhibiciones de poderío.

A la hora de lanzar el *Apollo XIII* eran ya muy audibles las voces que en los periódicos y en los círculos de poder preguntaban, en voz alta y clara, por la necesidad de volver a la Luna y una frase que se decía mucho por entonces, lo de «¿Qué hubiera pasado si después del primer viaje de Colón nadie hubiese vuelto a América?», era un malabarismo intelectual que no hacía mucha mella en los críticos.

Sin embargo, se lanzó de todas formas el *Apollo XIII*, pero quizá sólo porque la NASA era entonces un mastodonte con una inercia a la que era peligroso oponerse.

A las 13:13 del 11 de abril de 1970 (11-04-70... escrito así, los seis dígitos suman trece) despegó el *Apollo XIII* de Cabo Cañaveral rodeado de un aura de rutina.

Cuando se desprendió la primera etapa del *Saturn V*, el gigantesco cohete de ciento diez metros de largo, la segunda etapa no funcionó bien: sólo se mantuvieron encendidos cuatro de sus cinco motores. Hubo un momento de tensión.

Desde el control de Tierra dijeron a los astronautas que no era un problema grave: como el que se había apagado antes de la cuenta era el motor del centro, no había vibraciones ni desequilibrios y bastaría con mantener los otros en marcha unos segundos más.

James Lovell, el comandante de la nave, comentó a sus compañeros «¡Bien! Ya hemos tenido la pega de esta expedición», y todos suspiraron: siempre tenía que fallar algo, y mejor que fuese algo tan irrelevante.

Lovell era un viejo zorro desde mucho antes de entrar en la NASA. Cuando era piloto militar, se llevó una vez una linternita que se podía conectar a una toma eléctrica de la carlinga de su avión habitual, era un cacharrito hecho por él (quizá era un apaño un poco chapucero) que llevó a un vuelo nocturno en el Pacífico, desde un portaaviones, para tener un poco de ventaja a la hora de ver el interior de la cabina.

En ese vuelo tuvo problemas, porque el radar no era efectivo a la distancia del portaaviones a la que estaba, y a la vez una emisora japonesa estaba interfiriendo con los radiolocalizadores (era accidental, la guerra había terminado hacía años) y no tenía ninguna otra forma de localizar su portaaviones: necesitaba consultar la documentación para buscar otras frecuencias de radiobalizas, mapas, etc., así que era el momento de estrenar su linternita.

Pero al conectarla a la toma eléctrica disponible, la linternita causó una avería que apagó todas las luces de la cabina y le dejó sin instrumentación. Y eso resultó ser un golpe de «buena» suerte porque, sin luces de ningún tipo, pudo ver en el océano la estela fosforescente del portaaviones, producida por la mezcla de aguas (las profundas movidas hacia arriba, las superficiales hacia abajo) provocada por sus hélices y que dejan en la superficie el plancton del fondo (el de abajo es fosforescente). Es una bioluminiscencia que normalmente no se aprecia porque siempre vamos a todas partes con luces, pero a Lovell, al ir a oscuras, le salvó el pellejo: así localizó la estela

del portaaviones, la única pista de aterrizaje a su alcance en la inmensidad del Pacífico.

A Lovell le acompañaban en la cabina del *Apollo XIII* Jack Swigert como piloto del Módulo de mando y Fred Haise como piloto del módulo Lunar (LEM). Ambos eran novatos en el espacio, pero James Lovell era, en compensación, uno de los más veteranos de la nómina de la NASA: había volado en la *Gemini 7*, en la *Gemini 12* y había formado parte de la primera tripulación que voló a la Luna, aunque sin aterrizar, en la *Apollo VIII*.

La tripulación prevista no era exactamente esa, pues Swigert estaba allí sustituyendo al titular, Ken Mattingly, porque Ken había estado en una fiesta en la que se vio días después que un niño tenía la varicela (en un niño es una enfermedad menor, y tanto Lovell como Haise y Swigert la habían superado en su infancia, pero no así Mattingly). El riesgo de que Ken desarrollase la enfermedad no era muy alto, pero sí muy grave: si le subía la fiebre en los plazos normales de expresión de ese virus, se quedaría fuera de combate mientras sus compañeros estaban en la superficie lunar y tendría que pilotar el acoplamiento entre el Módulo de mando y el LEM con una fiebre alta, con riesgo de una neumonía vírica grave y bastante lejos de cualquier hospital con servicio de urgencias. No era admisible y Ken se quedó en la Tierra.

## **CAMINO A LA LUNA**

Los primeros pasos del vuelo hacían honor al aura de «rutinario» con la que lo calificaban en los noticiarios. El primer acoplamiento entre el Módulo de mando y el LEM se realizó sin sobresaltos. Quizá hay que recordar qué acoplamiento era ese y cómo era uno de esos vuelos históricos e irrepetibles.

El *Saturn V*, el enorme cohete lanzador, era de tres etapas, lo cual quiere decir que despegaba sus tres mil toneladas, casi todas ellas de combustible, y cuando se había elevado unos kilómetros se soltaba el tercio inferior (el más potente y pesado, con tanta caballería como ciento sesenta Boeing 747). Entonces se encendía la siguiente etapa, que empujaba hasta casi llegar a la altura y velocidad orbitales, donde se activaba la tercera etapa que, con su

único motor, se ponía en la órbita junto con toda la carga útil.

Esa última etapa era especialmente delicada porque, a diferencia de los anteriores, que eran de «usar y tirar», el motor J-1 de la tercera etapa se encendía para poner el conjunto en órbita, se paraba, se realizaban unas pocas órbitas para comprobar que todo iba bien y se volvía a poner en marcha horas después para sacar la nave de la órbita terrestre y lanzarla hacia la Luna. Estamos acostumbrados a que los motores de nuestros coches se enciendan y apaguen múltiples veces sin sobresaltos, pero el motor de un cohete no es tan sencillo: imaginemos que tenemos que parar un cohete de feria y volverlo a encender un rato después. Además, son elementos llevados muy al límite, y la tobera, las bombas de combustible, el propio combustible líquido, etc., todo queda después de un encendido en una situación de desgaste y caos muy diferente de cuando se estrena.

Después de ese segundo encendido, todo un tren de maquinarias diversas apuntaba hacia la Luna: primero la cápsula, o Módulo de mando, que despegaba en cabeza, luego el Módulo de servicio, seguido de una sección cónica que almacenaba el LEM, el módulo lunar, que a su vez se apoyaba durante el despegue en la tercera fase. Ya estaban todos en camino, pero lo hacían en el orden equivocado, porque el LEM, que debería estar acoplado al morro de la cápsula para que los astronautas pudiesen entrar en él<sup>[35]</sup>, estaba a esas horas almacenado tras ella.

Para resolver ese detalle, se desprendía el Módulo de mando, el cono habitado (la cápsula de reentrada, lo único que volvía a la Tierra) y el cilindro al que estaba acoplado durante todo el viaje, el Módulo de servicio, en el que se embutían todos los equipos de maniobra y supervivencia de los astronautas. En ese cilindro iban los depósitos de combustible, de oxígeno, de hidrógeno, el motor con el que contaban para salir de la órbita de la Luna, etc. Todo eso, fabricado por la empresa North American, se giraba 180°, se acoplaba al LEM, fabricado por la Grumman, retrocediendo lo sacaba de su almacén, se volvía a dar la vuelta y así hacía ya sin más cambios la mayor parte del viaje de ida.

La tercera etapa, después de cumplir su misión de lanzar el conjunto hacia la Luna, se apartaba de la trayectoria y todavía realizaba un último servicio a

la ciencia: se estrellaba en la superficie de la Luna y servía para producir un pequeño terremoto que detectaban los instrumentos que habían viajado en misiones anteriores, mejorando así la información disponible sobre la estructura de nuestro satélite natural.

Vamos a dejar aquí, por el momento, la descripción de las misiones normales del Proyecto Apollo, porque es el punto en el que habíamos dejado la del *Apollo XIII*.

Iba, pues, camino de la Luna una caravana con el LEM ya en cabeza (era una nave muy frágil y no resistiría la fricción del aire en el despegue: por eso lo hacía detrás, protegida por una cubierta), yendo con las patas y el motor de alunizaje por delante, seguida del Módulo de mando, la cápsula, y el Módulo de servicio.

Ese era el principio de la parte más aburrida del viaje, un largo trayecto de casi dos días sin nada que hacer más que «mantener la posición», porque las naves no suelen ir «inertes», sino que van haciendo pequeñas correcciones de vez en cuando con los reactores de posición para mantener una «postura» concreta durante el viaje, con el LEM apuntando hacia la Luna y con un pequeño giro del conjunto sobre su eje principal. Esto se hace así para mantener la alineación de las antenas hacia la Tierra y para que no se sobrecaliente con el Sol un lado y se congele el otro, lo cual ocasionaría tensiones mecánicas peligrosas, cuando menos. De todo eso se encarga el ordenador de a bordo de forma automática y se conoce como «posición barbacoa».

Con ese tramo del viaje «encarrilado» era por lo tanto el momento de dedicarse a tareas poco importantes como, por ejemplo, emitir hacia la Tierra un programa de televisión desde la cápsula. Era la primera vez que esas transmisiones se hacían en color (ya mencionamos que en cada vuelo se introducían mejoras y no hubo nunca dos iguales), pero las televisiones comerciales no lo emitieron ni siquiera en Estados Unidos: no era interesante, viajar a la Luna ya «no» era noticia.

En esa poco popular transmisión, los astronautas viajaban con un casete portátil y pusieron la canción *Spirit in the Sky*, de Norman Greenbaum, un tema popular en aquellos días y que venía a decir que, cuando te mueras, lo

mejor es que mandes tu espíritu al espacio, pues es donde mejor estará.

Tras esa transmisión rutinaria, los astronautas se encargaron de otros trámites, entre ellos remover los «tanques criogénicos». El oxígeno y los combustibles viajaban casi congelados por diversas razones, pero sobre todo porque en el espacio el frío es barato y los líquidos son más fáciles de manejar y abultan menos que los gases. De hecho, lo que llevaban los depósitos era una pequeña calefacción en su interior que podía subirles la temperatura si resultaba necesario.

Pero un depósito de combustible líquido, en la ingravidez, tiene su propio catálogo de inconvenientes, como por ejemplo que puede quedarse todo el líquido en un rincón y podría ser difícil recuperarlo en un momento clave. En la Tierra, en un depósito de gasolina siempre sabemos dónde encontrar la gasolina restante: en la parte inferior, donde ponemos el agujero de salida; pero en la ingravidez puede que alrededor del orificio de salida no haya nada (aunque quizá esto sea una exageración), porque la parte sustancial del contenido esté justo en el otro lado en el momento en que la necesitas. Por eso, los tanques llevaban un mecanismo que los removía de cuando en cuando, una especie de batidora que revolvía el líquido y lo dejaba uniformemente distribuido por el volumen disponible durante un tiempo.

Y en ese momento de tranquilidad, al accionar ese mecanismo de precaución rutinaria, sobrevino el desastre.

## **EXPLOSIÓN A BORDO**

Ya mencionamos al hablar del primitivo Apollo que tras su incendio se rediseñaron todos los mecanismos para utilizar en lo posible el mismo voltaje para cualquier aparato o subsistema. También hemos podido ver que en toda la carrera espacial se trabajó con muchas prisas y que eso no era (ni es, ni será nunca) bueno cuando se manejan máquinas muy sofisticadas que nadie puede asimilar en toda su complejidad. Aquellas lluvias trajeron estos lodos.

Y es que en el fondo del Módulo de servicio, justo a la espalda de los astronautas que viajaban en la cápsula, se encontraba un mecanismo que no

había sido bien modificado para los nuevos voltajes. El termostato de la resistencia calefactora del depósito de oxígeno líquido, muy parecida a esas espirales que se ponen al rojo en las estufas eléctricas de casa y que estaba diseñado para un voltaje menor y se había alimentado sin embargo con un voltaje para el que no estaba preparado.

Eso ocasionaba que la resistencia se calentase mucho más de lo prudente, pero como sólo se ponía en marcha durante cortos períodos de tiempo y, al calentar enseguida el depósito, se apagaba incluso antes que si estuviese dimensionada para ese voltaje, en todos los vuelos anteriores no había pasado nada.

Pero además, la pieza en concreto que viajaba en el *Apollo XIII* tenía todo un historial de accidentes. Ese tanque de oxígeno, que tenía el número de serie 10024X-TA0009, había estado previsto para ser instalado en el *Apollo X*. Sin embargo, dos años antes de que despegase el *Apollo XIII*, durante los procesos de fabricación de los diversos elementos de ese Módulo de servicio, le sacaron el depósito del oxígeno para aplicarle una modificación y en la manipulación se cayó desde una altura de unos pocos centímetros; era muy poco, pero no estaba preparado para ese tipo de golpes. Se retiró del Módulo de servicio para repararlo y en el *Apollo X* viajó otra pieza igual.

El depósito era una esfera metálica bastante resistente y ya estaba cerrado y soldado, así es que le hicieron todas las comprobaciones que se les ocurrieron y lo terminaron dando por bueno. Pero, a la vista de los resultados, es probable que en esa caída algo se dañase, se doblase o se agrietase un poco.

Sea como fuere, pese a sus antecedentes, acabó montado en el Módulo de servicio del *Apollo XIII*, donde siguió acumulando anotaciones en su expediente, pues más adelante, el 16 de marzo de 1970, apenas un mes antes del despegue del *Apollo XIII*, se comprobó durante unas pruebas que el depósito no había terminado de evaporar todo el oxígeno líquido que se le había introducido y este era ya el último trámite antes de su montaje en el Módulo de servicio. Para eliminar el oxígeno se encendió la resistencia calefactora, pero sin saber que el termostato de esa calefacción era el maldito elemento mal adaptado a los nuevos voltajes (diseñado para veintiocho



voltios, estaba funcionando a sesenta y cinco). El termostato se recalentó y sus contactos se fundieron y se soldaron, con lo que el calentador quedó encendido de forma ininterrumpida durante ocho horas alimentado a sesenta y cinco voltios. Como ese depósito además estaba muy bien aislado para que no se calentase el oxígeno líquido, tampoco dejaba escapar el calor y es muy probable que en ese período se alcanzasen más de quinientos grados centígrados en el interior y se dañasen los cables de ese sistema de calentamiento; también es posible que la cubierta aislante de teflón del sistema para remover el contenido sufriese antes alguna rozadura con el golpe producido dos años antes, se doblase y se estropease, quizá sólo un poco, pero lo justo para que saltase una chispa ya durante la misión, cuando se sobrecalentaron por alimentarlos a más voltaje que el que estaban preparados para soportar, con el depósito lleno de oxígeno líquido. Una chispa en un tanque de oxígeno.

Por supuesto, en el momento de remover los tanques criogénicos del *Apollo XIII* todo esto se ignoraba, pero lo que sí sintieron los tres astronautas es una fuerte explosión, seguida de un encendido caótico de luces de alarma en sus paneles de control, al mismo tiempo que la nave empezaba a bambolearse a un lado y a otro mientras los sistemas automáticos de guía trataban de corregir la posición y mantener la trayectoria.

Fue el momento en el que Jack Swigert dijo por radio aquello, ahora tan famoso, de «Houston, tenemos un problema».

En Houston se estaban dando cuenta simultáneamente de que algo pasaba y de que era algo muy gordo, porque no había un solo panel de datos que no estuviese dando avisos de alarma. Había alarmas de todos los tipos: no había energía, no había oxígeno, no se mantenía la posición de la nave, la antena principal había dejado de funcionar (y los sistemas habían pasado de forma automática a utilizar la antena secundaria). Incluso los datos médicos de los astronautas se habían alterado, con los latidos de sus corazones desbocados.

Pero para los astronautas no era sólo una emergencia que se apreciase en los paneles de información, sino que la sentían en sus propias carnes, en los bamboleos de la nave, en los crujidos de la estructura, en los ruidos que les llegaban a través de los paneles.

Un primer diagnóstico fue que el ordenador se había vuelto loco y se les pidió que lo reiniciaran (la solución para la mayoría de los problemas ciber-electrónicos: apaga y vuelve a encender), pero después de reiniciar el panorama no cambiaba.

Lo más preocupante era que el nivel de los tanques de oxígeno estaba bajando a gran velocidad. En una nave como la *Apollo*, el oxígeno lo es todo: se usa para combinarlo con el hidrógeno y producir la energía que en forma de electricidad se consume a bordo (el subproducto del proceso, el agua, también se utiliza para varias cosas, entre otras para calmar la sed de los astronautas), también para quemar el combustible que impulsa la nave y, no menos importante, es imprescindible para que respiren los astronautas.

Alguien dijo en la sala de control de la misión que había que empezar a pensar en que no aterrizarían en la Luna, por lo que podían anular el tanque de oxígeno que perdía su contenido con más rapidez para evitar las pérdidas de los demás tanques (los tres estaban interconectados), pero el mecanismo que bloqueaba el tanque no tenía forma de ser desbloqueado después y sin uno de los tanques principales estaba prohibido continuar la misión. Alguien dudó antes de dar ese paso: era lo mismo que dar por perdidos los objetivos del vuelo.

Pero enseguida la actitud cambió, y no sólo porque estarían cerrando un tanque vacío (en otras palabras, «ya» no tenían oxígeno suficiente para completar la misión), sino porque cada segundo que pasaba estaba más claro que de lo que se trataba no era de salvar «los objetivos», sino de salvar «la vida» de los astronautas.

Se dio la orden de cerrar el tanque para limitar la pérdida de oxígeno y los astronautas lo cerraron, pero el nivel del oxígeno siguió bajando. Lovell vio por una de las escotillas una nube de deshechos e informó de ello a Houston. Era obvio que el oxígeno se estaba yendo a alguna parte, pero ver una nube de polvo y deshechos alrededor de la cápsula era una deprimente constatación de que la nave estaba agonizando.

**¡TODOS A LOS BOTES, ABANDONEN LA NAVE!**

Lovell dio la orden a Haise de que fuese encendiendo el LEM: a ese ritmo de pérdida de oxígeno, a la cápsula *Apollo* no le quedaban más allá de unos minutos para dejar de dar soporte vital a los astronautas y el módulo lunar era el único sitio al que se podían ir. No era una nave de salvamento, no era posible que les llevase de vuelta a la Tierra, estaba prevista para que respirasen en ella un par de astronautas un par de días mientras que ellos eran tres y se estaban alejando de la Tierra camino de la Luna, pero la alternativa era morir en los siguientes minutos; allí quizá viviesen algún día más.

Desde Houston les dieron un momento después la indicación de que activasen al módulo lunar, y les indicaron que no tenían más de quince minutos para hacerlo. El procedimiento normal de activación del LEM duraba horas, pero por suerte los tres astronautas eran unos grandes profesionales, y lo que se había regateado en tiempo de preparación de las misiones durante la carrera espacial no había repercutido en la preparación de las tripulaciones, que conocían sus naves mucho mejor que la fontanería de sus casas, aunque no eran iguales a las de las misiones precedentes ni posteriores.

Haise se saltó la mayoría de los pasos previstos para la activación del LEM, pero no se saltó ninguno que luego fuese a echar de menos. Encendería el sistema de alimentación eléctrica. Cuando las baterías alimentasen los sistemas (el LEM no tenía sistemas de generación de electricidad: para el poco tiempo que estaba previsto tenerlo ocupado, le bastaba con unas baterías) y tuviera electricidad en cantidad suficiente, arrancaría el ordenador de a bordo (mucho más simple que cualquier teléfono actual, pero que tardaba un tiempo en arrancar), los sistemas de soporte vital (oxígeno, eliminación del CO<sub>2</sub>, calefacción), las comunicaciones y la telemetría.

Eso se hacía normalmente entre dos astronautas, con uno de ellos leyendo los pasos a dar, confirmando que el otro lo había hecho bien, recordándole desde el manual los botones que había que pulsar, etc. Pero en este caso lo hizo Haise, sin ayuda y a toda velocidad. Y lo hizo bien.

Un momento crítico se produjo cuando hubo que pasar los datos de posición desde el ordenador del Módulo de mando al del LEM.

El ordenador del LEM era lo más avanzado que podía ofrecer la tecnología de ese momento pero, en comparación con los actuales, era simple hasta un punto difícil de imaginar hoy. En vez de una pantalla con gráficos y una buena resolución tenía un visor de apenas unas pocas líneas de texto, y en letras grandes, porque se tenían que ver incluso de reojo y con la visera del traje espacial bajada. En vez de un teclado completo tenía algo parecido a un teclado numérico con unas pocas teclas de función, muy gruesas para poder pulsarlas sin errores con los guantes del traje espacial puestos. El ratón, ni mencionarlo. Si en aquellos años alguien hubiese preguntado si llevaban ratón a bordo, le habrían sonreído y hubiesen hecho algún chiste sobre quesos y ratoneras en la entrada: a efectos prácticos no se habían inventado aún (y manejarlo en la ingravidez hubiese sido cuando menos curioso).

A ese ordenador había que empezar diciéndole dónde estaba la nave para que a partir de ahí hiciera sus cálculos de ruta, etc. Estaba previsto transferir ese dato desde el ordenador del Módulo de mando, convirtiendo sus coordenadas al sistema del LEM en un momento en que estaban unidos por «la cabeza» y, por lo tanto, con conceptos diferentes sobre lo que significaba «arriba» o «abajo», «izquierda» o «derecha» para cada uno, por lo que había que hacer una serie de operaciones trigonométricas con los ángulos que daba uno para convertirlos en los que necesitaba el otro. ¿Qué tal las notas en el último examen de trigonometría?

Lovell tuvo que hacer esos cálculos en una cápsula agonizante, con la presión de que sus compañeros estaban apagando una nave (Swigert) y encendiendo otra (Haise), recibiendo órdenes y preguntas del centro de control de la misión. Y no podían apagar el ordenador del módulo de mando hasta que traspasasen esos datos, porque si tardaban demasiado en hacerlo, tenían que volver a pedir las coordenadas al sistema; un sistema que podía fallar de un momento a otro por falta de electricidad. Fue un momento especialmente tenso.

Lovell transmitió las cifras a Houston para que allí repasasen sus cálculos, cosa que una legión de ingenieros (con buenas notas en trigonometría) hizo a toda velocidad confirmando sus resultados.

Por fin se podía apagar el *Odyssey*, que era el nombre del extinto Módulo

de mando, y pasar a vivir los tres, aunque no se sabía por cuánto tiempo ni con qué final, en el *Aquarius*, curioso nombre para ese LEM, que no tenía pensado visitar ningún mar (el alunizaje estaba previsto en los «montes» de Fra Mauro).

Bueno, por lo menos era una situación más estable. Ya no estaban cambiando las cifras de las pantallas a cada segundo y se podían tomar las siguientes decisiones pensándose las cosas un par de veces. Aun así, el panorama no era nada halagüeño: No tenían nave para volver a la Tierra, y la que tenían no les podría mantener con vida muchas horas.

Y no había más: no había misión de rescate posible, no había repuestos para hacer reparaciones, ni herramientas, y ni siquiera sabían lo que había pasado ni tenían forma de averiguarlo, porque era algo que estaba en el Módulo de servicio, inalcanzable tras el Módulo de mando, y todo por allí estaba apagado.

A la prensa y la televisión se les contó que había un serio problema. No se contó todo, pero entre lo que se dijo y lo que ostensiblemente no se dijo, el panorama era realista, y preocupante, aunque si se hubiese dicho todo, quizá habría sido aún más preocupante.

## **BUSCANDO EL CAMINO A CASA**

En Houston había de todo menos calma. Gene Kranz, el director de ese vuelo, exhibió una energía asombrosa y se negó a cualquier actitud derrotista. Los controladores del vuelo, ese grupo de ingenieros cada uno delante de su pantalla de datos en el centro de control, estaban organizados en cuatro equipos para un trabajo por turnos. A esa hora todos los turnos, habiendo oído por la radio, por televisión o a través de sus teléfonos que había problemas, estaban llegando a la sala para echar una mano en lo que se pudiese, y el grupo durante cuyo turno se había producido el accidente se salió del régimen de horarios para trabajar fuera del «día a día» y aconsejar a los demás con más perspectiva sobre lo que había que hacer en cada momento.

En seguida se llegó a la conclusión de que el elemento que más iba a escasear en las siguientes horas era la energía, por lo que se acordó reducir al máximo el consumo en el LEM en cuanto fuera posible.

Se consideró la posibilidad de encender el motor del LEM para «frenar en seco» (todavía se movían hacia la Luna) y regresar a la Tierra de la manera más rápida antes de llegar al punto de Lagrange, el lugar del espacio en el que la Luna les atraería con igual fuerza que la Tierra: si daban la vuelta antes, desde allí ya todo era «cuesta abajo» hasta casa. Ya pensarían después en qué hacían con ellos cuando llegasen (un grupo aparte estaba evaluando la posibilidad de lanzar el *Apollo XIV* para encontrarse con ellos, pero llegaron pronto a la conclusión de que no podrían hacerlo a tiempo). De todas formas se desechó esa vía, porque era muy crítica en el funcionamiento del cohete involucrado, el del LEM, que tendría que agotar todo su combustible en ello.

No obstante, la vía más suave implicaba dejar que el LEM «remolcase» el Módulo de mando y el Módulo de servicio por detrás de la Luna e hiciese una corrección de rumbo muy importante. Esto se debía a la ruta que llevaban en ese viaje en particular. Volvamos otra vez a cómo eran los viajes a la Luna.

Después de unas largas horas tras salir de la órbita terrestre y sacar al LEM de su almacén, la nave iba perdiendo velocidad poco a poco (se iba alejando de la Tierra, pero hay que verlo como que iba «subiendo»: habían tirado «una piedra» hacia arriba y cada vez iba más despacio, pero en realidad llevaba una velocidad fantástica, casi imposible de imaginar con nuestras experiencias cotidianas, y tenía el impulso suficiente como para llegar al punto de Lagrange ya mencionado. Cualquier cosa que llegue allí con algo de velocidad, cae hacia la Luna de forma inevitable.

Las naves *Apollo* no caían directamente a la superficie, sino que «erraban el tiro» y pasaban por detrás de nuestro satélite. Si no hacían nada más y las velocidades eran las correctas, después del paso por detrás (donde la Luna impedía que las emisiones de radio les llegasen: durante un tiempo estaban incomunicados) aparecían por el otro lado apuntando hacia la Tierra y con la misma velocidad con la que habían llegado. En el vacío no hay roces ni se frenan las cosas, por lo que la nave terminaba volviendo al punto de Lagrange, sobrepasándolo y volviendo a la Tierra en una trayectoria parecida

a un «8» muy estirado.

En las misiones normales en el punto más cercano a la Luna se encendía el motor del Módulo de servicio (ese que estaba tan estropeado en el Apollo XIII), se frenaba para quedarse en la órbita de la Luna y desde allí el LEM maniobraba para alunizar, más tarde despegar (sólo su parte superior), volver a la órbita, encontrarse con el Módulo de mando, trasvasar astronautas (y rocas lunares) a la cápsula de reentrada y, de nuevo en la sombra de la Luna, encender el cohete otra vez para volver a la Tierra. Pero en el caso del Apollo XIII las cosas no eran tan sencillas, si es que eso de alunizar resultaba sencillo para alguien.

Esta vez se habían atrevido a darle un poco más de impulso en la ida, lo cual les daba un tiempo de llegada algo más corto y más autonomía para pasear por la Luna pero, todo tiene un precio. Si no frenaban para entrar en órbita lunar (y ahora no estaban en absoluto interesados en perder allí el tiempo) ni se hacía nada para corregir el rumbo, volverían de la Luna fuertemente desviados, lejos de la trayectoria que les llevaría a casa, errarían el tiro por bastante, pasarían cerca de la Tierra y se perderían en el espacio dando vueltas al Sol eternamente.

Tenían que hacer una corrección y debían hacerla utilizando el cohete del LEM, tras superar la sombra de la Luna (desde el punto de vista de las comunicaciones de radio). Por eso se dejó el LEM completamente operativo hasta esa maniobra.

Cuando salieron por el otro lado de la Luna, llevaron a cabo el encendido y la telemetría de la nave confirmó que iban bien encarrilados a casa. Sólo entonces muchos suspiraron aliviados: el panorama de tres norteamericanos vagando por el espacio sin esperanza por los siglos de los siglos no era muy bonito.

## **DECIDIERON VOLVER**

Un detalle que nunca se cuenta es que «esos astronautas podían haber alunizado». Podían haber separado del Módulo de mando el LEM, el

vehículo de alunizaje, que estaba en perfecto estado y les habría llevado a la Luna (con toda probabilidad). Luego no habrían tenido ninguna nave a la que volver y en pocas horas habrían muerto en la inhóspita superficie del satélite. Una muerte gloriosa, una tumba a la vista de toda la humanidad, y quizá con ello se ahorran muchas horas de agonía o cualquiera de las posibles muertes para las que en ese momento de la misión había opciones de lo más variado: podían morir por falta de oxígeno (horroroso), congelados (horroroso), víctimas de alguna nueva explosión (horroroso), abrasados en la reentrada (horroroso), estrellados contra la Tierra (horroroso), perdidos en el espacio (horroroso)... La opción de volver a casa era, con mucho, la menos probable. Pero decidieron confiar en la técnica y en sus compañeros de la Tierra e intentar volver a casa.

Cuando confirmaron con el control de la misión la trayectoria correcta para el regreso lo primero que les ordenaron fue que apagaran todo lo que no era estrictamente necesario para seguir vivos unas horas más. Al recibir la larga lista de sistemas a apagar pidieron varias confirmaciones: les parecía increíble que con todo eso fuera de servicio hubiese esperanza de volver a casa. Les pedían por ejemplo que apagasen el ordenador de a bordo. Así ya no podían pretender ni siquiera saber dónde estaban y, mucho menos, maniobrar. También apagaron la calefacción, con lo que la nave se puso pronto a tres grados centígrados. Apenas gastaban oxígeno en respirar y en tener la radio encendida por si les tenían que decir algo.

—Y..., ¿lo de reentrar en la atmósfera?

—Ya os diremos algo.

Los astronautas volvieron a pasar unas largas horas sin hacer nada pero, a diferencia del aburrido período de inactividad de un vuelo normal, el panorama era más bien la antesala de un desastre.

## **A LOS INGENIEROS LES ENCANTAN LOS MECANOS**

El siguiente momento emocionante llegó unas cuantas horas después, cuando los niveles de CO<sub>2</sub> empezaron a subir de forma alarmante. El CO<sub>2</sub> lo



producían ellos al respirar y lo normal era que un cartucho de hidróxido de litio filtrase el aire y lo limpiase de ese gas que, por encima de una cierta concentración, produce mareos, sueño y la muerte, como ha comprobado más de uno que se ha quedado en una cochera cerrada con el motor del coche en marcha.

El LEM tenía ese sistema funcionando, pero estaba dimensionado para la respiración de «dos» astronautas unas horas, y ahora eran «tres» y la estancia se alargaba.

Por supuesto, el que esos astronautas respirasen estaba previsto, pero lo previsto es que lo hicieran en el Módulo de mando, que ahora estaba desactivado. Allí había varios cartuchos de hidróxido de litio, pero no se podían utilizar porque eran «cuadrados» y más grandes que los del LEM, que eran «redondos».

Se puede ver como un divertido problema intentar meter algo cuadrado en un agujero redondo, pero la vida de tres personas estaba en juego en las horas siguientes y lo tenían que resolver en una nave en la que no había «caja de herramientas». Y tampoco sirve de mucho maldecir la infinidad de contratas, la falta de normalización y el que, con el sistema de contratas de la NASA y de cualquier funcionariado, cada elemento lo diseñaba uno, lo fabricaba otro y lo instalaba un tercero.

Un grupo de ingenieros de Houston se centró en prepararles la chapuza. Hay quien opina que los ingenieros nunca abandonan la infancia, sino que tan sólo cambian unos juguetes por otros, cada vez más sofisticados; desde ese punto de vista a aquellos les cayó encima un «mecano» hecho con desechos de otros juguetes: todo lo que podía sobrar en el *Odyssey* o el *Aquarius* (trajes espaciales, ropa, herramientas de recogida de muestras lunares, cámaras de fotos, de televisión, algo de comida, etc.).

El caso es que también lo consiguieron, con cartones del manual de a bordo, calcetines, bolsas de plástico previstas para las muestras lunares y, por supuesto, algo de esparadrapo. Un «Invento del TBO» (o un apaño de McGyver para los lectores más jóvenes), pero funcionó.

En España, a esa misma hora, a los estudiantes nos caían en los exámenes los cálculos de órbitas, la química de la absorción del CO<sub>2</sub> por el hidróxido

de litio, o los cálculos energéticos del calentamiento en la reentrada<sup>[36]</sup>.

La reentrada... ese era el examen final para todo el equipo de ingenieros de la NASA y, muy especialmente, para los tres astronautas que estaban implicados de una forma muy personal. El mayor inconveniente era que había que poner en marcha un Módulo de mando congelado, quizá averiado y sin energía. La puesta en marcha de una máquina tan compleja era un proceso que se hacía en tierra, conectado a la torre de lanzamiento que les suministraba la energía necesaria. Intervenían varios ingenieros, duraba varias horas y no se le había pasado por la cabeza a nadie apagar sus sistemas hasta que flotaban de nuevo en el Pacífico.

Ahora lo tenían que hacer de otra manera, porque sin el Módulo de servicio, la única energía disponible era la de las baterías del Módulo de mando, dimensionadas para funcionar apenas los minutos de la reentrada y sobre unos equipos que ya estaban funcionando desde antes.

La mayoría de los equipos electrónicos gastan mucho más en el proceso de arrancar que al estar ya en marcha. Por eso, «en algunos casos», es mejor dejarlos encendidos toda la noche con el piloto puesto, porque al activarlos al día siguiente derrochan en el arranque más de lo ahorrado por tenerlos apagados; en rigor, habría que estudiar cada caso en función del propio equipo y de su ritmo de utilización: si al arrancar gasta la misma energía que en quince horas de estar en espera, por ejemplo, y normalmente se va a encender antes de quince horas, es mejor dejarlo en espera. En el caso del Módulo de mando no había dudas: encenderlo era un despilfarro, pero no habían tenido energía para mantenerlo en marcha y ahora no estaba nada claro que tuviesen la suficiente para arrancarlo.

Y, para colmo, las baterías se habían gastado en parte cuando se agotó la energía del Módulo de servicio y todavía se mantuvo en marcha el ordenador del Módulo de mando hasta terminar de transferir las coordenadas de vuelo al LEM. Había que preparar y ensayar un encendido del Módulo de mando que fuera posible con la escasa energía de las baterías de a bordo y dejase a los astronautas margen como para llegar a la Tierra.

## **FRÍO Y SED**

Entre tanto, el vuelo se veía salpicado por otros pequeños incidentes: tenían sed. El agua era un subproducto de la generación de la electricidad, como ya comentamos, pero ese proceso se había interrumpido al apagar el Módulo de Mando, y en el LEM, alimentado por baterías, no se producía más agua, tan sólo contaban con el depósito que contenía lo justo para la excursión lunar: dos personas durante dos días. Además, se tenía que utilizar en refrigerar los pocos equipos que estaban encendidos. La ración para tres personas durante unos cuatro días fue de apenas medio vaso de agua por astronauta y día. Fred Haise enfermó: por beber poca agua tuvo una infección de riñones que le provocó una subida de fiebre.

También tenían que intentar dormir, pese a que la realidad que les rodeaba era la peor de las pesadillas y que la temperatura era casi de bajo cero. Por suerte, en la ingravidez, el aire que se calienta alrededor del cuerpo no «sube», sino que forma una nube tibia alrededor del astronauta dándole una cierta comodidad, a condición de no moverse en absoluto.

Pese a todo, seguro que pegaron un buen respingo cuando una de las tres baterías del LEM estalló. No era algo previsto, aunque tampoco estaba previsto que el LEM estuviese tanto tiempo en activo, pero después de recalcular la situación les dijeron que con las otras dos era suficiente para lo que iban a necesitar del LEM, y pudieron tranquilizarse de nuevo.

## **PILOTOS GANÁNDOSE EL SUELDO**

No obstante, desde la Tierra se vio que el rumbo no era tan afinado como necesitaban y todavía tuvieron que hacer una corrección de trayectoria, lo cual, con el ordenador encendido habría sido algo rutinario, pero con el ordenador apagado sólo podían hacerlo mirando a la Tierra y manejando las toberas del cohete del LEM a mano y a golpe de reflejos, para no ponerse a

dar vueltas como una peonza incontrolada. Además, durante ese encendido de su cohete, el LEM llevaba «en la cabeza» el Módulo de mando y el de servicio, que pesaban mucho más que él.

La imagen más parecida podría ser la de conducir una moto muy potente con una vaca sujeta de alguna manera un metro por encima de nuestra cabeza, y yendo muy despacio. Además, en el espacio no es tan «sencillo» como en una carretera, porque la nave se puede desviar de forma tridimensional: arriba, abajo, a izquierda, a derecha, adelante, atrás y todas las combinaciones posibles.

Para terminar de darle emoción al momento, por si estaban aburridos, el cohete del LEM no estaba diseñado para aguantar tantos encendidos y apagados como llevaba encima y por eso nadie estaba muy seguro de que fuese a funcionar. Pero funcionó, aunque fueron veinticinco segundos de infarto.

Y en un vuelo en el que habían rechazado a Ken Mattingly porque le podía subir la fiebre en una maniobra de atraque, tuvieron que hacer una corrección de rumbo manualmente y con el piloto del LEM en estado febril. Pero lo consiguieron.

## **CUESTA ABAJO HASTA CASA**

Aunque la Tierra era cada vez más grande en las ventanillas, todavía no sabían cómo aterrizar. Poco después de la corrección de la trayectoria saltaron los discos de helio, una válvula de seguridad de los tanques de combustible. Los tanques del LEM están mantenidos a presión con helio, que va subiendo de temperatura a lo largo de la misión y, cuando la temperatura ya es excesiva, la válvula abre los tanques y deja escapar el helio. Estaba previsto que sucediese bastante después de abandonar la nave en la superficie de la Luna, pero esta vez sucedió cuando había *overbooking* a bordo. La consecuencia directa de ello es que ya no se podían hacer más correcciones de trayectoria por muy necesarias que fuesen.

De todos modos, a la prensa y al público no se les dijo en su momento

cuán críticas eran las condiciones del vuelo: se decía que, aparte del cansancio y la frustración de no alunizar, la cápsula volvía a casa de forma casi rutinaria.

—¿Y lo de aterrizar...?

—Seguía pendiente, pero no se lo digas a nadie.

Por suerte, Ken Mattingly se había quedado en tierra por la amenaza de sarampión y, pese a que en su momento le había parecido una mala jugada, eso les proporcionaba a sus compañeros de allá arriba un buen peón en la partida. Porque Ken, además de no estar enfermo, era quien mejor se conocía «esa» nave ahora averiada y se pasó varios días a tiempo completo tratando de imaginar cómo poner en marcha y mantener después funcionando el Módulo de mando, utilizando para ello sólo las semiagotadas baterías, que estaban dimensionadas para funcionar sólo media hora sobre equipos ya arrancados previamente. Y había una serie de tareas especialmente necesarias, como por ejemplo calentar los paracaídas, que llevaban tiempo a una temperatura más baja de lo normal, para que no fuesen un bloque de hielo.

Pese a recargar en el último momento las baterías del Módulo de mando desde las del *Aquarius*, a Ken le debió costar lo suyo encontrar la secuencia de encendido adecuada. Incluso se hicieron malabarismos como no conectar la telemetría hasta el último momento, apagar algo, conectarla, hacer las comprobaciones telemétricas, desconectarla, etc. El caso es que encontró la manera de hacerlo. Además, iban a encender un Módulo de mando que estaba empapado del agua de condensación producida por las bajas temperaturas de ese viaje. En el *Apollo I* se había producido un incendio sin necesidad de mojar ningún contacto ni empalme, y el *Apollo XIII* los tenía todos húmedos.

Parece que el repaso que habían hecho después de aquella catástrofe había sido bien hecho en ese aspecto, porque todo se encendió sin nuevos problemas. Aquel «repaso» fue quizá la mayor hazaña de toda la carrera espacial, pese al fallo del termostato del *Apollo XIII*.

## SE ACERCA EL MOMENTO CRÍTICO

Los astronautas soltaron el Módulo de servicio y, por primera vez, pudieron ver los destrozos que había causado la explosión del día 13: todo un panel lateral de aquel cilindro lleno de equipos había desaparecido en la sacudida, incluyendo los cohetes de corrección de rumbo de ese lado y la antena principal.

Poco después llegó el momento de desprenderse del LEM, el módulo lunar, *Aquarius*, que les había salvado la vida y que se encaminó a estrellarse en una zona especialmente profunda del Índico (ya acabada la carrera espacial, hubo quien protestó porque llevaba isótopos radioactivos: todo un síntoma de la creciente histeria alrededor de todo lo que llevase la etiqueta de «radioactivo»).

Aún existía un serio temor de que el escudo térmico, el que impedía que el calor de la reentrada destrozase la cápsula, estuviese dañado y, después de ver el estado en el que había quedado el Módulo de servicio, se trataba de un temor bien fundado.

El escudo térmico era un elemento crítico y, de hecho, en todo el vuelo habían cargado con el Módulo de servicio averiado (con los inconvenientes de inestabilidad y gasto de combustible en las maniobras del LEM que eso suponía) sólo para proteger el escudo el mayor tiempo posible del frío y de los micrometeoritos que eventualmente lo hubiesen podido afectar.

Por lo demás, en esa última hora de vuelo los problemas estaban ya limitados a la falta de energía para tener todos los equipos encendidos y a un tifón que amenazaba la zona prevista para el amaraje.

Así llegaron a la atmósfera de la Tierra «casi» como si se tratase de un vuelo normal del Programa Apollo. Era una entrada muy crítica, pero lo peor parecía que ya había pasado (salvo que el escudo estuviese dañado, o los paracaídas fallasen o se desviasen hasta la zona del tifón o mil otras cosas que podían torcerse en el último momento).



El averiado Módulo de servicio.

## RENACIDOS

Por fin, en las pantallas de las televisiones de todo el mundo se pudo ver descender la cápsula del *Apollo XIII* colgando de sus tres gigantescos paracaídas a poca distancia del portaaviones que lo esperaba.

Otros vuelos habían amarrado a decenas o incluso a cientos de kilómetros del punto previsto (y en este caso, había un tifón en los alrededores), pero el *Apollo XIII* amarró a la vista del portaaviones y con la banda de música del barco saltándose el protocolo, aunque también con la cápsula bastante más chamuscada que la de otros vuelos *Apollo* y con un astronauta (Haise) enfermo.

No viene recogido en los informes oficiales, ni en la autobiografía de Lovell, pero quienes estábamos atentos a la transmisión en directo pudimos oír cómo la banda, al bajarse los astronautas del helicóptero en la cubierta del portaaviones, en vez de atacar con las notas de su himno nacional, se puso a tocar el tema más popular de la obra musical que desde Broadway estaba en esos días escandalizando a los conservadores de todo el mundo con una temática que era un cántico al movimiento *hippy*, en un escenario en el que no se hacían ascos a la desnudez: tocaron *Aquarius* en honor del LEM, que

había salvado a la tripulación. Y lo tocaron con brío, por encima de que fuese algo políticamente muy incorrecto.

La investigación del accidente no fue demasiado complicada; pronto encontraron al culpable, y sus conclusiones las hemos ido exponiendo a lo largo del capítulo.

Como iban claramente ganando la carrera espacial, los norteamericanos fueron bastante abiertos a la hora de confesar sus fallos. Y es que, además, la tripulación había vuelto a casa. Cuando años después se investigaron los accidentes del transbordador espacial, la transparencia no fue del mismo color y las presiones políticas sobre los miembros de la comisión de investigación hicieron que alguno de ellos, concretamente Feynman, agotase su paciencia y acabase ante los periodistas poniendo verdes a otros miembros de la misma. Pero de esa historia hablaremos más adelante.



Haise (con cara de fiebre), Swigert y Lovell al llegar al portaaviones.

Por otra parte, no volvió a haber incidentes serios en el resto del Programa Apollo, aunque el *Apollo XV* amará con un paracaídas roto, el *Apollo XVII* tuvo un problema también en el descenso porque entraron gases de los reactores de posición en la cabina e incluso la última cápsula *Apollo*



que voló, en una misión de colaboración con los soviéticos con los que organizaron una cita en órbita, tuvo otro problema de diseño sobre los reactores de posición y su vaciado en los últimos metros del descenso.

Quizá una consecuencia positiva del accidente del *Apollo XIII* para la NASA es que se reavivó el interés por los vuelos a la Luna (y por volver a demostrar que seguían siendo capaces de «hacerlo») y se llegaron a lanzar las misiones de los *Apollo XIV*, *XV*, *XVI* y *XVII*, que de otro modo a lo mejor no habrían conseguido volar.

Los protagonistas dieron miles de entrevistas (en las que no contaron nada políticamente incorrecto), Lovell escribió en colaboración un relato personal de la aventura y se hizo una película de las que Hollywood sabe, con mucho presupuesto. Y por supuesto están los informes oficiales. Con ese material se puede saber casi todo lo que pasó (si no resulta uno enterrado por la cantidad de información), de manera que es uno de los episodios de la carrera espacial mejor conocidos, como se ha podido ver en este capítulo.

## **LA HORA DE PAGAR LA FACTURA**

Pero hay quien dice que las averías e incidentes sólo se terminan cuando se presenta la factura por los gastos y, en este caso, hay una factura muy concreta, que es la que presentó la Grumman, constructora del módulo lunar, a la North American Rockwell, constructora del Módulo de servicio. En ella se trataba el incidente como una llamada de auxilio en carretera y se le aplicaban las tarifas habituales de cualquier grúa norteamericana en los siguientes términos:

| Ítem                                                 | Cant.   | Unid.  | Descripción                                                                                                        | Precio     |
|------------------------------------------------------|---------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 1                                                    | 400.000 | Millas | Remolcado, 4 \$ la primera milla, 1 \$ las siguientes                                                              | 400.004    |
| 2                                                    | 1       |        | Recarga de batería con cables del cliente (coste del aviso + 0,05)                                                 | 4,05       |
| 3                                                    | 50      | Libras | Oxígeno a 10 \$ la libra                                                                                           | 500        |
| 4                                                    | 1       |        | Habitación doble, radio, AA, con vistas, sin TV                                                                    | Pre pagado |
| 5                                                    |         |        | Invitado extra, a 8 \$ por noche con salida antes del 17-04-70 (no se garantiza la estancia más allá de esa fecha) | 32         |
| 6                                                    |         |        | Agua                                                                                                               | Sin cargo  |
| 7                                                    |         |        | Otros servicios personalizados, incluidos manejo de equipajes, enlaces y propinas                                  | Sin cargo  |
| Sub total                                            |         |        |                                                                                                                    | 400.540,05 |
| 20 % descuento comercial + 2 % descuento pronto-pago |         |        |                                                                                                                    | (-)        |
|                                                      |         |        |                                                                                                                    | 88.118,81  |

Por cierto, un remate digno de esa misión es que la factura contenía un error bastante obvio en las operaciones de cálculo y les reclamaban casi un dólar de más. ¿Puede alguien detectarlo?

## Capítulo 38. La lanzadera espacial (la catástrofe del *Challenger*)

La lanzadera ha funcionado menos de lo que decían que iba a funcionar, pero bastante mejor de lo que pronosticaban sus críticos. En cualquier caso tiene el duro récord de ser el vehículo espacial que más víctimas ha provocado, catorce en dos accidentes. Y todos por problemas técnicos cuya causa última tiene raíces políticas, lo cual supone una costosísima lección de cómo (no) se deben hacer las cosas. Y es que la propia creación del programa de la lanzadera espacial estuvo trufada de contradicciones técnicas y presiones políticas.

Ya a mediados de los años sesenta se empezó a hablar de vehículos reutilizables. Terminada la carrera espacial, se trataba de darle un aire de rutina a los viajes espaciales con el fin de hacerlos más aceptables para el contribuyente norteamericano. Había, a la vez, que distanciarse de los soviéticos, que todavía seguían teniendo mejores cápsulas y cohetes para acceder a la órbita de la Tierra.

La lanzadera, con su aspecto de avión, cumplía ambos objetivos pues daba la sensación de que era una tecnología no demasiado alejada de la que cualquier ciudadano utilizaba para sus propios viajes y, por otro lado, como la solución de los soviéticos (la sempiterna nave *Soyuz* y sus robustos lanzadores) era tan diferente, no se podía decir que una era mejor que la otra: era como comparar aviones con helicópteros.

**UN DISEÑO CON MÁS COMPROMISOS (POLÍTICOS) QUE**

## SOLUCIONES

En 1972 se dio el pistoletazo de salida al proyecto. Técnicamente, sin embargo, había mucho que decir respecto a las bondades y defectos de la lanzadera.

Para empezar, la premisa original del diseño era que fuese «reutilizable» para «ahorrar costes». En ese sentido, lo que se intentaba es que el cohete principal, en lugar de caer en mitad del Atlántico (lo que, en la práctica, lo hacía de «usar y tirar»), volviese a casa entero, para lo cual le ponían alas con las que planear hasta Florida devolviendo los motores para tenerlos listos en el siguiente vuelo. Pero esa premisa implicaba que el cohete entero tenía que soportar las temperaturas y tensiones de la reentrada y, por tanto, lo que en las cápsulas *Soyuz* o *Apollo* era un escudo térmico de menos de diez metros cuadrados, en el transbordador espacial es un escudo térmico de un centenar de metros cuadrados, escudo que hay que poner primero en órbita, revisar a la vuelta y, por principio, sustituirle cada quemada lo seta de un vuelo a otro.

Además, a la fantasiosa idea original que, poco menos, proponía que debía despegar casi como un avión y llegar a la órbita por las buenas, sin más añadidos, hubo que ponerle algo de sensatez, un tanque de combustible de aspecto imponente (a la hora del despegue es ese enorme cilindro blanco o anaranjado al que va pegado el «avión»). Además, para que aquello eche a andar, hubo que añadirle un par de muletas para sus primeros pasos, en forma de cohetes auxiliares (esos cohetes blancos que arrancan a los lados del depósito principal).

El hecho de que el depósito caiga en el Atlántico no parece demasiado grave, pues es sólo un depósito: un mecanismo tan simple que hasta se podría reaprovechar; y, en caso contrario, al menos es la parte más barata de la lanzadera. Cuando decimos que es barato no se debe entender que estemos dispuestos a pagarlo de nuestros bolsillos, pues su coste y sofisticación están fuera del alcance de la mayoría, incluso de la mayoría de los países.

¿Y los cohetes auxiliares? Pues también deben ser bastante sencillos (y, por lo tanto, baratos), pues no hacen más que empujar durante un ratito, mientras son los cohetes principales del orbitador los que proporcionan la

mayor parte del empuje y los que controlan el vuelo. Son tan sencillos que con unos paracaídas se podrían recoger del Atlántico, revisar, y aprovechar en su mayor parte. Casi como si le cambiásemos el aceite a un coche.

Y así, desde que en 1981 hizo su primer vuelo tenemos el *Space Shuttle*, la lanzadera o el transbordador espacial (según como queramos traducir *shuttle*): un avión, el orbitador, que saca la mayor parte del combustible de un tanque externo al que van acoplados unos cohetes auxiliares. Cada uno de esos elementos ha dado su propia ración de problemas, como veremos en las siguientes páginas.



## CARO

Los problemas del orbitador, el avión, empiezan incluso en la parte comercial de su explotación: es demasiado caro.

Por empezar con un resumen muy revelador, Michael Griffin, administrador de la NASA durante varios de los años en los que el transbordador era su caballo de batalla, declaró formalmente en 2007 que con

lo que costaba mantener en activo la lanzadera se podrían programar seis vuelos al año del *Saturn V*, dos de ellos a la Luna.

El mercado de los satélites es muy sensible al precio y los norteamericanos, en cuanto el satélite sube de determinado peso o complejidad, no proponen otro lanzador que el *Shuttle*, lo cual implica levantar muchas toneladas extra, varios astronautas, semanas y a veces meses de retraso para el lanzamiento. Los soviéticos primero y los rusos después ofrecen tarifas mucho más económicas, cohetes robustos y probadísimos, lanzamientos frecuentes, etc. Los europeos ofrecemos tarifas aún más económicas para lanzamientos ecuatoriales (la Guayana Francesa está mucho más cerca del ecuador que Baikonur) y los cohetes Ariane ya van por la quinta generación.

El transbordador espacial norteamericano, por contra, es un diseño cada día más obsoleto (incluso lleva piezas originalmente diseñadas para el bombardero B-52), pero tan mastodóntico que no es posible afrontar una renovación integral sin enormes presupuestos que cada vez son más difíciles de encontrar. Y encima para un diseño que se ha demostrado erróneo en muchos aspectos básicos.

Para rematar, se tomó la decisión de dejar de producir en las cantidades previstas los cohetes *Delta*, *Atlas* y *Titan*, que eran los peones sobre los que descansaba hasta entonces el trabajo de enviar cargas al espacio, porque entraban en competencia con el transbordador, que había que promocionar a toda costa.

Y, en ese contexto, cada accidente hizo más y más difícil calificar la lanzadera como un éxito, porque además fueron accidentes con víctimas y muy espectaculares, lo cual le despoja del componente humorístico de aquellos primeros lanzamientos de los cohetes *Vanguard*.

Para colmo, el primero de los dos accidentes que sufrió la lanzadera espacial, el del *Challenger*, sucedió en un momento de baja popularidad del programa espacial y, para animar a los periodistas y al público a hablar de las bondades de la lanzadera en ese viaje iba una civil, una maestra llamada Christa McAuliffe, con la idea de dar clases desde la órbita y servir de estímulo a los millones de chavales que estaban mirando por televisión el

lanzamiento. Sin embargo, lo que les quedó grabado en las retinas es el estallido de la nave, con la muerte de todos sus tripulantes, incluida la agradable y por entonces incluso popular maestra de escuela. Una catástrofe sin paliativos.

Desde entonces es la propia NASA la que no pone excesivo entusiasmo en televisar los lanzamientos en directo.

## **MALO**

El accidente del *Challenger* tuvo su origen en las presiones políticas que rodearon el diseño original: estalló en el despegue por fallos de sellado y porque los políticos hicieron que la opinión de los técnicos se volviera secundaria. Esto es una constante que se repite mucho en la alta tecnología. Y si no había pasado antes, es porque en Florida suele hacer buen tiempo.

Ya hemos dicho que los cohetes auxiliares tenían que ser baratos, y en la primera propuesta de fabricación, la mayoría de los diseños que se le propusieron a la NASA eran cohetes de combustible sólido, entre ellos el de la empresa Aerojet, que fue la inicialmente elegida.

Esta utilizaba un combustible bastante normal, el APCP, hecho con perclorato de amonio como oxidante y aluminio como combustible, más cantidades menores de óxido de hierro como catalizador y un polímero para hacer algo más fluido el conjunto.

Puede sonar exótico el aluminio como combustible, ya se ha mencionado al hablar de las desgracias de los grandes dirigibles y, como referencia más morbosa, mencionemos que el aluminio es uno de los componentes esenciales del napalm.

Los combustibles sólidos (como la pólvora, por ejemplo), tienen ventajas e inconvenientes. El principal inconveniente es que no se pueden manejar con facilidad, y tampoco bombear y por lo tanto interrumpir su flujo, por lo que se suelen utilizar en los casos en los que el cohete tiene que funcionar de forma medianamente alocada sin preocupaciones de control de dirección y, desde luego, no tiene que parar y arrancar de forma precisa. A cambio, tienen

la ventaja de que son mucho más simples (no tienen que ser bombeados, y una bomba como la del *Saturn V*, capaz de mover decenas de toneladas de combustible por segundo a centenares de grados bajo cero, pesa). «Simple» en ingeniería es sinónimo de «ligero» y «barato» y la lanzadera se quería hacer barata.

En los cohetes de feria, los de combustible sólido (sí, la pólvora) no tienen competencia y este parecía una buena opción para levantar el transbordador espacial, con un encendido simple y corto, y con el propio orbitador llevando el control fino de la ascensión con sus tres motores principales. De hecho, era la más barata. Con el tiempo, viendo los crecientes costes de mantenimiento relacionados con la lanzadera, se llegó a la conclusión de que un cohete de combustible líquido hubiese resultado más barato de utilizar, pero ya era demasiado tarde para cambiar el diseño.

Una de las empresas descartadas en la selección, la Morton-Thiokol, ofrecía otro cohete de combustible sólido que resultó ser el más caro de todos los ofrecidos. Pero Morton-Thiokol tiene su sede en Utah.

—¿Y?

—Es que resulta que uno de los miembros de la Comisión encargada de la selección era senador por Utah.

—¡Ah!

Las maniobras, rodeos, fintas y regates se sucedieron en dosis muy superiores a las que se consideran normales para estos negocios con mucho dinero en juego, y en esta ocasión sí ocasionaron que el dinero no acabase en unos bolsillos sino en otros y que se aprobase una solución «un poco» peor desde el punto de vista técnico y «marginamente» diferente, aunque fuese una opción mejor desde otros puntos de vista (proporcionaba más puestos de trabajo donde hacían mucha falta).

## COMPLICADO

El combustible sólido no va a presión, parece obvio, ni hace falta a veces llevarlo a temperaturas en extremo frías para que abulte menos, pero los



combustibles líquidos sí: se baja su temperatura a  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  (el hidrógeno a  $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$  y el oxígeno a  $-183\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) y el líquido es más manejable que el gas, que a temperatura ambiente tendría una presión inaceptable. En el caso del transbordador espacial, el combustible del tanque principal estaba a muy baja temperatura, y eso tendrá importancia en el accidente del *Columbia*, pero el combustible de los cohetes auxiliares estaba a temperatura ambiente.

## Y DEMASIADO SIMPLE

Cada cohete auxiliar, en su confesada simplicidad, estaba formado por una serie de segmentos fáciles de transportar<sup>[37]</sup>, unidos unos a otros y convertidos en estancos, y ese detalle de la estanqueidad es el protagonista de las siguientes páginas.

La estanqueidad se obtuvo a base de unos aros toroidales de alguna sofisticada goma.

Esas juntas toroidales han funcionado siempre muy bien, pues la goma va comprimida aprovechando su elasticidad y las uniones resultan realmente estancas, como podemos comprobar en las conducciones de gas de nuestras cocinas, o en las instalaciones de riego de los jardines. Bueno, en los jardines a veces hay fugas de agua, porque las tuberías están sujetas a malos tratos, a una mala climatología, al frío, etc. Y la climatología tuvo su parte de culpa en el accidente del *Challenger*, pues en Florida están acostumbrados a preocuparse por los huracanes, por los mosquitos y por el calor y la humedad del verano, pero cuando hace frío les pilla desprevenidos.

El lanzamiento estaba previsto para el 22 de enero de 1986, pero se aplazó al 23, luego se volvió a posponer, y se llegó al día 28. Hay que pensar que cada aplazamiento es un enorme trabajo para los técnicos, pues el combustible del tanque principal se carga a decenas de grados bajo cero y cada minuto que pasa desde la carga va calentándose más y más y más. Si se retrasa el lanzamiento por encima de un margen de seguridad, hay que posponerlo, y si se pospone el lanzamiento hay que empezar por vaciar el tanque, con sus miles de metros cúbicos de líquidos peligrosos y ultrafríos,

filtrar el combustible, sobre-enfriarlo (estamos hablando de miles de metros cúbicos: es un proceso industrial a una escala enorme) y, con un margen de tiempo antes de la nueva hora de lanzamiento, volver a cargar todo en una manipulación que no está exenta de riesgos.

El día 28, diecinueve años y un día después del incendio del *Apollo I*, la lanzadera llevaba más de una semana al aire libre, el trasiego de combustibles helados se había repetido varias veces y, pese a la novedad de la maestra que iba a dar clases desde la ingravidez, todas las cadenas de televisión excepto la CNN habían sacado el lanzamiento de sus parrillas de programación, hartas de cambiarla en esos días a cada nuevo aplazamiento.

Mientras, los políticos no paraban de presionar a unos (la prensa y la televisión), para que diesen la mayor cobertura a un acontecimiento que ayudaría en la popularidad del programa espacial (y a conseguir los presupuestos de los que vivía mucha gente) y a otros (los responsables de la NASA), para que lanzasen el transbordador de una maldita vez.

Algún técnico advirtió que hacía mucho frío, unos tres grados en la superficie, quizá menos a la altura de la torre de lanzamiento, pero se le contestó que ya se habían hecho otros lanzamientos en esas condiciones (aunque nunca con la lanzadera esperando una semana a la intemperie).

## **PASE LO QUE PASE, SIEMPRE APARECE ALGUIEN QUE LO VEÍA VENIR**

Había ya por entonces un largo historial de mensajes y notas hablando del efecto del frío en las juntas toroidales de los cohetes auxiliares, material burocrático que, analizado de forma aislada, parece un conjunto de advertencias más que evidente, pero que puesto en su contexto, en la montaña de infinitos informes, mensajes, opiniones y contrainformes del conjunto de documentación acumulada desde que se inició el diseño en 1972, no era más que un grano de arena en mitad de la playa.

Se puede ver también como uno más de esos casos en los que «pase lo que pase, siempre hay alguien que resulta que lo veía venir». Y el

transbordador llevaba volando con regularidad desde 1981 sin accidentes.

El caso es que se dio la orden de despegar. Todavía, ese día 28 de enero hubo varios aplazamientos: la torre de lanzamiento tenía carámbanos de hielo por todas partes, después de una noche en la que se habían alcanzado los dos grados centígrados (en Florida: no había experiencia sobre qué hacer en esas circunstancias). Según avanzaba la mañana se iban derritiendo y dejaron de ser una preocupación en sí mismos.

Finalmente, a las 11:38, hora local (los números suman trece) se inició el vuelo fatídico, a una hora en la que se habían preparado especialmente las aulas de muchos colegios para que los niños viesan despegar a la profesora que iba a enseñarles cosas muy especiales en los siguientes días; se calcula que el 48% de los estudiantes norteamericanos vio en directo el despegue.

## **UNA CATÁSTROFE EN DIRECTO**

Lo que sucedió a continuación está recogido con absoluto detalle en los informes de la NASA, segundo por segundo se puede seguir el avance de las roturas y fallos que desembocaron en la catástrofe, pero no hay ninguna lección en ello, pues no eran más que fichas de dominó cayendo una tras otra: el fallo había ocurrido años antes en realidad, cuando se eligió un diseño para los cohetes auxiliares que no era el mejor desde el punto de vista técnico.

La secuencia de la catástrofe se concretó esa mañana no obstante en una de las juntas toroidales del cohete auxiliar de estribor, el de la derecha si vemos la lanzadera desde el lomo del orbitador. Ya con las primeras vibraciones del despegue, durante los primeros segundos salieron nubes de humo por alguna rendija y la nave al completo se desplazaba hacia el lado contrario como reacción a esos chorros de humo, aunque los ordenadores de a bordo corregían la desviación de forma automática.

Los enganches que unen la lanzadera a la torre tuvieron problemas para separarse en el último instante, quizá por efecto del frío y del hielo, y no se replegaron por completo, pero luego se vio que, después de todo, no se habían rozado con el transbordador en su ascenso, por lo que no fue más que

una anécdota del despegue.

Sin embargo, un minuto después vuelve a haber escapes en la misma junta toroidal del cohete auxiliar, que se apreciaron más adelante examinando en detalle las grabaciones hechas a través de las cámaras (acopladas a verdaderos telescopios) con que se transmite el inicio del vuelo. Pero esos escapes ahora no son de humo, sino luminosos: los gases que durante la combustión del despegue se han generado en el interior del cohete auxiliar estaban convirtiéndose en una llama parecida a la de un soplete, que apuntaba directamente hacia el tanque principal de combustible. En el segundo setenta y dos del vuelo, el tanque principal se rompió y soltó al exterior todo su combustible.

Siempre se habla de la «explosión» del *Challenger*, pero lo cierto es que no hubo tal explosión, sino que el combustible ardió en el vacío a los dieciséis kilómetros de altura que se habían alcanzado. Eso no fue pese a todo lo que causó la muerte de la tripulación. La rotura del tanque principal supuso que el conjunto del transbordador espacial se desarmase, puesto que el resto de sus componentes estaban ensamblados a él.

Hay constancia de que los astronautas sobrevivieron a la rotura de la nave, pese a que cuando dejó de volar de forma controlada se ladeó y el frenazo aerodinámico que sufrió el orbitador duplicó los 14-15 g que se consideran el límite de la resistencia humana; pero fue una deceleración muy breve y, después de ello, todavía se accionaron tres de las cuatro mascarillas de oxígeno disponibles. Curiosamente no había mascarillas para todos. ¿Ya había olvidado todo el mundo el naufragio del *Titanic*, con mil cuatrocientas tres víctimas causadas porque no había botes salvavidas para todos?

La referencia al *Titanic* es recurrente en este accidente, porque en algún momento del proceso de diseño del transbordador se tomó en cuenta la posibilidad de proporcionar a la tripulación asientos eyectables o algo equivalente, pero se desechó la idea argumentando que era más eficaz invertir ese «esfuerzo» (léase «dinero») en hacer más seguros los vuelos. Alguien seguía pensando que se podía hacer un barco insumergible.

Es muy probable que la cabina sufriese alguna rotura y perdiese el aire, lo cual, a dieciséis kilómetros de altura, es lo mejor que les podía pasar, pues los

tripulantes debieron perder el sentido en cuestión de segundos.

Lo que quedaba del orbitador iba ya a una buena velocidad y todavía siguió subiendo, por pura inercia, hasta veintidós kilómetros de altitud, desde donde cayó a plomo hacia el océano y se estrelló a más de trescientos kilómetros por hora.

Los dos cohetes auxiliares siguieron funcionando y salieron disparados hacia adelante en una trayectoria caótica hasta que los técnicos de la NASA activaron su autodestrucción intentando evitar que chocaran contra lo que no debían. El depósito principal, por su parte, se esparció sobre muchos kilómetros cuadrados del Atlántico y todavía una década después se estaban encontrando trozos en alguna playa de Florida.

## **ES MUCHO MÁS FÁCIL EXPLICAR LO QUE HA PASADO QUE EVITAR QUE SUCEDA**

Entonces vino el momento de la investigación del accidente, en la que la Comisión Rogers, nombrada al efecto, sacó a relucir sólo el problema de las juntas toroidales de los cohetes auxiliares, adornado con una referencia a problemas en la comunicación entre los técnicos de Morton-Thiokol, la NASA y diferentes oficinas de diseño. En otras palabras: que no habían hecho caso a los técnicos.

En esa comisión estaba el físico Richard Feynman, sobre el que se podrían contar muchas cosas interesantes y, de forma inevitable, su nombre reaparece en estas páginas en algún otro lugar porque su divertida y chocante personalidad parece haber estado en todos los rincones clave de la física del siglo XX, incluido el lugar donde se reciben los Premios Nobel.

Y Feynman terminó muy enfadado con la Comisión Rogers. Amenazó con prohibir que figurase su nombre en el informe final si no se recogían en él sus opiniones, que finalmente figuran en un apéndice separado. El físico dijo en voz alta y clara que las estimaciones de fiabilidad de los componentes eran exageradas en una relación de mil a uno y declaró que la fiabilidad de la lanzadera no era superior a un 98%. En otras palabras, que lo probable es que

fallaran dos vuelos de cada cien.

El vuelo del *Challenger* llevaba el código 51 aunque este código sólo estaba relacionado indirectamente con el orden de lanzamiento. En realidad era el vuelo número veinticinco de las lanzaderas, pero bastante después de la muerte de Feynman, cuando se alcanzó el vuelo ciento siete, ocurrió el desastre del *Columbia*: más o menos dos de cien,  $\approx 98\%$ . Feynman acertó completamente.

Muchos norteamericanos recuerdan a Feynman en la televisión, con sus habituales modos muy didácticos, mostrando unas gomas corrientes, de las de enrollar carteles o periódicos, o las típicas de oficina, haciendo demostraciones sobre lo elásticas que eran, todas menos una que había dejado caer en una jarra con hielo que tenía en su mesa: cuando la sacó del agua, se quebró en sus manos como ilustración de lo sucedido a aquella maldita junta toroidal en el despegue del *Challenger*.

Porque eso es lo que sucedió: junta toroidal perfectamente estanca, mucho frío, el caucho se vuelve quebradizo, con las vibraciones del despegue se abre alguna grieta, empieza a salir combustible pero el propio flujo de gas corrosivo arranca virutas por el camino y se obstruye la grieta (por eso a los tres segundos del despegue dejó de salir humo por la junta), vibraciones crecientes y la frágil barrera que sujeta el combustible en la grieta que se rompe y se desborda, empieza a arder, perfora el tanque principal y... ¡Pum!

Se montaron nuevas comisiones, una de ellas (permanente) referente a la seguridad, se desecharon algunos proyectos no muy seguros (lo cual, a su vez, propició el fallo de la *Galileo*, del que hablaremos dentro de unas páginas), se disminuyó la capacidad de carga de la nave, se volvieron a fabricar los lanzadores *Atlas*, *Delta* y *Titan*, que volvieron a ser los preferidos para cargas medias y pequeñas (y el *Titan* tuvo dos fallos en los siguientes años, a la vez que Arianespace ganaba cada vez más prestigio). Pero se desecharon los proyectos de equipar los orbitadores con asientos o cabina eyectables.

La lección del *Titanic* no parecen haberla estudiado quienes más y mejor deberían haberlo hecho.

## HACIENDO EQUILIBRIOS CON TONELADAS DE LÍQUIDOS MORTALES

Esa comisión no tenía los datos de otro accidente con algún grado de similitud que había sucedido en el lado soviético en julio de 1968, en los primeros ensayos del cohete *Proton* (otro de los mejores diseños soviéticos de todos los tiempos), cuando unos días antes del lanzamiento estalló el depósito de oxígeno líquido de la segunda etapa matando a un técnico. La causa fue una excesiva presión del combustible y un incorrecto tarado de las válvulas de seguridad.

Pero, descontando la muerte del técnico, lo peor no fue la explosión, sino que esto reventó el cohete a media altura y la etapa superior se desplomó sobre la torre, donde quedó apoyada en un precario equilibrio y cargada de cinco toneladas de keroseno, tonelada y media del combustible sólido del cohete de emergencia de la punta, otro tanto de combustibles hipergólicos de los cohetes de posición, y diversos otros elementos de ignición además de veinticinco kilogramos de explosivos previstos para no dejarles a los norteamericanos nada que espiar si la nave caía fuera del territorio soviético. Y todo eso se balanceaba al borde del abismo sobre una primera etapa cargada de cientos de toneladas de combustibles hipergólicos. Espeluznante.

Los soviéticos tardaron varias semanas y, en todo momento, tuvieron que jugar con los centros de masas de lo que iban quitando y lo que iban dejando, para no alterar el milagroso equilibrio de lo que quedaba: no podían quitar algo de la derecha sin quitar algo del mismo peso del lado izquierdo, porque entonces se les caía todo al suelo.

Sugiero que, quien no sepa, aprenda a jugar al Mikado, un juego que consiste en soltar un puñado de palitos sobre una mesa y luego irlos retirando de uno en uno. ¿Trivial? ¡Para nada! Porque la única regla dice que si al sacar un palito se mueve algún otro, pierdes el turno y, en la práctica, resulta bastante difícil y gana quien tiene más paciencia y unos nervios muy templados. Algo así tuvieron que hacer los técnicos que desmontaron aquel cohete *Proton*.

## **LAS SAGAS FAMILIARES**

De todas formas, como demostración de que cuando las cosas se hacen bien no hay que volverlas a tocar en mucho tiempo, a la hora de escribir estas líneas ha despegado de Cabo Cañaveral el *Ares I*, el primer cohete «clásico» de la NASA de nuevo diseño desde que el *Saturn V* se dejó de fabricar. Es un cohete de última generación, con una altura de casi cien metros (enorme) y un precio que es apenas una fracción de lo que costaría hoy el *Saturn V*.

Es de combustible sólido y no es que utilice unos segmentos «como» los de los cohetes auxiliares del transbordador espacial (con las juntas toroidales revisadas tras el accidente que provocaron), sino que utiliza «los» propios segmentos reutilizables del transbordador. De hecho, ese lanzamiento del *Ares I* incluía uno de los segmentos que se utilizaron en el del primer lanzamiento del transbordador en 1981 y en total han sido cuarenta y ocho misiones las que cada segmento de ese primer *Ares I* ha formado parte de algún lanzamiento de la lanzadera espacial.

Otro detalle curioso del *Ares I*: la segunda etapa es un cohete de combustible líquido que se llama *J-2*. ¿Nos suena? Sí, el *J-1* era el que formaba aquella tercera etapa del *Saturn V* que se encendía y apagaba varias veces para terminar de enviar al Módulo de mando y al de alunizaje hasta la Luna. Este otro es de la misma familia.

Las cosas no son malas ni buenas, sino que están mal o bien hechas o mejor o peor utilizadas y, muchas veces, la diferencia es apenas una cuestión de matiz en un elemento irrelevante; pero como acabamos de ver y vamos a volver a ver a continuación, cuando se hacen las cosas bien duran muchos años.

## **VERSIÓN SOVIÉTICA: AUTOMÁTICO Y MÁS POTENTE**

Para terminar este capítulo, vamos a mencionar un mérito relativo del



transbordador norteamericano: fue la última vez que hicieron a los soviéticos perder el tiempo y los recursos que necesitaban en otras áreas de su industria dedicándolos a un proyecto espacial absurdo.

Porque los soviéticos, preocupados por la posible ventaja de los norteamericanos con su transbordador espacial reutilizable, desarrollaron algo equivalente: el *Buran*, aunque ellos lo llamaban *MKS*.

Y, siguiendo la tradición, podía levantar veinticinco toneladas frente a las veinte de los norteamericanos, podía traer de vuelta desde la órbita veinte toneladas frente a las quince de los norteamericanos, podía volar sin tripulación, tenía un coeficiente de planeo de 6,5 (es decir, planeando avanzaba 6,5 metros por cada metro que bajaba) frente al de 5,5 de los norteamericanos... Todo lo hacía mejor, e incluso hicieron mucho mejor lo de retirarse a tiempo tras evaluar todo el sistema y llegar a la conclusión de que era tirar el dinero.

De todas formas, para dejar las cosas claras, llegó a volar en 1988: un espectacular lanzamiento, dos órbitas y un aterrizaje perfecto totalmente automático.

El presidente Boris Yeltsin suspendió el programa en 1993 y los diversos prototipos, varios de ellos a escala 1:1, se repartieron por museos y parques temáticos de todo el mundo. Pero el *Buran*, el ejemplar que llegó a volar, junto con una maqueta del cohete *Energía* que lo había puesto en órbita y que era un lanzador completamente reutilizable, se almacenaron en un enorme local de Baikonur que en 2002, por falta de mantenimiento, se derrumbó destruyendo el magnífico cacharro.

## Capítulo 39. *Mir*

Los soviéticos aprovecharon el bajón moral de los norteamericanos tras el primer accidente de la lanzadera para marcarse un nuevo tanto a su favor y escribir la que quizá sea su mejor página en el espacio: la *Mir*.

Las plazas de «Primeros en la Luna» estaban ya todas ocupadas y los soviéticos encontraron un nicho publicitario bastante decente a la hora de dar de comer a la maquinaria de la propaganda: la ciencia. Y, a la voz de «no estamos interesados en ir a un sitio al que se le puede sacar poco provecho: hay mucho más que hacer en la órbita de la Tierra», lanzaron un programa bastante sólido y sensato que desembocaba en el montaje y explotación de una estación espacial a la que llamaron «Paz» o, por decirlo en ruso, «*Mir*».

### UNA DE AFICIONADOS QUE VAN DE EXCURSIÓN

Los intentos norteamericanos de devolver el golpe fueron patéticos: lanzaron el *Skylab*, un apresurado aprovechamiento de la carcasa de parte de uno de los últimos cohetes *Saturn V*, a la que se llena de instrumentación, se le ponen paneles solares para que tenga energía a largo plazo y, una vez arriba, se le busca utilidad.

El *Skylab* fue lanzado en 1973, con serios problemas porque perdió varias piezas en el proceso de despegue y se quedó sin el escudo que lo protegía de los meteoritos y del sol (y, por tanto, se recalentaba). Perdió también uno de sus dos paneles solares, con lo que ofrecía un aspecto asimétrico y extraño en las fotos. Y, lo más trascendente, le faltaba energía eléctrica, pues los

problemas con el panel antimeteoritos también impidieron el correcto despliegue del panel disponible para obtenerla.

Sólo tres tripulaciones ocuparon el *Skylab*, y la primera de ellas, unos días después de su lanzamiento en mayo, sólo hizo labores de reparación de los daños del lanzamiento, poniendo una capota sobre la parte dañada y dejándola atada a las antenas y sensores próximos.



El Skylab, con un panel solar de menos y una capota de lona

Hubo quien recordó la premisa bajo la que se diseñó el Citroën 2CV, un cochecillo glorioso que respondía a la descripción de «Cuatro ruedas bajo un paraguas». Aquel «Dos caballos» también tenía una capota de lona y unos intermitentes (al principio, pero con el tiempo se cambiaron por otros más normales) que se levantaban como un bracito por los lados. Ese coche fue un gran diseño, para su época y su precio, pero en el *Skylab* no podían ser virtudes las características de un coche barato destinado a zonas rurales de la

posguerra centroeuropea.

En cuanto a las otras dos tripulaciones, que estuvieron ese mismo año, por mucho que declarasen éxitos y parabienes de las respectivas misiones, la realidad es que la parte sustancial (y confidencial) de sus informes hablaba de limitaciones, carencias, averías y muy escasas posibilidades de hacer ciencia en el *Skylab*. Cuando la segunda de las tripulaciones «de trabajo» bajó a la Tierra el 8 de febrero de 1974, ya se tenía decidido dejar morir la estación.

Se esperaba que el transbordador espacial entraría en servicio a tiempo de bajar el *Skylab* desde la órbita, pero el primer desastre achacable al transbordador (ya hemos visto alguno en páginas anteriores y veremos más después) fue el retraso de su puesta en servicio, que afectó al *Skylab* al estar en órbita baja y sin mantenimiento (léase: impulsos frecuentes que elevasen la órbita) y terminó cayendo en julio de 1979.

El *Skylab*, con un panel solar de menos y una «capota de lona», cayó sobre Australia, y su muy significativo epitafio es la multa que el Gobierno australiano impuso a la NASA por «arrojar basura en una zona pública».

¡Basura! Amén.

## **ARMAS EN EL ESPACIO**

Los soviéticos lo planificaron a lo grande y con tanta buena ingeniería aplicada al diseño (además de sin prisas) que una nave prevista para funcionar cinco años terminó haciéndolo durante trece y, en sus últimos tiempos, alojaba con regularidad incluso astronautas norteamericanos, que subían para hacer allí sus experimentos e investigaciones y que pagaban por ello a sus otrora rivales.

Los soviéticos, en unos años en los que ante la falta de vuelos norteamericanos «el espacio era suyo» en exclusiva (el *Apollo* era ya sólo historia y el transbordador todavía iba de un retraso a otro), empezaron con las *Salyut*, unas naves no mucho más ambiciosas que el *Skylab*, pero que no tuvieron tantos problemas pese a que alguna se perdió durante el lanzamiento y el accidente de Dobrovolsky, Volkov y Patsayev sucedió cuando volvían de

un vuelo regular a la *Salyut 1* en el que habían batido el récord de permanencia en el espacio, aunque descubriendo uno de los problemas de más difícil solución allí: la convivencia, pues Volkov fue un astronauta problemático desde el principio, no obedeció las órdenes en más de una ocasión y sus enfrentamientos con Dobrovolsky, su superior jerárquico en esa misión, le habrían provocado serias consecuencias disciplinarias a la vuelta. Sin embargo, no volvieron con vida.

Algunas naves que a Occidente se le dijo que eran como *Salyut* eran en realidad del modelo *Almaz* y el cambio de nombre quería decir que las *Almaz* eran estaciones militares, y las únicas en la historia que han llevado armas al espacio. Se desestimaron, pero no porque fuera ridículo subir un cañón sin retroceso a la órbita por si se acercaban los capitalistas a asaltarles e invadir la nave por abordaje (ese era el planteamiento, por lo visto), sino porque se llegó a la conclusión de que era más eficaz llevar a cabo las labores de fotografía y espionaje por medio de satélites automáticos. Luego se firmó un rimbombante protocolo internacional en el que todos se comprometían a no llevar armas al espacio.

## **LA MIR COMIENZA SU LARGA SINGLADURA**

La última *Salyut*, la *Salyut 7*, todavía estaba operativa cuando la *Mir* se lanzó, y la primera tripulación de la *Mir* hizo una excursión a la *Salyut 7* para hacer reparaciones y recoger equipos para aprovecharlos en la *Mir*: de momento es el único caso de una nave (la *Soyuz 15*) que hace transbordo entre otras dos naves en órbita. Un curioso avance de aquella *Salyut 7* es que fue la primera que incorporó ventanillas para que entrase radiación ultravioleta que matase los gérmenes que terminaban proliferando en su ambiente cerrado y, de paso, que la tripulación simplemente «viera» el exterior.

Con las enseñanzas de las *Salyut* bien asimiladas, la *Mir* fue puesta en órbita a partir de febrero de 1986. Lo de «a partir de» hay que entenderlo en el sentido de que en esa fecha se puso en órbita el «primero» de sus módulos,

y a él se fueron acoplando diversos elementos que le proporcionaban más espacio interior, más instrumentación, más paneles solares, más comodidad, etc. El resultado final fue una nave de aspecto caótico, pero que era, para quien sabía ver más allá de las imágenes, una joya de la ingeniería que orbitaba a más de trescientos kilómetros de altura (lejos de la atmósfera superior, era una órbita muy estable, pero también requería «empujoncitos» de vez en cuando) y que era visible a simple vista cada par de horas, sobre todo al anochecer y antes de amanecer.

Durante trece años era el premio gordo de los astrónomos aficionados conseguir enfocar un telescopio hacia el cielo en una noche de verano y que se colase la *Mir* en el campo de visión. Si se tenían los reflejos y habilidad para seguirla unos minutos era un espectáculo inolvidable ver su despliegue de paneles, cilindros y antenas: era un hermoso monumento a la investigación y a la ingeniería.



La *Mir*. Se puede apreciar en la parte «superior» la nave *Soyuz* de guardia. El *Spektr* es el módulo de más a la izquierda.

Pero no estuvo libre de problemas. De hecho, como la mayoría de los problemas se acumularon en unos meses muy concretos a partir de 1997, decir *Mir* llegó a ser sinónimo de fuente de averías y de la madre de todas las chapuzas, pero hay que aceptar que las averías llegaron mucho después de su

fecha de caducidad y que, cuando se arreglaron, quedó de nuevo casi por completo operativa.

Cuando en marzo de 2001 estrellaron sus ciento veinticuatro toneladas en el Pacífico, se perdía una nave que funcionaba y cuyo único problema serio era que los presupuestos necesarios para mantenerla en órbita se destinaron a acelerar la puesta en servicio de su sucesora, la ISS.

Pero vamos con sus problemas, alguno de los cuales estuvo a punto de convertirse en tragedia.

Ya hemos dicho que todo fue bien, salvo problemas menores, durante sus primeros once años de existencia, hasta 1997, cuando había más que duplicado el tiempo de funcionamiento previsto en el diseño, en que la situación era de facto la de una estación rusa (ya no soviética) pagada en parte por los norteamericanos, los cuales a cambio tenían allí alojamiento para un astronauta de la NASA que disponía de ciertas facilidades para utilizar los laboratorios en algunos experimentos: un «realquilado con derecho a cocina».

El astronauta norteamericano residente solía responder, si hacemos caso a los comentarios que los rusos hacían después, al arquetipo de «huésped de pago», a veces incluso algo exigente en cuanto a las comodidades a bordo, poco dispuesto a ayudar en las tareas domésticas (la *Mir* no tenía un servicio externo de limpieza por horas, por ejemplo, y los rusos solían ser los que trabajaban para tener todo en orden) y, sobre todo, con la proverbialmente escasa facilidad para los idiomas de los que hablan inglés desde pequeños.

## **FUEGO A BORDO**

El 23 de febrero de 1997 la tripulación la formaban los rusos Alexandr Lazutkin y Vasili Tsibliyev, con el norteamericano Michael Linenger. Pocos días después de comenzar su período de residencia en la *Mir*, y al cambiar uno de los cartuchos de perclorato de litio (que liberan oxígeno), este se puso a arder y la voz «fuego» (siempre temible, pero mucho más en un lugar cerrado y muchísimo más en el espacio) hizo que fueran a buscar los

extintores que no habían sido necesarios hasta entonces en más de diez años; los primeros que encontraron estaban aún en la pared fijados todavía desde el lanzamiento, y de una manera que no hubo forma de desprenderlos. Fueron a por otros y los cogieron, pero la humareda iba llenando la estación y el fuego se negaba a apagarse. Echaron una toalla y se inflamó enviando trozos que volaban y ardían por todo el módulo.

Como parte del diseño de la *Mir*, siempre estaba atracada en alguna de sus esclusas al menos una cápsula de evacuación, una sólida y fiable *Soyuz* prevista como escape de emergencia. En ese momento había dos disponibles<sup>[38]</sup>. Se da por tanto la orden de ir a las *Soyuz*, pero la que está lista para salir se encuentra detrás de la zona del incendio. Los sudores empiezan a ser «fríos». Las comunicaciones con tierra, siempre limitadas en las naves soviéticas, ahora además fallan. El metal se recalienta y temen una descompresión brusca, ya que hay gotas de material plástico fundido flotando en la ingravidez.

Al usar los extintores comprueban que en el espacio se expande el contenido de modo esférico, y no son dirigibles con facilidad, pues su propio retroceso mueve al astronauta hacia atrás de formas difíciles de predecir, y manejarlos con una sola mano los hace mucho más imprecisos. Refrigeran con ellos las paredes para evitar lo peor y tras catorce minutos, cuando el fuego se apaga, hay humo y cenizas por toda la estación aunque no se aprecian averías críticas.

Se ha perdido un punto de alojamiento de los cartuchos de perclorato y hay cables quemados alrededor, pero el resto está bien. Tienen que usar máscaras de oxígeno durante dos horas y media hasta que los filtros aclaran el aire, pero las molestias respiratorias siguen bastante tiempo y los astronautas sufren pequeñas quemaduras.

El mayor problema proviene del hecho de que, como acababan de llegar en un vuelo regular, el siguiente vuelo de aprovisionamiento estaba previsto para muchas semanas después, y es muy complicado acelerar la preparación de esos vuelos. No se prevé posible recibir ayuda, herramientas y repuestos antes de abril.

El 2 de marzo falla un equipo Elektron (que regenera oxígeno). Y el día 5



falla el otro. Hay que esperar un mes para los recambios y sobrevivir con lo que hay. Se pusieron ventiladores para distribuir el oxígeno, y entretanto se vio que el fallo del cartucho que había provocado el accidente era por un trozo de guante que se había quedado dentro durante el proceso de fabricación y empaquetado del mismo en tierra: la degradación de la URSS había hecho que todo el sistema de calidad se resintiera.

El 4 de abril fallan los equipos de absorción de CO<sub>2</sub>. Después falla la calefacción y la refrigeración, y la humedad empieza a condensarse en la estación de modo visible. Para acabar la lista de problemas se estropea el retrete el 13 de abril y hay que guardar las excreciones en bolsas.

Los repuestos llegan en un vuelo automático en una nave *Progress*, otra de las joyas del programa espacial soviético, capaces de despegar y acoplarse a la *Mir* (o a donde se les diga) sin intervención humana. Es una modificación de la *Soyuz* en la que la ausencia de astronautas se aprovecha para poner depósitos de combustibles, agua, etcétera.

## UN RESPIRO

El 17 de mayo llega una buena cantidad de carga en la *Atlantis* y con ella Michael Foale, americano, pero que no es como los otros. Sabe ruso por encima del nivel básico y, con gran extrañeza de todos, está dispuesto a trabajar en el mantenimiento de la nave, no sólo en lo suyo, aunque sea «huésped de pago».

A esas alturas ya habían arreglado la mayor parte de las averías con los repuestos recibidos, pero todavía la humedad se condensa en gotas cada vez mayores y se embolsan cuando es posible para aliviar los desperdicios volantes. Hay que buscar el refrigerante que con el tiempo se ha ido escapando también y es tóxico aunque no se vea, por lo que desmontan cada panel y tras ellos encuentran el agua, refrigerante y cualquier vapor perdido, lo que obliga a un trabajo de limpieza enormemente laborioso.

Los que tengan un acuario en casa tienen un problema parecido al que estaban sufriendo en la *Mir*: era un entorno cerrado en el que la

contaminación producida por el incendio no se había ido a ninguna parte e iba estropeando todos los sistemas relacionados con el aire de a bordo. Lo mismo pasa en el acuario, en el que cada gramo de lo que sea que se mete en el sistema, allí se queda hasta que se cambia el agua del acuario. Por cierto, sucede lo mismo, aunque a gran escala, con la Tierra en su conjunto: la contaminación atmosférica no se va a ninguna parte y ya han empezado a notarse sus efectos.

## COLISIÓN EN EL ESPACIO

El 25 de junio llegaba una *Progress* de abastecimiento pero que, por diversas razones (ahorro, ganas de experimentar, etc.), debe ser dirigida manualmente pues no llevaba montado un radar ucraniano imprescindible para la maniobra automática.

Para la última fase de la aproximación, los tres habitantes de la *Mir* están en la ventanilla desde la que se controla el proceso: Vasili Tsibliyev al mando, controlando el encendido de los cohetes de maniobra de la *Progress*, y los otros dos mirando con interés. Es de imaginar que no había muchas distracciones a bordo.

En las últimas fases de la aproximación parece ser que la *Progress* no estaba visible desde la ventanilla de la *Mir*, quizá detrás de algún panel solar. El caso es que para cuando la ven está mucho más cerca de lo que se esperaban y, mientras creían que estaba demasiado lejos, le habían imprimido bastante velocidad. A partir de ahí empiezan las emociones fuertes.

Hay muchas versiones de lo que sucedió en los siguientes segundos, y están todas mediatizadas por patriotismos, distintas maneras de entender el periodismo e intentos de salvar la carrera profesional de cada uno en las declaraciones a sus jefes y a los periódicos de sus respectivos países.

Pero parece fuera de toda duda que en el momento más inoportuno, el norteamericano Michael Foale pasó por detrás de Vasili en el siempre estrecho espacio disponible, y con la torpeza añadida de moverse en la ingravidez y pensando en otra cosa: parece que le rozó en el codo. Si esa

rozadura fue la que desencadenó el desastre o, como figura en otras versiones, Foale se movió cuando vio que la maniobra estaba saliendo mal y estaban en peligro, ya es historia.

El caso es que lo único que Tsibliyev consiguió in extremis fue desviar un poco la *Progress*, con lo que colisiona con el módulo *Spektr* y provoca un escape de aire. La reacción inmediata es cerrar la escotilla del *Spektr* para que no se pierda todo el aire de la estación espacial. Por supuesto, también está la opción de desalojar la *Mir* en la *Soyuz* de emergencia, y también hay trajes espaciales, pero lo primero es casi dar por perdida la nave y lo segundo ya comentamos que es un proceso complejo y para nada compatible con la urgencia de no asfixiarse (y sin olvidarse de la *Progress*, que todavía podía dar más disgustos a la deriva por los alrededores).

Pero al tratar de cerrar la escotilla se encontraron con un grave inconveniente: la *Spektr* era uno de los últimos añadidos a la *Mir* y, aparte de más espacio e instrumentos para la observación de la atmósfera por sus espectros de absorción (*Spektr* significa ‘espectro’ en ruso), le aportaba una parte importante de la energía eléctrica disponible gracias a sus grandes paneles solares; lo malo es que ese aporte energético lo hacía con unos cables que pasaban a través del hueco de la escotilla.

No es momento para andarse con contemplaciones y los astronautas cortan los cables y cierran la escotilla casi a oscuras, porque con ello se ha perdido electricidad. En el bajón de energía, la estación espacial pierde la orientación y los demás paneles solares también dejan de funcionar.

Hay que parar el movimiento errático, para lo que realizan intentos ayudados por los propulsores de la cápsula *Soyuz*, y tras varias tentativas fallidas logran orientarla, que las baterías se recarguen y la *Mir* se reactive. Vuelve la paz (*Mir*) a la estación.

Pero durante la emergencia Vasili Tsibliyev sufrió problemas de corazón y fue sustituido en el mando por Michael Foale. También se ha dicho que en esas tensas horas el enfrentamiento entre unos y otros alcanzó cotas nunca antes vistas en el espacio, pero eso sólo lo saben ellos y, con el tiempo, las declaraciones oficiales reconocieron que por encima de todo se seguían manteniendo un aprecio personal del que sólo nace entre los que han

compartido momentos de peligro que han superado unidos.

El 7 de julio otra *Progress*, esta vez sí automática, llega a la estación con más repuestos y suministros.

## **TODAVÍA PODÍAN FALLAR MÁS COSAS... Y SEGUIR EN MARCHA**

Al final todo parecía hundirse cuando el ordenador de a bordo se negó a trabajar adecuadamente, pero ni por esas abandonaban la estación. El problema era que entonces los ordenadores no eran omnipresentes como hoy, y que además era un ordenador ruso, del que ya no se fabricaban unidades. Finalmente encontraron en un museo un hermano gemelo del mismo y lo subieron en la siguiente operación de mantenimiento.

Se pasaron nuevos cables, se trabajó en el exterior de la estación para tratar (sin éxito) de reparar los daños en la cubierta, y se recuperó la mayor parte de la operatividad exterior, excepto el módulo *Spektr*, cuyo interior, cumplidos ya la mayor parte de los objetivos de su instrumentación, era casi nada más que la «habitación» donde dormía el astronauta norteamericano, que perdió sus objetos personales en el accidente.

El 14 de agosto hubo cambio de tripulación y en el regreso de los tripulantes sustituidos los retrocohetes fallaron, por lo que no fue un aterrizaje suave, aunque lo pudieron contar.

Pero todo esto ocurrió más de cinco años después del fin de la vida útil de la *Mir*, y es que nadie en su momento pensó que pudiera aguantar tanto (y menos teniendo en cuenta los problemas que soportó).

## **LOS VIEJOS ROCKEROS NUNCA MUEREN**

Después de esa mala racha todavía siguió operando varios años y viendo pasar tripulaciones (y turistas) por sus escotillas.

Una de las anécdotas curiosas de la *Mir* es que alguno de los tripulantes

había subido con una nacionalidad y bajó con otra pues durante su estancia desapareció la Unión Soviética. Pero dice mucho de la profesionalidad y solidez de las personas e instituciones involucradas en esos momentos en el programa espacial soviético-ruso-kazajo (los últimos mantenimientos se lanzaban desde Kazajistán, una de las repúblicas ex soviéticas en Asia Central, donde está Baikonur, el principal cosmódromo civil), que en esos convulsos momentos en que la historia se retorció de forma a veces caótica alrededor de sus vidas y sus familias no descuidaron en ningún instante el mantenimiento de la *Mir*.

Finalmente, cuando el 23 de marzo de 2001 se precipitó en el Pacífico, se perdió una nave que hasta el último momento había estado colaborando con los ingenieros, los cuales, en las últimas órbitas, se dedicaban a orientar sus paneles solares de cara o de canto frente al avance para aumentar o disminuir la fricción con la alta atmósfera y afinar al máximo el punto de caída, una zona en la que con tiempo de antelación se había restringido la navegación.

Esta vez circularon infinitas tonterías (ya existía internet) acerca de que iba a caer en mitad de París (un famoso peluquero hizo las maletas y se fue, eso sí, con mucha publicidad) y predicciones de que su descenso/advenimiento iba a provocar el fin del mundo.

Al menos nadie les puso una multa a los rusos por tirar «basura».

## Capítulo 40. *Columbia*

La *Mir* empezó su andadura poco después del accidente del *Challenger* y, poco después de terminarla, se produjo el siguiente accidente grave de un transbordador espacial: el *Columbia* se estrelló sobre Texas durante la maniobra de reentrada el 1 de febrero de 2003, treinta y seis años y unos pocos días después del incendio del *Apollo I* y diecisiete años y tres días después del accidente del *Challenger*. Parece que los últimos días de enero eran nefastos para la NASA.

Porque, aunque el *Columbia* se estrelló el 1 de febrero, el accidente era absolutamente inevitable desde su despegue, el 16 de enero, y bastante probable desde que se diseñó en el siglo anterior.

### **AL MAL TIEMPO... NO TODO ES PONER BUENA CARA**

Al igual que en el caso del *Challenger*, el frío tuvo algo que ver, pero en este caso el frío extremo en el que se mantenían el oxígeno y el hidrógeno líquidos del tanque principal, cerca de los doscientos grados centígrados bajo cero.

Pensemos por un momento en lo que significa tener durante muchas horas cientos de toneladas de un líquido tan frío en un tanque de forma aerodinámica en la torre de lanzamiento: se necesita un aislante muy bueno y muy grueso para que aquello no se caliente con demasiada rapidez, pero, además, al cabo de unas horas es inevitable que la superficie exterior esté helada (por decirlo de forma suave).

En el despegue de aquella misión, llamada STS-107, algunos trozos de aislante del gigantesco depósito de combustible se desprendieron, congelados como estaban, con las vibraciones y la fuerza del viento al alcanzar velocidad durante la ascensión. Ya había pasado antes, y no se le dio demasiada importancia aunque, en la tradición de que «pase lo que pase, siempre hay alguien que resulta que lo veía venir», hay todo un dossier de mensajes y advertencias de algunos técnicos al respecto, porque en las imágenes del despegue parecía que un trozo notoriamente grande golpeaba el ala izquierda del orbitador.

Incluso se hicieron peticiones internas de utilizar los telescopios más avanzados para intentar ver el estado del ala, pero la propia NASA las desestimó porque los telescopios eran sistemas militares y no estaba muy claro que fuese imprescindible comprobar que no había habido daños, como siempre había resultado en los anteriores despegues. Llegó a haber alguna reunión para discutir la posibilidad de que el ala estuviese dañada cerca del pozo del tren de aterrizaje y que eso pudiese ocasionar la explosión del tren de aterrizaje (ruedas, amortiguadores y sistemas hidráulicos son elementos con gases y líquidos a presión y que, por lo tanto, pueden explotar) y la rotura del ala, pero finalmente el informe que se dio a la dirección de la NASA fue que no se esperaban problemas en el aterrizaje.

Además, algo parecido había sucedido en el vuelo STS-27 del *Atlantis* y no pasó nada grave, pero fue porque el agujero del revestimiento se produjo en una zona en la que detrás había una gruesa placa de aluminio. Pura suerte.

Parece que la epidemia de exceso de confianza seguía causando estragos entre la dirección de la NASA.

El caso es que, aunque hubieran visto claro el problema, tampoco se podía hacer nada para evitar la catástrofe, porque no había disponibles cohetes tripulados (salvo que se pidiera el favor a los rusos, que tampoco estaban sobrados de recursos y no tendrían ninguna nave lista para partir) y uno de los problemas de la lanzadera espacial es que se tarda meses en preparar un lanzamiento.

Los sistemas de eyección y otros se habían desestimado mucho antes a favor de mayores inversiones en seguridad de los vuelos en su conjunto: en

vez de poner botes salvavidas, decidieron que lo que había que hacer era asegurarse de que no habría nunca naufragios. Quizá debería proyectarse un ciclo de películas sobre el *Titanic* con regularidad en las salas de reuniones en las que se discuten los diseños de nuevas naves. ¿Que ya lo habíamos dicho? Sí, pero por lo visto hay que insistir en ello.

El caso es que, incluso, durante el segundo día en la órbita detectaron que algo se alejaba del orbitador. Más adelante se llegó a la conclusión de que la imagen radar de lo que fuese que se alejaba era muy parecida a la que daría una loseta térmica desprendida; pero eso se comprobó después de la catástrofe. Cuando empezaron las maniobras para la vuelta a la Tierra todo era rutinario: ninguna alarma, ninguna advertencia.

En la fase más crítica de la reentrada, con el *Columbia* presentando la panza hacia el sentido de avance y con la proa muy elevada, la atmósfera empieza a frenar la nave cada vez con mayor fuerza y, en esa frenada, cambia la energía del movimiento de la nave en energía térmica que pone al rojo las losetas que protegen la panza de la nave. En un coche sucede el mismo fenómeno: cambiamos velocidad por calor, que calienta los frenos. Sólo que en un coche los discos alcanzan unos cientos de grados y en la reentrada desde la órbita la temperatura de las losetas no se mide en cientos de grados sino en miles.

En teoría, si falta alguna loseta no debería ser demasiado grave, pero es probable que faltasen varias en la zona en la que la espuma de poliuretano del aislante del tanque principal golpeó el borde del ala izquierda, porque los instrumentos detectaron allí un rápido aumento de temperatura.

Esa zona estaba muy cerca del tren de aterrizaje, y la primera alarma provino de la noticia de que una rueda de ese lado se había deshinchado, lo cual era ya un serio problema. A la vez, la nave empezó a balancearse (un ala sube a la vez que otra baja) y a girar (la proa apunta a un lado y a otro), pero segundos antes de las ocho de la mañana (hora de Houston), cuando todavía los pilotos estaban discutiendo con el control de la misión sobre la alarma de la rueda, se cortó la comunicación.

La nave debió de hacer un movimiento más fuerte de lo debido en alguna dirección y el control automático fue incapaz de mantener la posición con el



escudo protector por delante de la marcha: el golpe aerodinámico subsiguiente debió destruir el *Columbia* en muy pocos segundos.

## **ES MUY FÁCIL PREDECIR EL TIEMPO QUE VA A HACER... AYER**

Sus restos se esparcieron por varios estados, pero sobre todo por Texas. En la investigación del accidente se hicieron los deberes mucho mejor, y alguien realizó cálculos sobre lo que el trozo de espuma de poliuretano pudo hacer. Resulta que, analizando las imágenes del despegue, las medidas debían ser de unos 60 por 40 cm de superficie con un grosor de 5 cm y un peso total de casi un kilogramo (y helado, después de una noche fresca y húmeda). Cuando hicieron los cálculos con detalle llegaron a la conclusión de que en ese momento del despegue la nave se movía a más de 900 km/h y, a esa velocidad, el trozo de espuma pudo golpear el borde de ataque del ala con una fuerza equivalente a una tonelada.

Por poner un ejemplo fácil de comprender, una bala de pistola no pesa más allá de unas decenas de gramos, como mucho, pero a la velocidad con la que sale disparada penetra en cualquier material como si alguien pusiese cientos o miles de kilogramos sobre ella para hacerla romper el blanco. Aquel trozo de poliuretano estaba lanzado a una velocidad parecida a la de algunas balas de cañón y pesaba casi un kilogramo.

Con toda probabilidad eso fue suficiente para hacer un agujero considerable que días después, en la reentrada, dejase penetrar el calor en el ala con la energía de un gigantesco soplete y por fusión de los materiales, o explosión de los amortiguadores y mecanismos hidráulicos del tren de aterrizaje, fuese la causa de una rotura de la propia ala y de la catástrofe subsiguiente.

Desde entonces, los transbordadores espaciales realizaron después del despegue una minuciosa inspección de las losetas con una cámara teledirigida que mira la panza del orbitador, pero habrían seguido sin poder hacer nada (útil) si hubiesen descubierto que estaban deterioradas o desaparecidas,

porque seguía sin haber una vía de escape y, con cada nueva administración tratando de bajar los impuestos y mantener los gastos militares, cada vez se cancelaban más y más programas de desarrollo. Era como esas personas que tienen la tensión alta y se la miden todas las semanas pero no hacen nada por bajarla.

Era como si los sucesores del *Titanic* hiciesen en cada viaje un censo minucioso de los pasajeros y los botes disponibles, pero no aumentasen el número de botes para que cupiesen todos los pasajeros.

Un epílogo curioso de esta catástrofe: en las semanas siguientes se recopiló todo el material que se pudo encontrar por los miles de kilómetros cuadrados en los que se esparcieron los restos de la nave, y entre todo ello había varias cajas y contenedores que habían conservado la forma original con éxito diverso; entre ellas, se encontró el recipiente que contenía unos gusanos que se habían llevado a la órbita como parte de un experimento en el que estudiaban los efectos de ingravidez y radiación en sus tejidos. Los gusanos, después de una brutal frenada aerodinámica, después de estar a las temperaturas de la alta atmósfera y después de caer libremente desde decenas de kilómetros de altura, estaban vivos. Por desgracia no fue así para los siete astronautas.

## **CHINA MISTERIOSA**

En esos mismos años el programa espacial chino empezó a producir sus primeros resultados públicos, basados en tecnología propia porque ni norteamericanos ni soviéticos, rusos o europeos han colaborado con ellos de forma significativa, y con un secretismo tan severo que incluso hoy en día es difícil documentar ni siquiera sus accidentes.

Y los han tenido; han sido varios. En 1978, 1992, 1994, 1995 y 1996 al menos han tenido accidentes conocidos y con muchas víctimas, pero hasta ahora casi todas esas víctimas han sido debidas a la caída de los lanzadores sobre zonas habitadas de los alrededores en la fase del despegue. Poco más se puede decir aparte de que los chinos no han encontrado una zona de

lanzamiento despoblada.

El secretismo es tan feroz que incluso el accidente de 1995 parece que fue causado por un problema de conexión entre el satélite y el lanzador, problema que tenía su origen en que los responsables del lanzamiento no habían proporcionado a los fabricantes del satélite más que una información general de las características del lanzador porque el satélite era occidental.

Con esas prácticas se entiende que China, una potencia creciente en la economía mundial, no tenga un lugar equivalente en el mercado de lanzamientos de satélites comerciales y en el siglo XX sólo haya lanzado menos de treinta satélites comerciales no chinos (y en lo que va de XXI sigue sin levantar cabeza, para satisfacción de rusos, europeos y norteamericanos).

## Capítulo 41. Los telescopios con gafas

Los telescopios están ligados a la carrera espacial de muchas maneras y, al igual que el resto de equipos ultrasofisticados involucrados en cualquier rama de la alta tecnología, sus defectos y problemas son a la vez espectaculares y muy didácticos. Vamos con los casos más aleccionadores.

### LA DECEPCIONANTE PUESTA EN MARCHA DEL HUBBLE

Una de las cargas más valiosas que la lanzadera espacial ha puesto en órbita ha sido el telescopio espacial Hubble y, a la vez, los problemas de la lanzadera han sido en la mayor parte de su vida activa uno de los mayores problemas del propio telescopio que, sin embargo, con lo que ya ha hecho, ha cambiado nuestra visión del espacio para siempre.

La lanzadera lo sacó de la atmósfera en abril de 1990, y para que tuviese una órbita estable y libre de escombros espaciales, lo levantó hasta unos seiscientos kilómetros de la superficie de la Tierra. Desde entonces, sólo la lanzadera ha sido capaz de alcanzar esa altura, pero durante largos períodos de tiempo, a veces durante años, no ha sido capaz de cumplir con sus misiones, por ejemplo tras la catástrofe del *Columbia*, y eso ha influido muy negativamente en el rendimiento que se le ha podido sacar a uno de los instrumentos científicos más famosos del mundo.

Ese ha sido «uno de los mayores problemas», pero no «el» problema que tuvo el telescopio, un problema que ilustra como pocos lo importante que es hacer las cosas bien.

El telescopio es, sobre todo, un espejo de 2,4 metros de diámetro que concentra la luz en un punto en el que se pueden colocar diversos instrumentos para medir/fotografiar el universo en distintas formas: luz visible, infrarrojo, ultravioleta, gran angular, espacio profundo, etc. Pero lo fundamental es el espejo: es lo que define el telescopio. De hecho el resto de elementos del Hubble (instrumentos, giróscopos, electrónica, paneles solares...) se han cambiado en algún momento de su vida, pero el espejo principal ni siquiera es físicamente posible sacarlo sin bajar el telescopio entero a la Tierra y desarmar el Hubble hasta su penúltimo tornillo. Y cuando lo pusieron en órbita con sus once toneladas de peso e hicieron las primeras fotos, descubrieron con gran vergüenza que «el espejo estaba mal hecho».

Lo dijeron con las palabras lo más técnicas que encontraron, dijeron que era un problema de «aberración esférica»; pero se dijera como se dijera, estaba mal hecho: todas las fotos salían desenfocadas.

## **Una cuestión de puntos de vista**

Cuando se sabe lo que se busca es casi siempre muy fácil encontrar el fallo; el mérito es cuando no se sabe si hay un fallo y se intenta encontrar «todos los posibles» fallos. Pero esta vez sabían qué buscar y lo encontraron: el espejo se había fabricado, afinado y comprobado en la Tierra, donde hay bastante aire, lo cual para respirar nos parece muy oportuno pero para afinar la curvatura de un espejo como el del Hubble presenta un pequeño inconveniente: no tiene el mismo índice de refracción que el vacío.

Cuantitativamente es un problema muy pequeño, minúsculo: el índice de refracción de la luz en la atmósfera es muy parecido a 1,0059 y se suele asumir que es 1, como en el vacío, porque la atmósfera se calienta, se enfría, tiene corrientes de aire, etc., y con todo ello las variaciones son mucho mayores que ese 0,59% que diferencia su índice de refracción en reposo del que tiene el vacío.

De hecho esa variabilidad de la atmósfera es lo que hace atractivo gastarse la fortuna que cuesta sacar un telescopio al espacio. Podemos

entender el punto de vista de los astrónomos si comparamos nuestra visión del mundo con la que tendríamos si mirásemos el paisaje desde el punto de vista de un pez en el fondo de un estanque con olas pues así es como se ven las estrellas cuando se afina mucho en la observación: oscilantes; resulta imposible enfocarlas bien durante más de un instante.

Pero la propuesta de comparar la situación con cómo vemos las cosas desde debajo del agua es muy oportuna también por otra razón: debajo del agua los peces se ven bien unos a otros y enfocan perfectamente el fondo (al menos no se han quejado), pero nosotros vemos las cosas desenfocadas porque el agua tiene un índice de refracción distinto al del aire y nuestros ojos, evolucionados para ver en el aire, nos muestran en consecuencia todo muy desenfocado bajo el agua.

Eso es lo que le estaba pasando al Hubble: veía desenfocado porque se había calculado «y ajustado» su curvatura en la superficie terrestre, con aire. Una vergüenza.

Lo curioso es que no es el primer gran telescopio que tiene problemas, ni es tampoco el segundo: es como mínimo el tercer gran fiasco de la astronomía.

## **EL TELESCOPIO HALE DE MONTE PALOMAR**

Desde que lo inauguraron en 1947 y prácticamente hasta que el Hubble abrió su compuerta al universo en 1990, la mejor forma de mirar más allá de nuestro planeta era el telescopio Hale, construido en la cima del Monte Palomar a mil setecientos metros de altitud y a unos ochenta kilómetros al norte de San Diego.

Más de cuarenta años en la cima de la tecnología es mucho; y si pensamos en la infinita cantidad de adelantos técnicos que se consiguieron en esos años, el hecho de que en los años ochenta, en un área de la ciencia, cuando se necesitase la mejor herramienta hubiese que ponerse a la cola de la larga lista de solicitantes del limitado tiempo de observación de un aparato diseñado medio siglo atrás, era como para quitarse el sombrero con

reverencia ante quienes lo hubiesen construido.

## **Una cuestión de categorías**

Sin embargo, para quienes conocían los entresijos de la historia, más bien historieta, de la construcción de aquel aparato, al pasar por delante de la foto de George Ellery Hale, su constructor, el gesto tenía unos claros matices de enfado con él, porque «no» construyó el mejor telescopio que estaba a su alcance sino que por fobias personales y en medio de su largo enfrentamiento con George Willis Ritchey lo planeó con una curvatura parabólica, pese a que para entonces estaba claramente establecido el hecho de que la curvatura hiperbólica era superior y su única desventaja era que esa técnica de construcción de telescopios era mérito de Ritchey.

Y es que Hale era hijo de un rico industrial de Chicago que, tras leer a Julio Verne, decidió que él quería un telescopio enorme. Mientras, Ritchey era alguien que cultivaba una finca de limoneros y antes de conocer a Hale y trabajar en su equipo había sido carpintero y fabricante de óptica.

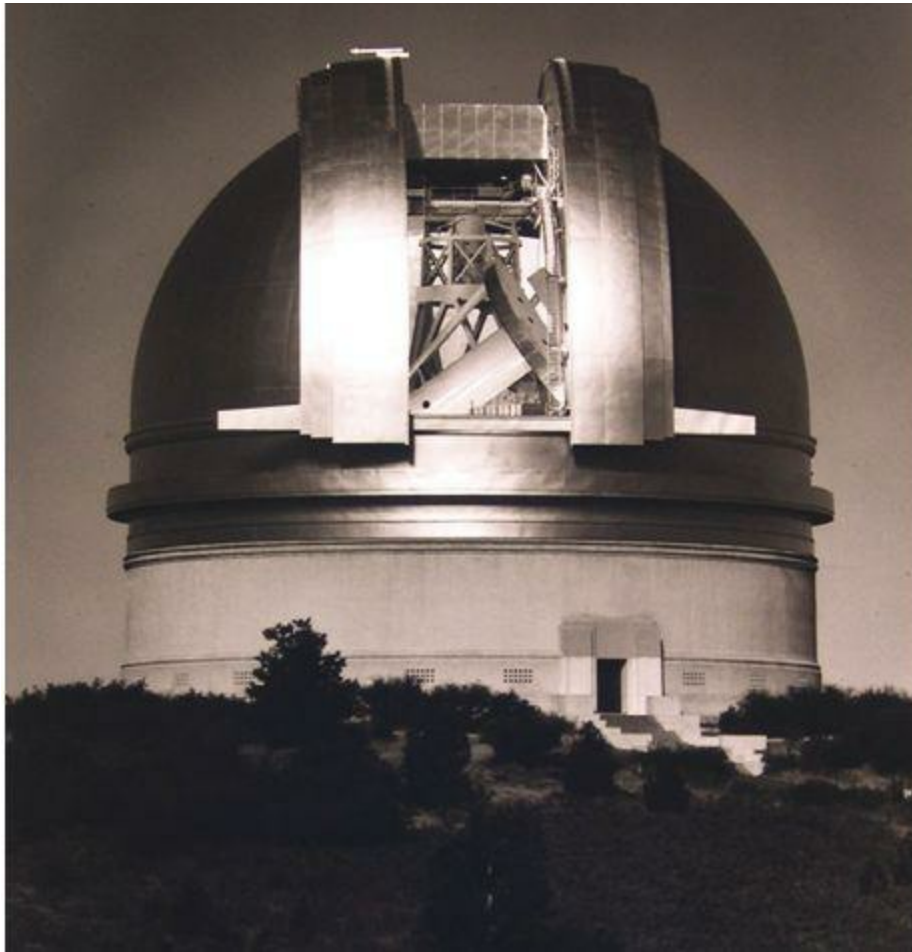
Ritchey trabajó durante muchos años para Hale puliendo los espejos cada vez más grandes para los que Hale encontraba subvenciones, actividad en la que era al menos tan bueno como observando estrellas y extrayendo su espectro, que es por lo que obtuvo la gloria.

Pero su relación personal siempre fue en exceso jerárquica, considerando los científicos que Ritchey, pese a fabricar maravillas ópticas y realizar ocasionalmente fotografías astronómicas de calidad igual o superior a las de los astrónomos oficiales, no era más que un «técnico», incluso un arribista que debía todo lo que sabía a su accidental proximidad a los verdaderos custodios de la sabiduría.

En la segunda década del siglo XX se separaron sus caminos y, mientras Ritchey volvía a cuidar sus limoneros y diseñaba junto a Henri Chretien los primeros telescopios de curvatura hiperbólica, que están en el origen de todos los telescopios actuales, o publicaba las ideas que hoy se utilizan en los telescopios segmentados, Hale siguió buscando dinero para construir otros

telescopios más y más grandes.

En 1928 ya tenía presupuesto suficiente para su gran obra y en 1931 encargó un disco de vidrio Pyrex de cinco metros de diámetro. Para que nos hagamos una idea de lo que construir ese vidrio significó, hay que darse cuenta de que pesaba veinte toneladas y que tardó ocho meses en enfriarse. Lo pulieron durante cuatro años en Pasadena, pero bajo las órdenes de Hale se hizo sin seguir los últimos avances publicados sobre óptica y astronomía, porque eran avances firmados por Ritchey.



En 1938 pasaron un par de cosas. Una es que el espejo se terminó de pulir, la otra fue que Hale murió sin ver rematada su obra, pero dejando el espejo terminado e intocable. La Segunda Guerra Mundial detuvo los trabajos, pero en 1947 se publicaron las primeras fotos obtenidas con el instrumento terminado al que se dio el lógico nombre de telescopio Hale.



Sus imágenes eran lo mejor del mundo en ese momento y se emprendió la vasta tarea de fotografiar un mapa de todo el cielo visible desde Monte Palomar, catálogo que hoy en día es en extremo valioso, dado que se puede acudir a él cuando hay que comprobar cualquier cosa que haya cambiado en el cielo desde mediados del siglo XX hasta hoy. Además, es un instrumento que ha trabajado casi cada noche clara de California, con una interminable lista de solicitudes para utilizarlo, y ha ido incorporando todos los avances que en estos últimos cincuenta años se han producido, que no han sido pocos; excepto la curvatura de su espejo, decretada en los años veinte como parabólica. Sus imágenes no son las mejores posibles, pero hasta que el Hubble abrió su compuerta, no había nada que lo superase.

No obstante, sí que hubo otro telescopio más grande que el Hale. No mejor, pero sí más grande.

## **EL BTA 6000 EN ZELENCHUKSKAYA**

En el caso de los soviéticos, enfadados porque los americanos tenían desde 1947 en telescopio Hale de Monte Palomar, de cinco metros, decidieron que ellos también tendrían un telescopio gigante. Y tardaron, pero en 1976 inauguraron en Zelenchukskaya, en el Cáucaso, uno de seis metros de abertura, el BTA 6000.

### **Una cuestión de tamaños**

Lo malo es que la curvatura del espejo tenía fallos que hicieron que la calidad de sus resultados fuera inferior a otros de la mitad de diámetro (pero bien contruidos). Tampoco el sitio era el mejor, ya que la zona sufría frecuentes tormentas y la calidad del aire dejaba mucho que desear.

Lo original fue que le dotaron de montura altazimutal, con lo que el soporte se redujo de tamaño, y necesitaba ser guiado por ordenador, lo que en su momento fue revolucionario, aunque tanto la montura como el guiado

automático fueron habituales desde entonces, y con el tiempo hasta en telescopios de aficionado.

Pero aunque era «el más grande», que de eso se trataba, pasó (y pasa) con pena y sin gloria por la historia, descarrilado por cuestiones políticas cuando en el fondo era un buen equipo, aunque no tan bueno como debía, y con problemas de financiación tan graves que (según las malas lenguas) llevaban a que los astrónomos se agenciaran película occidental de contrabando para hacer las mejores fotos.

Dicen que la historia se repite primero como tragedia y después como farsa, y aquí parece que se cumplió, pues si uno nació de la peor manera posible, aunque fue el mejor telescopio durante mucho tiempo, los soviéticos lograron que el patinazo norteamericano quedara olvidado al lograr un patinazo mayor aún.

Aunque lo del Hubble...

## **EL HUBBLE REDIVIVO**

En el caso del Hubble, afortunadamente, el problema era tan sólo técnico, no había política ni cabezonería en ello, y se resolvió casi al cien por cien aplicando al caso unas buenas neuronas y bastante dinero.

### **Era cuestión de gafas**

A la postre se resolvió igual que se resuelven los problemas de visión en la superficie terrestre: poniéndole unas gafas. Bajo el agua nos basta con ponernos unas gafas muy sencillas, con un cristal plano, pero que guardan aire en su interior: así nuestros ojos están en contacto con «aire» y su índice de refracción nos permite ver correctamente. Pero llenar de aire el Hubble era más que complicado, porque no estaba pensado para ser estanco, así que había que buscar otra solución.

Se le añadieron unas lentes correctoras en el camino de las imágenes,

antes de llegar al primer instrumento y, de paso, se le corrigió otro defecto de curvatura muy ligero que se detectó en el largo tiempo transcurrido entre que se puso en marcha el telescopio y se pudo enviar una lanzadera espacial con los elementos que corregían el defecto.

En una nave espacial nunca sobra sitio, y para añadir esas gafas hubo que sacrificar el fotómetro de alta velocidad para poner en su lugar el COSTAR, que es el instrumento que arreglaba el problema. Desde entonces, los nuevos instrumentos de observación que se han subido a la órbita han llegado con una óptica que ya incorporaba las correcciones necesarias para evitar la famosa aberración esférica y así el COSTAR se aparta y no está en medio de la mayoría de las observaciones, con lo que la pequeña pérdida de luz que implica siempre el uso de gafas ha dejado de ser problema.

El principal de los instrumentos a cambiar en aquella primera misión tenía el tamaño de un piano de cola y había que manejarlo en la ingravidez: fueron momentos emocionantes. Y ya puestos, siempre hay que cambiar los aparatos que se han quedado viejos por otros nuevos y mejores, las baterías, las cámaras CCD (que es el sensor electrónico que capta las imágenes, semejante a la retina humana, y es un campo en el que los avances son continuos: no hay más que fijarse en los escaparates de las tiendas de fotografía de unas navidades a otras), añadir combustible para las maniobras que precisa el telescopio y darle un empujoncito para mantenerlo en órbita alta (con el tiempo hasta una cantidad despreciable de aire frena lo que haya a cualquier altura y baja un poco la órbita). En otras palabras, una revisión y puesta a punto.

Más adelante, el telescopio ha tenido problemas con los paneles solares (en una renovación de los equipos uno de ellos no se desplegó a la primera y quedó torcido) y, sobre todo, con los giróscopos, imprescindibles para una correcta y vital buena orientación del instrumento. El telescopio tiene varios giróscopos utilizables y para una operación normal no hace falta que funcionen todos, pero en alguna ocasión ha estado a punto de perder hasta el último de ellos y quedarse no operativo, con el agravante de que sería muy difícil de rescatar si se empezaba a mover de forma caótica.

Pero como decíamos, los transbordadores espaciales han sido, para el

Hubble, como esos malos servicios de mantenimiento que nunca atienden las llamadas y cuando quedan en venir nos dan plantón y se retrasan casi siempre; en el caso del Hubble a veces varios meses y en una ocasión más de un año (para cuando llegó estaba a punto de fallar el último de los giróscopos que permitían la aproximación del transbordador).

Es más que posible que el fin del Hubble no tenga nada que ver con problemas propios sino con la falta de lanzaderas disponibles para hacerle el «cambio de aceite» a tiempo. Actualmente estamos en la duda, ya que dentro de pocos años hay que hacerle una operación de mantenimiento de nuevo y los supertelescopios espaciales que iban a heredar su trono no han pasado de la mesa de diseño.

El tiempo dirá. Lo cierto es que su historia es clásica: muchas esperanzas, una gran decepción, resolver el problema, disfrutar la solución y nuevas ideas que llevan a tener que decidir abandonar a medio o largo plazo y cambiarlo por algo mejor cuando sea posible. Pero mientras, el Hubble nos ha proporcionado algunas fotos realmente espléndidas.

## Capítulo 42. Sondas a Venus y Marte

Las ideas de cada persona le pueden ocasionar problemas en su trabajo y, cuando hablamos de avances tecnológicos, pueden llegar a ser problemas de interés público, como fue el caso de Hale y Ritchey; pero hay más y de cierto empaque.

Los creadores de la primera bomba atómica tuvieron serios problemas de conciencia entre su pacifismo personal y su (¿racional?) convicción de que esa bomba era necesaria para conseguir «antes» la paz.

Otros científicos han tenido serias dudas respecto a lo que deberían hacer con sus descubrimientos, que se oponían, a veces frontalmente, a sus creencias religiosas. Un ejemplo señero es el del propio Charles Darwin, que habiendo vuelto de su viaje en el *Beagle* en 1836, demoró la divulgación de sus revolucionarias conclusiones hasta 1859, veintitrés años después, y todavía lo hizo casi a regañadientes, espoleado por la noticia de que Alfred Wallace iba a publicar una variante de las mismas ideas. Quizá preveía el tremendo conflicto que ocasionaría en la Iglesia, en cuyo seno había realizado estudios para ser clérigo.

Pero estos notables ejemplos tienen el halo de dignidad que les proporciona la esfera de las convicciones personales.

### CUESTIÓN DE ALFABETIZACIÓN

Al siguiente ejemplo le falta esa dignidad, pues vamos a hablar del *Mars Climate Orbiter* y de los problemas que puede ocasionar pensar en millas,

libras, pulgadas y grados Fahrenheit mientras se trabaja en kilómetros, kilogramos, centímetros y grados centígrados<sup>[39]</sup>.

Pero, además, el *Mars Climate Orbiter* no supuso el único accidente que ocurrió en Marte en esos días, pues debía formar equipo con el resto de sondas y naves enviadas a Marte, en particular con la *Mars Polar Lander*, que debía posarse en la superficie marciana unos días antes de la llegada del *Mars Climate Orbiter* y que, en cambio, dejó de emitir a la hora en que debía llegar a la superficie. La suposición más común es que se estrelló con violencia por alguna razón, quizá porque llegó a alguna zona escarpada en la que no era posible posarse de ninguna manera. Se han enfocado al posible «lugar de los hechos» las cámaras de los siguientes orbitadores, pero a la hora de escribir estas líneas todavía no habían localizado el punto en el que se estrelló (quizá está cubierto de hielo) y, por lo tanto, no hay más información acerca del final del *Mars Polar Lander*.

De lo que le pasó al *Mars Climate Orbiter* sí sabemos bastante: debía llegar a la atmósfera marciana a más de ciento cuarenta kilómetros de altura para una maniobra de frenado aerodinámico, camino de entrar en órbita sin gastar mucho combustible de retrocohetes (solución elegante, barata y muy lucida; si sale bien), pero entró a sólo cincuenta y siete kilómetros de la superficie, se encontró una atmósfera mucho más densa de lo que tenía previsto y la sonda se destrozó en el choque de forma inevitable.

Fue el momento de recordar que los técnicos de control de la misión llevaban todo el año que duraba el viaje mencionando que esa sonda necesitaba más correcciones de trayectoria que ninguna otra, y que habían propuesto una reunión para tratar el asunto, reunión que sus superiores no llegaron a convocar. Luego dijeron que no la habían convocado porque no les habían hecho una solicitud formal. ¿Está la NASA dirigida por técnicos o por burócratas? Mucho nos tememos que la respuesta es obvia.

Cuando por fin se reunieron para averiguar por qué se había estrellado un proyecto de tantos millones de dólares, enseguida saltó la chispa: los técnicos creían que las órdenes las entendía la sonda en medidas sajonas (libras, pulgadas, etc.) y la sonda, en cambio, estaba preparada para trabajar en el sistema métrico decimal. En otras palabras, cuando los técnicos enviaban la

orden de encender un cohete de posición durante diez segundos con un empuje de veinticinco libras, el obediente *Mars Climate Orbiter* encendía el correspondiente cohete durante diez segundos con un empuje de veinticinco kilos. Por supuesto, eso era más del doble de la fuerza requerida y se desviaba en ese sentido más de lo planeado. Unos días después se detectaba la desviación (cuando está tan lejos se tarda en medir, en comprobar y en estar seguro de dónde está la sonda y de cuánta corrección necesita), se aplicaba una corrección en sentido contrario al anterior, pero también en una cantidad errónea. La nave iba haciendo eses, lo cual, en el espacio, es sólo gracioso, pero en las maniobras de frenado atmosférico, cuando hay que acertar en un blanco muy estrecho, se estrelló.

## EN TODAS PARTES CUECEN HABAS

Por el lado soviético también hubo uno de esos fallos que dejan a todo el mundo callado, la sala de reuniones en silencio y a uno o dos de los presentes muy colorados y sudando copiosamente.

También fue en una de esas correcciones de trayectoria, en la sonda *Fobos 1*. En esas maniobras, la nave puede perder la alineación de la antena de comunicaciones y hay que planificar con mucho cuidado el realineamiento de la antena porque ha de hacerse «en un momento en que la nave está incomunicada» y, si no sale bien a la primera, no hay forma de transmitir instrucciones a la nave para intentarlo de otra forma. De hecho se suele hacer al revés: se coloca la antena en la posición adecuada para «después» de la maniobra y a continuación se efectúa la maniobra. Lo malo es cuando la maniobra no da el resultado previsto, y es lo que le pasó a la *Fobos 1* el 2 de septiembre de 1988, cuando después de un par de meses de vuelo se le dio una orden equivocada de maniobra, con un «-» donde debería haber ido un «+» y se desactivaron los motores que deberían haber reorientado la nave con la antena apuntando de nuevo hacia la Tierra; de paso, los paneles solares también perdieron la orientación hacia el Sol «y la nave se apagó». Y no escuchó ninguna otra orden.

Una antena mal orientada puede recibir algo a condición de que le sea radiado con mucha más potencia: los sordos oyen cuando se les grita o cuando se sube el volumen de la televisión, para desgracia de sus vecinos. Pero si la nave está apagada, da igual lo que le grites o si utilizas antenas de cientos de metros de diámetro: se acabó la *Fobos 1*.

Lo más triste es que estaba preparada una nueva versión de los programas de control de la sonda, con una función específicamente prevista para detectar un error como ese e impedirlo, pero para cambiar el programa, que estaba grabado en una memoria fija, una ROM «soldada» a la placa para ahorrar peso, pues no se dispuso un conector al que se pudiera enchufar fácilmente un circuito integrado (algo habitual en los ordenadores pero raro en las naves espaciales, donde hay que ahorrar peso), había que cambiar toda la computadora y para eso había que volver a bajar la sonda del cohete en el que ya estaba colocada. Pero no daba tiempo antes del lanzamiento porque el momento en el que se puede lanzar algo hacia Marte son unas escasas horas propicias que sólo se dan cada dos años.

En otras palabras: otra vez las prisas. Y para colmo el *Fobos 2* acumuló averías electrónicas que le impidieron también culminar sus misiones.

De hecho, la lista de sondas estrelladas en Marte o perdidas de maneras bastante imaginativas, tanto de norteamericanos como de soviéticos (y ahora rusos), es interminable y en casi todos los casos no se tiene ni idea de por qué sucedió.

La única heredera de la *Fobos*, la *Mars 96*, ni siquiera salió de la órbita de la Tierra porque el cohete lanzador la estrelló en los límites de Siberia y, desde las primeras *Viking* que se habían posado en Marte en 1976 hasta la siguiente misión a su superficie con éxito, la *Mars Pathfinder* en 1997, pasaron más de veinte años de fracasos «sistemáticos».

Por un tiempo la única opción sensata parecía que era la de señalar Marte como un punto negro del tráfico y sembrar los alrededores con señales de limitación de velocidad.

**Y SIGUE SIENDO ZONA PELIGROSA**



Ya entrado el siglo XXI, todavía la sonda rusa *Fobos-Grunt* sufrió un fallo del cohete lanzador y no consiguió en noviembre de 2010 escapar de la órbita terrestre; de hecho se quedó en una órbita baja y se estrelló frente a las costas de Chile unos meses después. Era, con sus cerca de quince toneladas, lo más grande que se había lanzado jamás hacia Marte, un ambicioso intento de posarse en su satélite *Fobos* y volver a la Tierra con unos kilogramos de minerales exóticos. Una pena.

Una pena y un sonrojo, pues los rusos sólo habían lanzado otra misión a marte, la *Mars 96*, que también había sido un sonoro fracaso. De hecho, uno de los retrasos de la misión *Fobos-Grunt* vino del hecho de que hubo que empezar por «restaurar» las estaciones de seguimiento que se construyeron para la *Mars 96*, que llevaban más de una década abandonadas.

Y para colmo, era un proyecto que abría esperanzas de cooperación internacional, en particular con los herméticos chinos, pues con la *Fobos-Grunt* viajaban dos sondas finlandesas y una china. Este último punto quizá tenga algo que ver con el fracaso de la misión, porque el exceso de peso ocasionado por la parte china de la nave es lo que hizo que, en lugar de los más que probados lanzadores *Soyuz*, se utilizase un *Zenit*, más potente pero no tan requeteprobado. El fallo, según el veredicto final, parece que provino de un reinicio imprevisto y simultáneo de los dos ordenadores de a bordo, que dejó la sonda en hibernación y sin iniciativa para encender los cohetes que la terminarían de sacar de la órbita terrestre.

Para ese reinicio se deben haber manejado suposiciones de lo más variopintas, porque la que al final han considerado «más probable» es la de que unas partículas pesadas vagando por el espacio chocaron con los sistemas electrónicos, les hicieron un lío y no salieron del pasmo. Podríamos creer que lo del diablillo cósmico con un destornillador era justo la siguiente suposición.

## **VENUS TAMPOCO ES UN PAISAJE BUCÓLICO**

La exploración de Venus fue igual o peor, pero al menos allí había una causa fácil de entender: una atmósfera pesadísima, con presiones equiparables a las de los fondos de algunos mares de la Tierra, corrientes de aire supersónicas que llevan, entre otras lindezas, ácido sulfúrico, aire de una temperatura ardiente hasta el punto de fundir algunos metales en la superficie. Las naves se freían, se espachurraban, se asaban, se corroían o se cocían antes de transmitir sólo una fracción de los datos previstos, y la primera nave (y última, de momento) que transmitió catorce fotos desde la superficie fue la *Venera 13*, nada menos que la 13, que sólo llegó a funcionar un par de horas en la superficie del planeta más parecido a la Tierra y, aun así, todo fueron elogios para los soviéticos por esa hazaña allá por marzo de 1981.

Los norteamericanos también lo intentaron, y tuvieron un gran éxito con la sonda *Magallanes*, que entre 1989 y 1994 estuvo en órbita sobre Venus y nos envió, entre otros resultados, un completísimo mapa de la superficie, además de infinidad de informaciones sobre la atmósfera y sobre el campo gravitatorio de Venus.

## PROBLEMAS GRAMATICALES

Pero antes de ese éxito tuvieron un fracaso en el camino hacia el planeta tormentoso y ardiente. Quizá se pueda ver como uno de tantos pero es un fracaso que nos parece digno de dedicarle unos párrafos, porque es un sonoro fallo tecnológico parecido a los que sufre cualquier usuario de un ordenador; con la diferencia de que en el espacio no siempre se puede volver a empezar desde el principio.

Si nosotros vemos estas dos líneas:

DO 5 I=1,3

DO 5 I=1 . 3

Y más si sabemos que tenemos que buscar un error, seguro que nos hemos dado cuenta de que en una línea hay una «,» mientras que en la otra hay un «.».

La primera línea era la «buena», era parte del código de programación

que debería haber ido en el ordenador de la sonda camino de Venus; la segunda es la que se envió erróneamente. Lo que pasa no es que quienes tenían que revisar el programa estuviesen ciegos, sino que esa línea, al llegar a un listado de FORTRAN, que es el lenguaje de programación en el que está escrita la orden a la computadora, desaparecen los blancos (en FORTRAN los blancos no pintan nada) y queda más parecido a:

```
DO 5 I=1,3
```

```
DO 5 I=1.3
```

Y eso no sólo es más difícil de ver, sino que significa algo en extremo diferente.

La primera línea quiere decir, en lenguaje de los mortales: «desde aquí a la línea etiquetada como “cinco”, ejecutas las siguientes instrucciones haciendo que, en ellas, la variable llamada “I” valga “uno” la primera vez, luego vuelves a ejecutarlo todo valiendo “dos” y, por último, todo otra vez valiendo “tres”; tras esa tercera pasada continuas con el resto del programa». Es lo que en programación de ordenadores se llama «bucle», un bucle de tipo «DO», y se hace para, por ejemplo, revisar consecutivamente los sensores «1», «2» y «3» y hacer lo mismo en cada uno.

La segunda línea, la errónea, hace algo muy distinto porque, al no encontrar la coma, el ordenador no interpreta que eso es el principio de un bucle de tipo «DO», sino que (recordemos que los blancos, en FORTRAN, no pintan nada) lo interpreta como:

```
DO5I=1.3
```

Y eso quiere decir: «a la variable que llamamos a partir de ahora “DO5I” le das el valor “uno coma tres”».

El comportamiento del programa es muy diferente: en el primer caso, ejecuta las siguientes instrucciones tres veces, con diferentes valores de «I», en el segundo, en cambio, lo ejecuta sólo una vez, con «I» valiendo cualquier cosa, probablemente «cero».

A simple vista no se ve el fallo pero, normalmente, el programa debería haber «cantado», debería haber funcionado mal de forma ostensible. Sin embargo no lo hizo, porque en las primeras cinco misiones norteamericanas a Venus lo que sea que hacía esa parte del programa no resultó necesaria o,

quizá, sólo hubo que ejecutarla una vez; por ejemplo: si lo de hacerlo tres veces era para reintentar tres veces encender el motor de posición y se encendía a la primera, estamos salvados, nadie notaba el fallo del programa. Pero en la sexta misión a Venus sí que resultó necesario el buen funcionamiento de esa parte del programa y la sonda pasó de largo sin llegar al planeta.

Cualquiera que, como los autores de estas páginas, haya trabajado en algún momento programando en cualquier lenguaje, sonreirá con comprensión, evocará los (muchos) momentos en los que uno de nuestros programas ha hecho algo gracioso o, al menos, sorprendente y luego silbará imaginando lo poco que le hubiese gustado estar en la piel del programador al que un día le apareció por la puerta un pez gordo que, con un viejo listado arrugado en la mano, venía trotando desde la reunión del comité encargado de la investigación del accidente a gritarle a alguien para no quedarse él solo con la bronca.

## Capítulo 43. *Voyager 2*

Después de hablar de la Luna, de Marte, de Venus, etc., parece que sólo queda ponerse solemne y recordar la frase de Buzz Lightyear, el protagonista de *Toy Story*, cuando dice lo de «Hasta el infinito y más allá». Pues el caso es que camino del infinito va la sonda *Voyager 2*, uno de los mayores éxitos de la exploración del espacio y, a la vez, todo un catálogo de averías que hacen más meritorios los resultados obtenidos.

Despegó de Cabo Cañaveral el 20 de agosto de 1977, unos días antes que su gemela, la *Voyager 1*, pero, a diferencia de esta, siguió una trayectoria algo más lenta, que le hizo llegar a Júpiter y Saturno después, pero que le permitió alargar el viaje a Urano y Neptuno y salir disparada del Sistema Solar para no volver jamás. Más de treinta años después de su partida todavía sigue funcionando y enviando valiosos datos sobre el entorno en que se mueve, ya fuera de la influencia del Sol.

¿Dónde está entonces el «desastre tecnológico»? La verdad es que no es un desastre, ni mucho menos, pero sí es cierto que en varias ocasiones lo bordeó y lo evitó, a veces sólo por los pelos.

### **SORDOMUDA**

El primer problema llegó durante el lanzamiento, cuando se detectó que uno de los dos equipos de radio estaba averiado. Bueno, para eso iban dos equipos de radio: se pasó a utilizar el de reserva.

El siguiente problema fue cuando no llegó a Tierra la confirmación del

despliegue de los instrumentos, que iban en unos brazos relativamente largos porque había que mantener lo más separados posible los sensibles instrumentos (que medían radiaciones) de la fuente de alimentación (una pila que obtenía la energía del plutonio radioactivo; de hecho una microcentral nuclear). Finalmente parecía que se habían desplegado, y era la señal de aviso lo que no había llegado bien.



Un problema lleva a otro y las dudas sobre el correcto despliegue de los instrumentos retrasó cuatro días el lanzamiento de la *Voyager 1* y, en medio del alboroto del lanzamiento de la nave gemela, a todos se les pasó por alto el momento de enviar a la *Voyager 2* la orden de activar la antena de alta ganancia, por lo que la nave siguió el viaje usando la de baja ganancia (lo que les obligaba a recibir los datos de la *Voyager* utilizando antenas gigantescas; por suerte esas antenas existían, aunque tenían mucho trabajo pendiente).

Esto se debía a que la sensibilidad de la electrónica del receptor estaba preparada para que le entrase alguna señal entre unos límites máximo y mínimo. Por debajo del mínimo no detectaba nada, por encima del máximo «hería su sensibilidad». Y, sin embargo, las diferencias de la señal desde sus primeros pasos cerca de la Tierra hasta cuando llegase a la órbita de Saturno y quizá más allá eran enormes, las cifras eran de muchos ceros, y no era fácil que algo trabajase bien en condiciones tan diferentes.

La antena de baja ganancia estaba calculada para las comunicaciones en la órbita de la Tierra y los primeros millones de kilómetros. Luego se activaba la antena de alta ganancia, que si se conectaba cerca de la Tierra y la señal que llegaba era muy fuerte, se salía de lo aceptable. Pero era necesario tener la antena de alta ganancia para cuando la *Voyager 2* estuviese lejos de la Tierra, y ponerle una electrónica que soportase tan diferentes potencias pesaba más que una antena de baja ganancia. De nuevo, una pena.

Se intentó revertir la situación y se consiguió pasar a emitir y recibir por la antena de alta ganancia, pero durante el proceso, emitiendo por antenas gigantes a una antena muy sensible, se sobrecargó la entrada del equipo de radio en algún momento y se fundió.

Recordemos que se estaba trabajando con el equipo de repuesto, porque en el lanzamiento se había estropeado el principal, de modo que la noticia era horrible. Pero si mirábamos con más cuidado, no era exactamente así: el equipo principal todavía funcionaba, pero muy mal, porque tenía un ancho de banda efectivo que era aproximadamente una milésima de lo previsto.

El ancho de banda no es el músico más grueso de una pequeña orquesta, sino una medida de cuántas frecuencias es capaz de recibir o emitir un equipo electrónico. Por ejemplo, nuestras radios de FM reciben las emisoras que están entre los 88 y los 108 megahercios (MHz); esos veinte megahercios son su ancho de banda y encontramos allí unas cuantas emisoras. Si el ancho de banda de nuestro receptor fuese sólo de 88 a 89 MHz, oiríamos menos emisoras, quizá ninguna.

La *Voyager 2*, con esa avería, tenía una capacidad de comunicarse de tan sólo una milésima de lo planeado. Imaginemos la cara que pondríamos si al recoger nuestro coche nuevo descubrimos que en lugar de ciento veinticinco caballos de potencia tiene sólo 0,125 (más o menos la potencia de un coche de juguete pequeño). Seguro que nos parecería insuficiente.

En el caso del receptor de la *Voyager 2*, el resultado es que sólo podía recibir comandos en una frecuencia tan precisa que había que medir constantemente cómo variaba su lugar en el espectro con el paso de los años, con los cambios de voltaje de la fuente de alimentación (que con el tiempo iba dando cada vez menos energía), con la temperatura y, aun con esas

precauciones, su capacidad de enviar y recibir información era mucho menor de lo previsto, con lo que había que empezar a enviarle las órdenes mucho antes y se tardaba mucho más en recibir los resultados.

Una infancia problemática la de la *Voyager 2* y, como con los hijos, no había más remedio que seguir así el resto de la misión: con una radio casi inservible y la otra peor aún. Con esos mimbres, los técnicos del Jet Propulsion Laboratory (que deben ser bastante buenos) tejieron un cesto de grandes descubrimientos científicos en los alrededores de Júpiter.

Allí llegaron, «detrás» de Júpiter en su avance por la órbita, con lo que el planeta gigante por excelencia (él solo tiene el 70% de la masa total del resto de los planetas) «tiró» de la sonda, la aceleró en su trayectoria y la *Voyager*, como una honda a la que hemos dado aún más velocidad, salió disparada a otra órbita aún más alejada: directo hacia Saturno. Esa maniobra no es sencilla. Por supuesto, hay que hacer muchos cálculos, pero además la posición de los planetas era en esos días especialmente favorable para ello y, de hecho, una configuración tan oportuna no se volverá a dar hasta mediados del siglo XXII.

Las posiciones de los planetas gigantes permitían alargar la misión de la *Voyager 2* incluso hacia Urano y Neptuno, pero ese era un comodín que los responsables de la NASA se guardaban hasta ver si merecía la pena o, en otras palabras, si los resultados eran exitosos y esos éxitos, adecuadamente publicados, les permitían encontrar subvenciones y presupuestos para seguir manteniendo el equipo de trabajo que controlaba la sonda. Si no, los técnicos se tendrían que buscar otros empleos y la sonda vagaría por el espacio en silencio.

## **ARTROSIS**

Por suerte para ellos, en estas misiones a los planetas exteriores, los viajes duran años y más años, con lo que no se suele trabajar con prisas y, en consecuencia, suelen hacerse las cosas bastante bien, como cuando se piensan y se preparan a conciencia. Porque justo al pasar a través de los anillos de



Saturno, se agarrotó el brazo que mueve la cámara de fotos, por lo que se movía más despacio de la cuenta. Desde la Tierra, los anillos de Saturno se ven espectaculares, pero están formados por polvo y piedrecillas separadas unas de otras muchos kilómetros, así que puede ser que alguna partícula se metiera en alguna parte del mecanismo.

El problema era importante, porque la misión estaba siendo un éxito y eso quería decir que se prolongaba, por lo menos, hasta Urano, y había que resolverlo antes de llegar allí pues, además, al llegar al séptimo planeta del Sistema Solar, iba a estar muy lejos del Sol y, como bien saben todos los fotógrafos, si hay poca luz hay que tener el objetivo abierto más tiempo. En el caso de Urano, había que hacer algunas fotos con una exposición tan larga que no sólo había que mantener quieta la cámara sino que había que ir la girando para que el satélite o el propio planeta no saliese movido.

Se planearon las maniobras de cada foto (el viaje de Saturno a Urano dura muchísimo tiempo) para que, ya que el brazo no podía moverse, la propia *Voyager* girase durante la foto y, muy importante, después volviese a ponerse en la posición correcta para que la antena volviese a apuntar hacia la Tierra. Todo ello se hizo utilizando en ocasiones los cohetes y gastando el combustible del depósito. Y no había gasolineras en la ruta.

## **AHORA PROBLEMAS MENTALES**

Cuando estaban haciendo prácticas de transmisión de datos con las últimas fotos de Saturno, empezaron a aparecer bandas llenas de errores: algo funcionaba mal; podían hacer fotos, pero no podían recibirlas bien en la Tierra.

Cuando las *Voyager* salieron de viaje no estaban desarrolladas las técnicas de compresión de datos que ahora nos resultan tan habituales que ni nos damos cuenta de que las estamos utilizando: el «mp3» es una técnica de compresión de sonidos, por ejemplo, y el «jpg» o «jpeg» es una de tantas técnicas de compresión de imágenes; pero ya hemos hablado de esas técnicas al tratar los desastres relacionados con los primeros escarceos de la televisión

de alta definición.

Para cuando las *Voyager*, en su largo viaje, pasaban por la estación de Saturno se reprogramaron sus ordenadores instalándoles desde la Tierra nuevas utilidades con las que enviaban las fotos ya comprimidas, lo cual, con las averiadas comunicaciones con las que había que hacer todo en el caso de la *Voyager 2*, era una gran ayuda que permitía durante el rápido paso en las proximidades del planeta recuperar cientos de fotos en lugar de sólo decenas. Pues parecía que esos programas estaban funcionando mal en el caso de la *Voyager 2*.

Hay pocas maneras de hacer las cosas bien y, en aquel caso, lo primero que se hizo fue reenviar los programas al ordenador de a bordo; como formatear el disco y reinstalar todo. Pero seguía funcionando igual de mal. Pese a la baja velocidad de transmisión disponible, se le pidió a la sonda que enviase todo lo que tenía en la memoria del ordenador (es posible que no lo hayamos expresado con el suficiente énfasis, pero esos viajes son muy largos) y se descubrió que había un punto de la memoria donde debería haber un «cero» y en su lugar seguía habiendo un «uno», incluso después de la reinstalación. Se sacó la conclusión de que algún rayo cósmico o algún diablillo alienígena (es más probable lo primero) había estropeado ese punto de la memoria y siempre iba a responder «uno», se lo preguntásemos como se lo preguntásemos, así es que los programadores se pusieron a hacer encaje de bolillos para preparar otra versión de esos mismos programas que en esa posición de la memoria tuviese un «uno». Y todos tan contentos.

Las fotos de Urano resultaron bastante sosas comparadas con las espectaculares imágenes de Júpiter y Saturno, pero llegaron perfectas a la Tierra y se aprobó la prolongación de la misión hasta Neptuno.

## **DORADA MADUREZ**

Parece que con ese incidente, la *Voyager 2* se cansó de ser una nave problemática, superó la adolescencia y entró en la edad adulta. Incluso cuando un operador se equivocó un día y le dio un comando que hacía

moverse el brazo de la cámara a una velocidad peligrosa para su estado de agarrotamiento. La sonda estaba a casi más de media hora-luz de distancia: el comando tardaba ese tiempo en llegar a la *Voyager 2* y otro tanto más tardó el técnico en saber si había roto algo o, mucho peor, si el comando había ocasionado que la nave se desorientase y perdiese para siempre el contacto con la Tierra... y que sus compañeros y él perdiesen el trabajo. Pero la buenaza de la *Voyager* obedeció el comando sin rechistar y, de paso, el brazo dejó de estar agarrotado (y seguro que la cara del técnico cambió de color pasando por toda la gama del arcoíris).

## **SIN DERECHO AL DESCANSO**

Después del paso por Neptuno, acelerando su velocidad como ya había hecho al pasar por Júpiter, por Saturno y por Urano, la trayectoria de la *Voyager 2* era la de alejarse para siempre del Sistema Solar.

A la hora de escribir estas líneas está a unas dieciséis horas-luz de la Tierra y ha salido a efectos físicos y prácticos de la influencia del Sol que, para ella, es tan sólo una más de las estrellas de su paisaje. La fuente de alimentación ha ido disminuyendo su potencia día a día y ahora apenas es suficiente para mantener las comunicaciones de forma esporádica y para encender los instrumentos de uno en uno, nunca dos a la vez, con el fin de seguir tomando medidas de las condiciones del espacio exterior.

A finales de 2006 algo funcionó mal en la transmisión de instrucciones a la sonda e interpretó erróneamente que encendiese los calentadores del magnetómetro, que estuvieron en marcha más de cuatro días y subieron la temperatura hasta ciento treinta grados centígrados, lo cual, en el frío extremo del espacio, es demasiado. No se ha podido diagnosticar con certeza si el magnetómetro se ha deteriorado.

El equipo de trabajo sigue existiendo aunque asignado a la misión de la *Voyager* sólo a tiempo parcial y, en cualquier caso, después de treinta años, la mayoría de los que asistieron al despegue están como mínimo jubilados.

Para emitir comandos a la sonda y recibir sus datos de altísimo interés

científico, se necesita utilizar los mayores radiotelescopios disponibles en la Tierra, los de la Red de Espacio Profundo (Deep-Space Network, DSN), que están asignados a muchas otras investigaciones, aunque intentan mantener el enlace con antenas de treinta y cuatro metros de diámetro durante dieciséis horas al día para la recepción de los datos que la *Voyager 2* envía de forma continua a ciento sesenta bits por segundo. Al menos una vez a la semana se garantiza la disponibilidad de antenas durante cuarenta y ocho segundos para enviar datos e instrucciones a la *Voyager 2* a 115 200 bits por segundo. Los datos sobre plasma galáctico se van grabando en la cinta que la sonda lleva a bordo y esta los transmite a la Tierra una vez cada seis meses, para lo que se apuntan a la *Voyager* antenas de setenta metros del DSN.

Y no se hace todo esto por un romántico impulso de cariño a una vieja nave: en 2011, desde una distancia superior a dieciocho mil millones de kilómetros (más de dieciséis horas-luz), sus datos (combinados con los de su nave gemela, que se aleja en otra dirección) han permitido detectar una estructura de burbujas magnéticas en el campo magnético de la Vía Láctea y observar por primera vez la luz en el espectro Lyman Alfa, imposible de observar en la cercanía del Sol. Se podrá así confirmar en qué puntos de la Vía Láctea están naciendo nuevas estrellas, según el equipo de la astrónoma Rosine Lallement del Observatorio de París, que ha analizado los datos de las sondas y que publicó sus resultados en la revista *Science*.

En la fecha de publicación de este libro perderá la posibilidad de realizar la maniobra de giro que hace cada dos meses para tomar las medidas de magnetismo en varias posiciones y así evitar que la magnetización de la propia sonda influya en los resultados. Le queda muy poca energía y se calcula que en 2020 será imposible que emita ningún dato más, aunque todavía le quedará en el depósito algo de hidracina, su combustible hipergólico de maniobra.

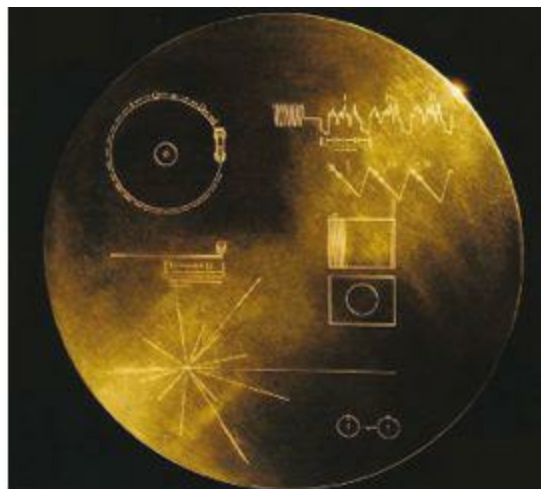
## **LARGA VIDA EN EL MÁS ALLÁ**

La sonda descansará después de más de cuarenta años de trabajo

ininterrumpido, pero su jubilación no tiene por qué ser el final de su vida útil pues, al igual que los jubilados son una inagotable fuente de recuerdos y experiencias, la *Voyager 2* porta atornillada a su chasis una placa de cobre dorado con información de la Tierra y de la humanidad que podría servir para que una civilización avanzada nos encuentre o, al menos, sepa de nuestra existencia. En ella se encuentran grabados en iconos los datos de unas cuantas estrellas pulsantes muy características y nuestra posición relativa respecto a ellas, así como grabaciones de sonidos e imágenes de la Tierra e incluso una muestra de uranio de extrema pureza y con un período de desintegración de varios millones de años, junto con los datos del estado en que salió de la Tierra, con lo que, si alguien la encuentra, siempre será posible saber el tiempo que la sonda lleva viajando.

Son extremadamente bajas las probabilidades de que dentro de unos cientos de miles de años aparezca por nuestra órbita una nave preguntando si somos nosotros los que enviamos la *Voyager 2* al espacio, pero hay un dicho muy antiguo que dice que «si el buey es lento, no importa, porque la Tierra es paciente». Y la *Voyager* tiene toda una eternidad por delante.

Lo que es seguro es que ninguna civilización nos multará por haberles enviado basura.



## Capítulo 44. *Galileo*

Esta sonda sí que era una joya de la tecnología. No se habían escatimado medios para dotarla de todo lo que pudiese necesitar: los sensores más avanzados, la cámara más sofisticada, reactores, una sonda auxiliar que se metería en la atmósfera de Júpiter para tomar aún más datos, etc. Compararla con las *Voyager*, que habían sido justo las anteriores visitantes de los planetas exteriores, era como comparar un Volkswagen Escarabajo clásico con un Bentley último modelo y bien repleto de extras.

Sin embargo, el resultado final fue parecido a cuando los chavales que iban en el coche sencillo con sólo las comodidades justas vuelven a casa contando que han llegado a Cabo Norte viendo todos los rincones de la ruta mientras que los que iban en el coche pesado y cómodo llegaron también, sí, pero se pasaron la mitad de las vacaciones con el coche en el taller y tuvieron que renunciar a un par de visitas de sitios muy bonitos por los retrasos de las averías.

### EJERCICIO DE PACIENCIA

Hay que reconocer que casi todos los problemas que sufrió la *Galileo* estuvieron causados por la tragedia del *Challenger* porque, cuando el transbordador sufrió su fatal accidente en enero de 1986, la sonda estaba ya en Cabo Cañaveral, terminada y empaquetada esperando su turno de salida en uno de los siguientes vuelos del transbordador. Se suspendieron los vuelos, no se sabía para cuánto tiempo, y ese verano un camión cargó a través de

toda América con la *Galileo* de vuelta a Pasadena, California, donde el Jet Propulsion Laboratory la había construido y la conservó hasta tener claro su futuro. Ese maldito viaje en camión dio mucho que hablar años después.

La seguridad de los transbordadores se repensó para mejor y alguien llegó a la conclusión de que el cohete con el que la *Galileo*, después de que el transbordador la dejase en órbita, iba a impulsarse hacia Júpiter (un cohete de hidrógeno líquido) era demasiado peligroso para llevarlo en la bodega de un carguero que acababa de estrellarse con siete tripulantes a bordo: había que ponerlo en órbita con un cohete convencional.

Pero los cohetes convencionales disponibles para los norteamericanos (todavía los soviéticos eran «el enemigo») no tenían tanta potencia como la que se necesitaba para sacarla hasta Júpiter (pesaba mucho), y el glorioso *Saturn V* era un recuerdo que hacía que cada vez que era mencionado en tono casual a los congresistas norteamericanos, estos echaran mano a su billetera para evitar que el representante de la NASA que había sacado el tema se la quitase en un descuido.

Al Jet Propulsion Laboratory sólo le dejaban meter en la bodega del *Atlantis* (el transbordador asignado para su puesta en órbita) los cohetes de combustible sólido de la sonda, claramente insuficientes para llegar a Júpiter. Para resolver el dilema los ingenieros aguzaron su ingenio, algo que a los del Jet Propulsion Laboratory no les debía faltar, e ingeniaron una trayectoria extravagante: «extra», porque era especialmente larga, y «vagante», porque vagaba de un lado a otro del Sistema Solar como quien está indeciso acerca del camino a seguir.

## COMIENZA EL BAILE

Cuando el 18 de octubre de 1989 (más o menos a la vez que la *Voyager 2* retrataba Neptuno en la culminación de su brillante trayectoria), la *Galileo* despegó del Centro Espacial Kennedy de Cabo Cañaveral, la sonda empezaba su viaje a los planetas exteriores dirigiéndose al «interior» del Sistema Solar, hacia Venus, al que se acercaba desde detrás (si tenemos en cuenta el sentido

de avance de Venus en su órbita). Pronto se vería atraída por el planeta y así tomaría impulso sin gastar combustible, lanzándose hacia la órbita de la Tierra, donde también aprovechaba para acelerarse<sup>[40]</sup>, pero no para salir por fin hacia los planetas exteriores, pues el ángulo de acercamiento se calculó para que de nuevo se dirigiese hacia el interior del Sistema Solar y, después dar otra vuelta al Sol como quien se agarra a una farola en un paso de baile que le vuelve a lanzar hacia donde venía, retornase de nuevo hacia la Tierra.

En el espacio no hay sonido, por mucho que las películas ingenuas pongan ruidos de «fissssssiiiiuuu» y «uommmmm» al paso de los cazas estelares, pero si hubiese sonido y lloviese un poco, lo de *Cantando bajo la lluvia* sería un buen fondo sonoro para esta parte del viaje y Gene Kelly un modelo de lo que la sonda *Galileo* estaba haciendo por el Sistema Solar, como si se agarrase a las farolas para girar y saltar de un lado a otro. El resultado es que de nuevo se acercaba a la Tierra por el lado de la órbita adecuado para tomar un nuevo, ecológico y definitivo impulso hacia Júpiter. Fue un viaje de seis años en total, de los que los tres primeros habían sido una especie de billar cósmico a tres bandas.

Esos primeros años no habían sido en balde, porque el excelente instrumental de la sonda se aprovechó al pasar por Venus y al pasar tras el Sol para tomar datos que grababa en una cinta magnética de algún gigabit de capacidad y, al pasar cerca de la Tierra, nos transmitía lo que había medido en los últimos meses. Y es que la *Galileo* tenía dos tipos de antenas: una grande, que viajaba plegada hasta que se necesitaba y otras dos mucho más pequeñas, que no necesitaban ser desplegadas y proporcionaban comunicaciones cuando estaba cerca de la Tierra.

El plan original era que en cuanto se ponía en órbita, se hacían las comprobaciones generales, se encendían los cohetes que le daban el impulso para llegar a destino y, superadas las vibraciones y apreturas del acelerón, se desplegaba la antena grande, con forma de paraguas, que aseguraba las comunicaciones incluso cuando la sonda estuviese tan lejos de la Tierra que nuestro planeta preferido fuese un punto apenas visible entre el fondo de estrellas: cuando estuviese en Júpiter.

Como se había pasado tres años más de lo inicialmente previsto



acercándose de vez en cuando a la Tierra, se siguió trabajando con la antena pequeña y se reservó la grande para cuando fuese imprescindible; mientras, no era problema guardar los datos en la cinta durante unos meses hasta pasar cerca de casa.

## **SI UN PARAGUAS NO SE ABRE, ES CUANDO EMPIEZA A LLOVER**

Lo malo vino cuando, ya en ruta hacia su destino, se dio a la sonda la orden de que por fin desplegara la antena principal, que se abría como un paraguas, y que no se abrió. A Gene Kelly sí que se le abría el paraguas, pero se mojaba de todas formas. En el caso de la *Galileo* no era una buena opción lo de seguir con el paraguas cerrado.

Se intentó de todas las maneras, creo que incluso le amenazaron con contar a la prensa cosas horribles de ella y exhibir en *Playboy* fotos de la sonda completamente desnuda, pero la antena no se desplegó. Así que vuelta a las mesas de reuniones, a las tormentas de ideas, a las ocurrencias, etc. La antena pequeña podía transmitir algo, sobre todo si desde la Tierra se apuntaban hacia ella los mejores radiotelescopios, pero su velocidad de transmisión efectiva en los momentos clave de la misión no pasaría de los cuarenta o cincuenta bits por segundo, frente a los ciento treinta y cuatro mil que hubiesen tenido con la antena principal.

Era muy poco, pero se podía hacer lo mismo que se había hecho en las primeras fases del vuelo: grabar en la cinta las mediciones y las fotos y transmitir las en los momentos en los que se pudiese. Con eso se salvaba una parte importante de la misión, entre un tercio y la mitad de las fotos y casi todas las medidas de magnetismo, ionización y campos eléctricos.

## **SALVANDO LO POSIBLE**

Aun así había momentos en los que tenía que moverse con agilidad, como

por ejemplo cuando se aproximaron a un asteroide, el Gaspra: debían tomarse fotos desde cierta distancia para afinar la trayectoria (eso sucedía entre el primer y el segundo acercamiento a la Tierra) y, sobre todo, programar las fotos que se hacían en el momento clave del encuentro para que apuntasen hacia donde estaba aquella roca solitaria y no un poquito más arriba o a la izquierda o a cualquier otro lado.

Al acercarse al segundo asteroide de su palmarés, el Ida, era espacialmente importante porque estaba más lejos y se tenían peores datos de posición del objetivo en las observaciones desde la Tierra. Para eso se había calculado que era necesario transmitir veinte fotos desde una determinada distancia, y con la antena pequeña sólo daba tiempo a enviar cinco.

Se resolvió, en parte, haciendo fotos movidas: se tenía el objetivo abierto mucho tiempo, las estrellas aparecían como rayas y el principio de la raya señalaba la posición que tenía la estrella en la «primera» foto mientras que el final nos daba la posición que hubiese tenido en la «segunda» foto; dos por el precio de una. Con eso y con la ayuda de los mayores telescopios de la Tierra, que apuntaron hacia el asteroide en esos días para tener los mejores datos posibles sobre su posición, se tuvo una cobertura más que decente de los datos del asteroide.

## **SE PUEDE TENER POCO, PERO INTERESANTE**

Las técnicas de ahorrar cada bit al transmitir llevaron a hacer una pre-transmisión de las fotografías: se hacían todas las fotografías posibles, se almacenaban en la cinta y, a la hora de transmitir las a la Tierra, sólo se emitía una línea de cada cien, por ejemplo. El resultado eran unas rayas que no llenaban, ni con mucho, la imagen, pero si eran todas negras, estaba claro que la foto era fallida: no había sacado nada interesante y no se transmitía o se transmitía sólo la parte de la foto en la que sí estaba el asteroide.

Después de pasar cerca del Ida, se siguió ese método pero, unos días después, alguien que se entretenía repasando las líneas de las fotos que no se habían transmitido completas descubrió un trozo de línea extrañamente gris a

cierta distancia de las líneas que delataban la posición del asteroide y pidió la transmisión completa de la foto. Cuando la recibió (ya sabemos que estos viajes duran mucho) se hizo uno de los descubrimientos más llamativos de la misión: el asteroide Ida tenía un satélite, al que se bautizó como Dactil y, como conclusión derivada, el método utilizado para ahorrar imágenes y transmisiones todavía podía dar muchas sorpresas.

Se mejoraron también los programas de tratamiento de datos, incluyendo las mejores técnicas de compresión de las imágenes disponibles en esos movidos días, con lo que en la práctica se multiplicó por diez la capacidad de transmisión. La utilización de más y mejores antenas en la Tierra aumentó los cuarenta bits iniciales que se podían sacar de aquella minúscula antena hasta cerca de mil bits por segundo. No era lo planificado originalmente, pero se podía salvar el honor y la mayor parte de la información.

## **SIEMPRE QUE HAY ALGO QUE FUNCIONA, PODEMOS IR A PEOR**

Desde el punto de vista científico, la misión de la *Galileo* fue un gran éxito pese a no conseguirse tantas imágenes como estaba previsto, pero desde el punto de vista técnico, todavía dio disgustos (y alegrías) a sus ingenieros.

Porque en un determinado momento, cuando la sonda ya estaba en las inmediaciones de Júpiter y el trasiego de datos e imágenes a la cinta y luego de la cinta a la antena era constante y vital, la cinta, de tipo casete, se averió: no se detuvo al final de un proceso de rebobinado y la frágil tirita de plástico magnético se soltó de uno de sus ejes. Era un problema muy grave que arrinconaba a los técnicos del Jet Propulsion Laboratory hasta límites próximos a la rendición incondicional.

Todavía quedaba algo de memoria utilizable en el ordenador de a bordo, que se aumentó todo lo posible con técnicas de compresión de datos, y allí se pudieron almacenar algunos resultados e imágenes, pero muchos menos de lo (poco) que se almacenaba en la cinta.

## A VECES LA SUERTE NOS DEVUELVE EL CAMBIO

La exploración del sistema de satélites de Júpiter y del propio Júpiter se hacía a base de pasadas cerca de alguno de los puntos interesantes en los que se celebraba una orgía de datos y fotos, seguidos de semanas, a veces meses, de vuelo orbital hasta pasar cerca del siguiente punto a examinar con empujones, de vez en cuando, de los cohetes de maniobra para que la atracción gravitatoria durante el paso en la cercanía del siguiente satélite desviase a la *Galileo* justo en la dirección de su siguiente objetivo y, además, por el lado más adecuado para que la desviación que en ese siguiente objetivo le daba su fuerza de gravedad la enviase hasta otro nuevo objetivo y lo hiciese además en el ángulo exacto para que de ese nuevo objetivo saliese bien orientada hacia el siguiente, etc. Los virtuosos del billar lo comprenden a la primera.

La consecuencia de esa forma de viajar es que entre una fase de observación y la siguiente hay bastante tiempo para prepararse y probar nuevas cosas. En uno de esos períodos tranquilos, después de unos días en los que todos andaban cabizbajos sin poder grabar todo lo que quisieran en la cinta, un técnico mandó el proverbial comando que no debía haber mandado, un comando de rebobinar la cinta, y funcionó.

No hay forma de saber lo que había pasado, pero o bien el diablillo espacial había estado trasteando con el destornillador en la sonda *Galileo*, o la cinta se había puesto a girar como resultado del comando y, por algún improbable milagro, la punta de la cintita se metió en la ranura justa entre los cabezales, pasó al otro lado del casete movida por los rodillos de empuje y se enredó en su eje de nuevo. Es cierto que suena a milagroso, pero los ingenieros y científicos siguen pensando que la opción del diablillo espacial es aún menos probable.

A partir de ese punto volvían a poder grabar datos e imágenes en la cinta, aunque con especial cuidado de no moverla hasta cerca de su final y, lo que unos años antes les parecía una miserable capacidad de almacenamiento, de repente era un paraíso.

La sonda no dio más sustos a los técnicos y quedó como ejemplo de que una sonda pesada y compleja no es una garantía de éxito, por lo que los siguientes proyectos espaciales se han basado en sondas mucho más ligeras (y baratas) que, sin embargo, no han dejado atrás los descubrimientos de la *Galileo*, porque un sistema complejo tiene alternativas, permite variaciones imaginativas, dispone de más sistemas redundantes: sin todo eso la *Galileo* no hubiese conseguido ni el 1% de lo que consiguió, pues se habría tenido que dar por perdida a la primera avería, como tantas otras que se perdieron con destino a Marte o a Venus. Volviendo al ejemplo del Volkswagen y el Bentley camino de Cabo Norte, una sonda ligera averiada es como si a los jóvenes del Escarabajo se les averiase una pieza del coche y no tuviese arreglo: tendrían que seguir en autobús y tendrían que darse la vuelta antes de tiempo porque se les acabarían las vacaciones.

## **LOS DESASTRES SON HIJOS, O NIETOS, DE NUESTROS ERRORES**

Por cierto, en las investigaciones que se llevaron a cabo después del fallo en el despliegue de la antena principal de la *Galileo*, se llegó a la conclusión de que se había atascado porque había perdido la mayor parte de los lubricantes que tenía previstos o, al menos, había perdido las partes más volátiles de esos lubricantes; en otras palabras: se habían secado.

Y eso había sucedido porque la sonda se había pasado muchos meses metida en almacenes, incluso en un camión al sol, sobre todo en aquel maldito viaje de vuelta de Florida a Pasadena en verano (durante el que estuvo bastantes horas aparcado sin buscar la sombra [el conductor sí que tenía aire acondicionado]), y ello fue causado por los retrasos en la salida motivados por el desastre del *Challenger* y por el parón de los lanzamientos, y agravado por las órbitas de impulsión gravitatoria que hubo de dar durante sus primeros tres años de vuelo muy cerca del Sol en alguna de sus fases.

Fue algo muy simple: el lubricante de las varillas se había secado. Pero a veces son cosas muy simples las que echan al traste proyectos muy

complejos. Aunque en este caso los años de trabajo de los técnicos consiguieron arrancar la victoria de las mismísimas fauces de la derrota.

## **CREER HABERLO PREVISTO TODO ES EL PRIMER ERROR**

Visto lo visto, la sonda que mientras escribimos estas páginas se ha enviado a los confines del Sistema Solar (hablaremos mucho de ella, pero dentro de diez años, cuando empiece a hacer algo interesante) se ha lanzado sin los programas que la harán funcionar, con la seguridad de que, para cuando hagan falta, cualquier cosa que se hubiese pensado a la hora del lanzamiento ya estará anticuada: se le transmitirán poco antes de la llegada a su destino.

## **VI. MEDICINA Y FARMACIA**

## **Capítulo 45. La teoría de la evolución de izquierdas y la de derechas**

La frase «No hay una tabla de multiplicar de izquierdas y otra tabla de multiplicar de derechas» la solemos pronunciar cuando queremos decir que la ciencia no tiene nada que ver con las opiniones políticas (ni con las creencias religiosas, aunque a veces cueste más demostrarlo). Pero hubo un tiempo en el que sí que había una teoría de la evolución de izquierdas y otra de derechas. Por supuesto, aquello acabó en una situación ridícula que en este caso incluye una persona muy sonrojada en un congreso; llegaremos enseguida a ello.

### **LLEGÓ DARWIN Y NADA VOLVIÓ A SER IGUAL**

Más de ciento cincuenta años después de la fecha en la que Darwin publicó el libro que puso «patas arriba» a la intelectualidad de su época (y de las siguientes) por ser una alternativa creíble al papel que hasta ese día había tenido Dios en el devenir de la creación, quizá seguimos sin comprender del todo sus implicaciones, tanto sociales como teológicas, y desde luego su teoría sigue teniendo flecos científicos opinables que mantienen encendidas discusiones entre los expertos.

En este contexto, es comprensible que en los años cuarenta del siglo XX una de las variantes de la teoría de la evolución de las especies tuviese fuerza y notoriedad. Se basaba en las teorías de Lamarck, otro clérigo al igual que



Darwin<sup>[41]</sup>, que opinaba lo que se solía resumir en la frase «la función crea el órgano», al contrario de la opinión de Darwin de que «el órgano crea la función».

Quizá haya que aclarar un poco el vistoso pero críptico juego de palabras: Darwin opinaba que si un pájaro tenía, por casualidad, un pico especialmente fuerte (por ejemplo), tendría ventaja sobre los demás a la hora de romper algunas frutas más duras y prosperaría en la zona en la que esas frutas abundasen, y a la vez que sus retoños heredaban esa característica con la que él ya había nacido, los que de entre sus descendientes tuviesen el pico aún más duro se encontrarían ya asentados en un entorno en el que eso era una ventaja y tendrían mejores oportunidades para alimentarse y para dejar descendencia.

## **SIEMPRE HAY QUIEN OPINA LO CONTRARIO**

Lamarck opinaba de forma diferente. Para él lo que sucedía es que un pájaro que en su deambular por la naturaleza se encontraba en una zona en la que las frutas eran duras, «endurecía su pico por el uso» y esa característica terminaba convirtiéndose en hereditaria; a partir de ahí sucedía todo lo que explicaba Darwin en su libro.

Según Lamarck, si se quería una raza de caballos rápidos, por ejemplo, había que machacarlos a entrenamientos no sólo para llegar antes a alguna parte, sino para que sus descendientes ya naciesen más rápidos que si sus padres no hubiesen corrido tanto.

Hoy sabemos que para que un rasgo se convierta en hereditario no basta con potenciarlo (por mucha cerveza que beban los padres, los hijos no nacen ni con barriga ni alcoholizados), aunque recientemente se están publicando avances que dicen que sí que puede haber, en algunos casos, una manera de que elementos ambientales, dieta, etc., terminen modificando la herencia, pero no porque nos cambien un gen o un cromosoma, sino porque pueden tener una cierta influencia en esa parte del complejísimo ADN que no son genes, que está en la periferia de la doble hélice de nuestros cromosomas y

determina cuándo, cuánto y qué genes se «expresan». Los mecanismos epigenéticos involucrados están ahora mismo en la punta de lanza de las líneas de investigación de genetistas y biólogos moleculares. Es uno de tantos flecos de aquel libro de mediados del siglo XIX y volveremos a ello un poco más adelante.

## **OPINAR LO CONTRARIO ES UNA FORMA (FÁCIL) DE DESTACAR**

Pero en la época en la que el comunismo triunfó en la que llamaron Unión Soviética, el problema aparece con el gran jefe de la biología estatal, el camarada Lysenko, que convence al poder de que en Occidente (caduco, capitalista y reaccionario) están equivocados y que la buena es, al cien por cien, la teoría de Lamarck. Y consigue que a partir de ese momento toda la investigación se oriente hacia la visión del «hombre nuevo» socialista que pueden tallar a partir de la población soviética y al hecho de que en un futuro más o menos inminente se crearán nuevas especies forzando las condiciones. Era una teoría muy oportuna para los políticos al mando de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas, puesto que les permitía justificar muchas cosas, incluyendo verdaderas atrocidades, en pro de la «construcción del hombre socialista» con unos rasgos superiores y óptimos para la sociedad.

Durante décadas todos los congresos socialistas de genética siguieron esta pauta de investigación sin que nadie pusiese en duda la idea básica (salvo que le gustase vivir en Siberia y no precisamente en Akademgorodok).

Tras la muerte de Stalin, Lysenko siguió manteniendo su poder y su puesto, pero Jruschov abrió parcialmente el sistema y, en uno de los congresos presididos por el gran jefe de la genética soviética, tras la exposición que hizo de que los órganos inútiles desaparecían, un joven científico que creía en la ciencia y no sabía de versiones oficiales intocables ni de preguntas políticamente no correctas preguntó que, si eso era cierto, ¿cómo explica el camarada Lysenko que las rusas sigan naciendo vírgenes?

## DEFENESTRADO POR NO PODER EXPLICAR LA VIRGINIDAD DE LAS SOVIÉTICAS

La carcajada fue general. Pero lo peor de todo es que entre las risas se desbloquearon las autocensuras de los críticos, comprendieron que era el momento de manifestar sus opiniones divergentes y, en un instante, de forma pública y notoria Lysenko se encontró sin apoyos. De repente toda la teoría colapsó y, mientras que en otros campos como la carrera espacial o las matemáticas los avances soviéticos siempre estuvieron a un buen nivel, la genética soviética tuvo que asumir que había perdido demasiados años persiguiendo un imposible (aunque fuese políticamente correcto).

Aquel joven se llamaba Lev Landau y, con el tiempo, fue algo más que famoso por sus propios méritos; su libro de *Introducción a la teoría de la relatividad* está en un lugar preferente de las bibliotecas de quienes escribimos estas líneas.

## **Capítulo 46. La batalla contra las bacterias (los antibióticos)**

Qué bonitos son los anuncios de jabones y champús. Nos ofrecen una imagen de limpieza que parece ligada a la calidad de vida y a la belleza. En ese contexto, los mensajes de que «esa» crema corporal o «ese» desodorante es el mejor de todos porque elimina todas las bacterias de nuestra piel nos lleva a soñar con pieles despobladas de bacterias y de todo tipo de impureza. Lo malo es que como alguna de esas lociones, cremas, champús, esprays o jabones cumpliera lo que promete nos matarían para siempre jamás y quizá algunos de esos productos serían capaces de acabar con la especie humana si hiciesen lo que dicen que hacen.

### **BENDITAS BACTERIAS**

Las bacterias no sólo son imprescindibles para la buena marcha de nuestro organismo, sino que quizá más de la mitad de él lo forman bacterias que viven en nuestro cuerpo y nos ayudan en procesos como la digestión, que no sería posible sin ellas. Es evidente que si matasen un porcentaje significativo de nuestra masa orgánica, no sólo adelgazaríamos, sino que nos desmoronaríamos como un saco-cementerio lleno de materia muerta.

Pero volviendo a la senda de la sensatez, algunas bacterias son perniciosas; en un autobús durante la hora punta de verano son especialmente molestas las que producen el mal olor corporal, pero ser demasiado riguroso

en su exterminio conlleva otras desagradables consecuencias para el ser humano, una de las cuales es la creciente pandemia de alergias que azota al mundo equívocamente civilizado y excesivamente limpio.

## **BENDITAS RATAS, POR LO TANTO**

Es un caso parecido al de las ratas de alcantarilla, por mucho que nos pese la comparación. Como bien saben los responsables de desratización de las grandes ciudades, la lucha contra las ratas es una batalla en la que no nos conviene ganar, y mucho menos por goleada. Si en nuestra ciudad preferida (o menos odiada) un responsable de desratización, iluminado por la visión de las felicitaciones que recibiría si acaba con todas las ratas para siempre jamás, pone en marcha la solución final y llena de venenos cien por cien efectivos todas las alcantarillas, pasarían dos cosas de lo más desagradables:

1. La ciudad empezaría, poco a poco, a oler cada vez peor, dado que las ratas «procesan» las porquerías que tiramos por las alcantarillas y les dan una primera vuelta de reciclaje: forman parte imprescindible del proceso digestivo de la basura urbana. Al sucederse los períodos secos y húmedos, si las ratas no desmenuzasen y comiesen parte de la materia orgánica que circula (o se empantana) por los desagües, aparecerían muchos más atascos en el alcantarillado.
2. Aguas abajo de la ciudad sobre todo, pero también en algunos barrios no bien ventilados, los venenos utilizados para acabar con las ratas acabarían también con los gatos, los pájaros, muchos insectos, etc., y es probable que más de un niño y anciano se viese afectado por la acción directa de esos raticidas o por la indirecta de los efectos secundarios de meter tanta sustancia química en la ecología local.

No es bueno dejar que las ratas pueblen a su aire la ciudad, pero eliminarlas por completo tiene también sus propios inconvenientes. Y hacerle la guerra indiscriminada a nuestras bacterias es más o menos igual.

El exceso de higiene corporal, además de los efectos irritantes a largo plazo de algunas de las sustancias que utilizamos día tras día sobre nuestra piel, deja sin trabajo a los anticuerpos de nuestra sangre, los cuales no son tan flexibles ni tan cerebrales como para buscarse otras ocupaciones ni para quedarse quietos, por lo que siguen intentando acabar con todo lo que les parezca raro, como un germen invasor, y si no encuentran gérmenes claramente invasores, su natural paranoia les lleva, cada vez más, a atacar cualquier cosa que encuentran un poco fuera de lo normal, se terminan volviendo contra elementos básicos de nuestra fisiología y, típicamente, nos provocan irritaciones en nariz y pulmones, que son los elementos más abiertos al exterior, o en la propia piel. Se llaman alergias, son cada vez más comunes y están muy directamente relacionadas con el exceso de higiene, aunque en la televisión lo digan más suavemente porque no se atrevan a ser tan políticamente incorrectos como nosotros.

## **LIMPIEZA, PERO DENTRO DE UN ORDEN**

¿Higiene? Sí, por favor. Toda la necesaria, pero nada más que la necesaria. Recordemos al personaje interpretado por Jack Nicholson en la película *Mejor... imposible*: Se lavaba de forma compulsiva con jabones que tiraba en cuanto estaban contaminados de realidad y era «el chiflado» de la película. Pero, sobre todo, fue mucho más feliz cuando dejó entrar una saludable dosis de caos en su vida.

Todo lo anterior es de aplicación general y viene bien saberlo para no caer en la tontuna multinacional casi xenofóbica de cargarse bacterias sólo porque no las vemos o porque no conocemos sus nombres. Pero también es muy cierto que algunas bacterias intentan hacernos la vida muy difícil a los humanos, y si supiésemos eliminar selectivamente todas las que provocan enfermedades como la tuberculosis, por poner un ejemplo, nadie las echaría de menos (salvo, quizá, los paranoicos especialistas en armamento bacteriológico). Ahí entramos en el capítulo de los antibióticos que, aunque parezca una contradicción, también son protagonistas de un par de desastres.

El primero tiene solución, es muy sencillo: cuando el médico nos recete un antibiótico y diga que hay que tomárselo durante diez días, por ejemplo, no debemos abandonarlo antes de esos diez días, por muy bien que nos sintamos. Luego lo explicamos con más detalle.

## **SUERTE: UNA BUENA PREPARACIÓN, ACECHANDO EL PASO DE UNA OPORTUNIDAD**

El primer antibiótico digno de ese nombre fue la penicilina. Lo descubrió Alexander Fleming, y los adoradores del sensacionalismo dicen que fue por casualidad. Bien, si después de estar investigando durante años para encontrar la sustancia que podía acabar con las infecciones que mataban más heridos que las propias balas en la guerra, probando todo lo que se le ocurría en un laboratorio bien pertrechado para detectar cualquier cosa que atacase a las bacterias, decimos que era casualidad descubrir que unos hongos que habían crecido en una placa precisamente habían matado a las bacterias que había en esa placa, pues entonces fue por casualidad, pero que nadie tenga la más mínima esperanza de que esa casualidad digna del Premio Nobel le ocurra a otros mientras se toman una paella en la playa, navegan por páginas de deportes en internet o estudian la manera de hacerse ricos invirtiendo en bolsa: para que esa «casualidad» nos «toque» tenemos antes que estudiar medicina o biología o farmacia o algo por el estilo (o varias de esas disciplinas sucesivamente), trabajar durante muchos años investigando sin aspiraciones de ganar dinero, hacerlo tan sumamente bien que nos ganemos el derecho a utilizar un (carísimo) laboratorio de investigación avanzada, utilizarlo durante muchos años sabiendo lo que hacemos y haciéndolo mejor que los demás y, entonces, a lo mejor descubrimos algo «por casualidad».



Aspecto de una placa a la que le ha salido moho, pero es penicilina.

En otras palabras: no fue casualidad. Tuvo algo de suerte, sí, pero quizá también tuvo muy mala suerte en otras veintitrés ocasiones anteriores cuando la bacteria no fue atacada por los hongos porque algún colaborador o el propio Fleming limpiaron mejor la placa, o porque ese día no hubiese humedad suficiente en el aire como para que el hongo prosperase. El caso es que si se trabaja duro y en la dirección correcta, lo normal es obtener resultados, y Fleming los obtuvo. De repente (las normas de control de medicamentos no eran las de final de siglo), teníamos la penicilina.

No todos la «teníamos», porque alrededor de ese laboratorio de Fleming el mundo estaba en guerra y la penicilina sólo la podía utilizar uno de los ejércitos, el de los Aliados, mientras que los «otros» aliados, es decir, alemanes, italianos, japoneses y pocos más, tenían muchísimas más bajas en la Segunda Guerra Mundial.

## **LA FORMA MILITAR DE VER LAS COSAS**

Un inciso acerca de la forma «militar» de entender las bajas en combate. En la Segunda Guerra Mundial la munición más empleada era la del calibre 7,62, es decir, se disparaban balas de bronce y plomo de 7,62 milímetros de



diámetro<sup>[42]</sup>, y eso hace mucho daño.

La munición de la OTAN fue de ese calibre hasta el último tercio del siglo, en que se pasó a utilizar balas de calibre 5,56, que hacían «menos daño»; incluso desarrollaron balas de plástico que se deshacían al atravesar el primer músculo, realizando variados destrozos, pero sin romper nada grave, y todo con la declarada intención de «matar menos».

¿Humanismo?, ¿piedad? Nada de eso: si el enemigo que recibe un balazo se muere, es una baja (y una tragedia personal) y el ejército enemigo disminuye sus efectivos de combate en «una» persona; pero si, por el contrario, el que recibe el balazo sólo queda herido, la disminución de la capacidad de combate será mucho mayor, pues al hecho del que el herido no seguirá combatiendo (y, a la velocidad a la que se mueven las guerras modernas, es muy improbable que vuelva a combatir en esa), hay que sumarle los recursos que deberá dedicar ese mismo ejército enemigo para llevarse de allí al herido, ocupar con él una cama de hospital de campaña, mover allí medicamentos y material quirúrgico quitándole sitio en los transportes a más armamento, etcétera.

En ese contexto los Aliados (Estados Unidos, Inglaterra, la Unión Soviética y unos pocos más) gracias a la penicilina conseguían incluso curar a sus heridos a tiempo para que siguieran participando en el esfuerzo bélico mientras que alemanes, japoneses e italianos, después de llevar a sus heridos hasta la retaguardia, sufrían más bajas en los hospitales que en el frente de batalla. Por suerte, la Segunda Guerra Mundial se terminó.

## **Y LA PENICILINA LLEGÓ AL MUNDO**

Al término de la contienda, el avance técnico había sido de tal calibre en sus seis años que en realidad es a partir de entonces cuando lo que ahora entendemos por «tecnología» empezó a tener la importancia que ahora tiene en la vida de la gente. Y a la vez que se empezaba a buscar la manera de aprovechar la energía atómica para algo diferente de ocasionar espectaculares explosiones, y de utilizar los nuevos aviones para el transporte aéreo, pero

llevando la carga hasta el aeropuerto de destino en lugar de soltarla por el camino en forma de racimos de bombas, se empezaron a buscar nuevas utilidades a la penicilina.

Administrarla era ya de por sí una tarea pesada, porque la única manera de hacerlo en aquella época era en forma de inyecciones intravenosas y cada tres horas, porque su efecto en el organismo desaparecía tras ese período. Aun así se empezó a utilizar para cualquier cosa sin muchos ensayos. Incluso se descubrió que tenía buenos efectos en una enfermedad que no tenía nada que ver con las bacterias, porque reaccionaba en la sangre, se producía algo que llamaron penicilamida y esta se «comía» el cobre de la sangre, que era lo que ocasionaba la enfermedad llamada de Wilson. También se descubrió que a algunos otros pacientes les daba una reacción mortal. Aún había todavía mucho que aprender.

La dosificación cada tres horas se solucionó mezclándolo con procaína y benzatina, con lo que bastaba una inyección al día o incluso a la semana y el paciente se podía ir a casa. Pero los casos de reacción negativa subieron de ser uno por cada cuarenta mil (aproximadamente) a ser de uno por cada ocho mil pacientes, aunque eran reacciones más leves. Y las inyecciones dolían bastante más. Luego se descubrió una variante que no era destruida al pasar por el estómago, por lo que dejaron de administrarse en inyecciones.

Más tarde llegó el segundo antibiótico utilizable: la estreptomina, que era efectiva contra una de las lacras de la sociedad, la tuberculosis, pero que tenía en ocasiones efectos secundarios como la sordera o problemas renales. Y a partir de ahí ha seguido surgiendo una interminable serie de otros antibióticos que los laboratorios desarrollan a la mayor velocidad que pueden mantener invirtiendo en investigación.

## **HAY QUE SEGUIR TENIENDO SUERTE, Y CADA VEZ MÁS**

¿Por qué mantienen esa carrera por desarrollar nuevos antibióticos? No es porque los actuales no acaben con todas las bacterias hacia las que van dirigidas, sino porque la gente no hace caso de los médicos que les insisten en

que se tomen las pastillas durante, por ejemplo, diez días, y al tercer o cuarto día, como ya se sienten bien, dejan de lado el tratamiento.

¿Tan malo es eso? ¿No es mejor «no» abusar de los medicamentos? Pues resulta que, en el caso de los antibióticos, dejar el tratamiento antes de terminarlo es un importante desastre sanitario. Los antibióticos acaban con las bacterias, pero no con todas a la vez (si así fuese bastaría con una sola dosis), sino que unas bacterias aguantan más que otras. Y, ¿qué pasa si al cuarto día dejamos las pastillas?: pues que, para entonces, sólo quedan vivas unas pocas, las más resistentes, que sobreviven quizá en número escaso como para reproducir la infección, pero sí pueden ser suficientes para saltar a otras personas. Recalcamos: «sólo las más resistentes». ¿No es eso lo más llamativo de la teoría de la evolución?

Si terminamos el tratamiento, es probable que acabemos con todas las bacterias de esa cepa, pero si lo abandonamos a la mitad, estamos apoyando la evolución de esas bacterias hacia variedades más resistentes. Ese es uno de los desastres relacionados con los antibióticos, y es lo que hace que los laboratorios farmacéuticos tengan que seguir invirtiendo en investigar nuevos y más potentes antibióticos, carrera en la que alguno de los contendientes puede flaquear o tropezar, y es muy improbable que las que flaqueen en su evolución sean las bacterias.

Puede que no lo apreciemos como un desastre, no es algo de lo que hable la prensa, ni los noticiarios de la televisión dedican a las bacterias resistentes a antibióticos más minutos que a las guerras o a las fluctuaciones de la bolsa (de hecho, no le dedican más de un par de minutos al año de media), pero nuestros descendientes tendrán que bregar contra bacterias y enfermedades mucho más peligrosas que las actuales, porque serán resistentes a todo lo que ahora utilizamos. Para ellos sí que será el desastre.

## **¿POR QUÉ SEGUIMOS LAS RECOMENDACIONES DE UN INEXPERTO?**

Esto tiene una variante muy de andar por casa: los antibióticos que tanta

gente toma por recomendación de un familiar o de un vecino al que le dio un resultado excelente. Es evidente que puede que quien se lo toma tras tan documentada recomendación no tenga los mismos problemas que quien le aconseja (hay una posibilidad entre mil de que sí y de que el diagnóstico y el tratamiento en esas dosis resulten adecuados, pero también puede que los milagros sean la explicación más realista de esas curaciones). Los médicos están aburridos de ver cómo hay adultos que toman medicamentos en dosis infantiles (que fortalecen las cepas de bacterias sin hacerle mucho daño), bebés que soportan dosis de caballo o caballeros rebosantes de testosterona que se están autoadministrando una medicación desarrollada y perfectamente adaptada para embarazadas.

Aunque lo más probable es que ese particular antibiótico, en esa imaginativa dosis, no sea el tratamiento específico para esa bacteria y no le haga más que cosquillas, con lo que a esa cepa de bacterias la fortalecerá, por selección natural, contra ese antibiótico y sus derivados y similares, de modo que debilita a la vez las (menguentes) posibilidades de victoria de la Humanidad frente a las bacterias. De paso, puede que los pecadores se lleven su penitencia, porque, por poner sólo un (llamativo) ejemplo concreto, la estreptomicina utilizada de manera inadecuada para un determinado paciente e infección puede producir sordera permanente en tan sólo ocho días.

## **YO NO ME TOMO NI UNA PASTILLA**

El otro desastre tiene otro origen. Es probable que la mayoría de los lectores de estos párrafos estén pensando algo del tipo de «pero si yo no me he tomado un antibiótico en años» y en eso, nos tememos, estará muy equivocado: cada uno de los habitantes del mundo civilizado se toma al año muchas dosis de antibióticos sin darse cuenta, algunos casi cada vez que comen carne, sobre todo los norteamericanos y los que viven en países con un código alimentario no tan severo como el que disfrutamos en Europa y, sobre todo, en España.

Porque los ganaderos ponían (y en muchos sitios poco controlados siguen

poniendo) a sus vacas, cerdos, corderos y pollos dosis regulares de antibióticos y otros productos también necesitados de un control médico, como por ejemplo las hormonas para el engorde. Y todo para que se críen sanos y no tengan ningún problema bacteriológico cuando lleguen al matadero y deban pasar las inspecciones sanitarias.

Hay un viejo dicho en el periodismo que viene a afirmar que alguien que escribe con bolígrafo no debe nunca enfrentarse a alguien que compre la tinta por barriles o, dicho de otra manera, los directores de los grandes periódicos son personajes muy poderosos. Pues con los antibióticos no es cuestión de poderío, pero sí que sirve como comparación de las dosis que cada cual consume: los enfermos consumen antibióticos en miligramos y a través de las farmacias, bajo el control de médicos y farmacéuticos, mientras que a los comensales de carnes en países sin una seguridad alimentaria avanzada les llegan en grandes cantidades con la comida, y no sólo con la «comida basura».

## **Capítulo 47. La medicina como propagadora de enfermedades**

Durante siglos, enfermedades como la diabetes eran rápidamente mortales. Gracias a los avances de la medicina a lo largo del siglo XX esta se convirtió, junto a muchas otras, en una enfermedad molesta para quien la padecía pero que, adecuadamente tratada, permitía disfrutar de una existencia más o menos igual de larga que si no se padeciese y con una calidad de vida bastante aceptable. Entonces se descubrió que la diabetes, al igual que otras muchas como la celiacía o los problemas derivados de embarazos con factor Rh de la sangre incompatible, eran además enfermedades «hereditarias» en gran medida.

Como consecuencia, ya que los pacientes vivían mucho más, también tenían más probabilidades de dejar descendencia, la cual, como ya está avisada del riesgo de enfermedad, toma sus precauciones y vive más y mejor. Así, hoy en día enfermedades que un siglo atrás eran raras ahora son cada vez más comunes. Y no sólo en el caso de enfermedades hereditarias, sino también en algunas enfermedades infecciosas que prosperan gracias a los avances médicos y farmacológicos: el SIDA está en ese mismo caso pues cuantos más avances se logran para conseguir una larga vida para los infectados, más probabilidades hay de que infecten a más y más gente, aunque sea por accidente puesto que, como vamos viendo en casi cada página de este libro, los accidentes «ocurren», le demos las vueltas que le demos a la realidad.

Por supuesto, no estamos a favor de soluciones finales al estilo hitleriano,

de ninguna manera, pero este es uno de esos casos en los que no hay una solución completa que deje a todos contentos y tenemos que hacernos a la idea de que en el mundo del siglo XXI tendremos familiares, vecinos y compañeros de trabajo con enfermedades crónicas, alguna quizá contagiosa en alguna medida, y que son resultado de avances de la medicina y la farmacopea. Curioso, ¿no?

## Capítulo 48. La talidomida

En los últimos años, mientras interrogábamos a colegas y amigos sobre todo tipo de desastres tecnológicos del siglo XX, pocos han despertado la unanimidad de criterios de la talidomida: un medicamento que se distribuye por casi todo el mundo como la panacea para algunas enfermedades y que, de repente, salta a los periódicos como el causante de decenas de miles de graves malformaciones en recién nacidos. Es un desastre sin paliativos.

La sorpresa de muchos es mayúscula cuando descubren que hoy en día, medio siglo después de aquellos tristes años, es un medicamento que sigue en uso en multitud de circunstancias y que enfermedades como la lepra tienen en la talidomida una de sus mejores armas para combatirla, aunque con otros nombres más disimulados.

### ERAN OTROS TIEMPOS

La talidomida fue un medicamento que la empresa química Grünenthal patentó en 1954 a la espera de ver exactamente sus propiedades. Esta empresa empezó fabricando antibióticos para otras compañías, pero viendo lo próspero que era el negocio también se dedicó al desarrollo de nuevas moléculas y esta fue, desde luego, la más famosa.

El supervisor de las propiedades médicas fue Heinrich Mückter, ex médico del Ejército alemán durante la época nacional-socialista, lo cual no quiere decir nada en sí mismo (todo ejército tiene miles de médicos y casi ninguno de los médicos militares alemanes estuvo al tanto de lo que se estaba



haciendo con los judíos), pero era una nota morbosa que algún periodista explotó sin escrúpulos.

Los diversos experimentos que se realizaron con la droga demostraron una toxicidad bajísima, y las ratas, conejos, gatos y perros a los que se les inculó no mostraron síntomas de ningún tipo de intoxicación. Todavía no se conocían sus propiedades médicas, pero lo que sí parecía era que el producto era casi atóxico.

Era una época en la que los tranquilizantes habituales eran los barbitúricos, que se habían hecho tristemente famosos por la facilidad de intoxicación en unos casos y por la fea costumbre de algunas personas depresivas que los tomaban de suicidarse por ingestión masiva de esas pastillitas que se guardaban al lado de la cama.

También hay que tener en cuenta que los controles de calidad, toxicidad y similares eran casi inexistentes en la Alemania de mediados del siglo XX, que apenas conseguía ponerse en marcha tras los desastres de dos guerras (perdidas) en treinta años. De hecho, la mayoría de los controles que ahora están en vigor se impusieron a raíz de la catástrofe de la talidomida.

Mientras tanto, un medicamento sin efectos secundarios era el sueño de cualquier empresa de medicamentos. Y la empresa Chemie Grünenthal tenía un producto que lo cumplía. Ya sólo se trataba de darle aplicación. Y la tentación llevó a la prueba con humanos. Ya hemos dicho que era otra época, quizá cercana en el recuerdo, pero muy lejana desde el punto de vista tecnológico: de entonces a hoy han pasado muchas más cosas en la medicina, la farmacia y el resto de tecnologías que en las vidas de la gente.

Aunque la talidomida no mostró propiedades tranquilizantes en animales (quizá no expresaban bien sus sensaciones), un ligero parecido químico fue lo que llevó al uso en humanos, para lo que la distribuyeron gratis entre los médicos alemanes, que la describieron como sedante. Meses después apareció con el nombre comercial de Contergan.

## **MARAVILLA PARA EMBARAZADAS**

En agosto de 1958 enviaron una carta a miles de médicos alemanes con la recomendación de su uso para las náuseas del embarazo, y miles de mujeres pasaron su gestación sin esas molestias. En muy poco tiempo la talidomida pasó a venderse en cuarenta países. Curiosamente no lo hizo en Estados Unidos, pese a que hubo presiones en ese sentido sobre la Food and Drug Administration (FDA), la agencia del medicamento norteamericana.

Unos meses después de lanzar el Contergan, Chemie Grünenthal recibió una serie de informes sobre efectos secundarios en pacientes que consumían talidomida de modo crónico, como temblores, hipotensión, pérdida de memoria y reacciones alérgicas, así como pérdida de tacto en manos, pantorrillas y pies. Y poco después comenzaron a nacer bebés con focomelia, una enfermedad en la que desaparecen una o varias extremidades de manera que las manos o los pies quedan unidos al tronco por un pequeño hueso irregular, lo cual era una rareza que pocos médicos habían visto en su ejercicio. También nacían con ausencias completas de extremidades y deformidades en orejas, genitales y órganos internos.

La asociación con el consumo de talidomida fue hecha de la peor manera, con una epidemia de malformaciones: nacieron unos doce mil bebés con deformidad, de los que menos de la mitad llegaron a la adolescencia.

## **PESADILLA PARA EMBARAZADAS**

El juicio fue seguido por todo el mundo, e incluso en España se hablaba de ello y se llegó a decir que la causa era que había evitado abortos naturales. El resultado de los juicios y demandas contra Grünenthal fue el imaginable, pero a nivel popular fue aún peor: la talidomida era sinónimo de horror químico y poco faltaba para que en las películas *gore* de la época no saliesen los golem, muertos vivientes, vampiros y demás ralea comiendo pastillas de talidomida como si fuesen palomitas. Seguramente no se hizo así por no subir el nivel de miedo de las películas de terror.

Ya hemos dicho que en los Estados Unidos no se vendió, y fue porque la persona encargada de su aprobación (Frances Kelsey) vio que no había casi

información sobre la droga, y, pese a las presiones, retrasó el dictamen y con ello libró casi del problema a su país. Kennedy le otorgó la Medalla al Servicio Federal Civil Distinguido. Pese a todo, dado que la empresa Richardson-Merrell había repartido gratuitamente dos millones y medio de pastillas hubo casos, aunque pocos, y en esos mismos días no era ese el único problema farmacológico: el dietilestilbestrol, utilizado como antidepresivo, resultó ser cancerígeno. Fue el primer fármaco en ser registrado como antidepresivo (en 1971), pero el cáncer lo producía a las hijas de quienes lo tomaban, y sólo cuando llegaban a la edad adulta, por lo que tardó mucho en detectarse.

## **MILAGRILLO PARA LOS LEPROSOS**

Actualmente la talidomida tiene un renacer de utilidad, pero ya con un control más serio, aunque lo triste es que esa utilidad se había detectado en 1960 y se mantuvo oculta por miedo al «qué dirán». En esa época en un hospital de Jerusalén (no tan lejos de donde la Biblia describe a Jesús el Nazareno en esas mismas labores) dieron talidomida a un leproso que llevaba días sin dormir y se logró que durmiera. Nuevas dosis hicieron que el dolor y la inflamación desapareciesen y posteriores estudios demostraron que «curaba la lepra». Fue aprobada por la FDA para dicho tratamiento en 1998, pero desde entonces se obliga a los pacientes a firmar un protocolo de riesgos asumidos, a hacerse pruebas de embarazo a las mujeres que la reciben, y a los hombres a usar preservativo en las relaciones (por cierto: estamos hablando de leprosos).

Una particularidad de la talidomida es que puede afectar al feto a través de la madre o del padre, ya que se libera en el espermatozoides y su efecto se puede transmitir en la concepción.

## **BATIBURRILLO DE SOLUCIONES**

Posteriormente se han visto en la talidomida propiedades antitumorales, usándose en el mieloma, y más tarde en la enfermedad de Behçet, el lupus eritematoso, la artritis reumatoide y otras enfermedades. Lo de sus propiedades calmantes es ahora un efecto colateral de esos que en el prospecto hacen obligatorio un párrafo del estilo de «no conduzca ni maneje herramientas pesadas durante el tratamiento».

Un inciso técnico: la talidomida activa es una molécula que puede tener dos maneras de fabricarse, digamos que una de ellas «girada» hacia la izquierda (conocida como L, de «levógira») y la otra a la derecha (D de «dextrógira»); una de ellas es la que provocaba los problemas mientras que de la otra no se conocen efectos perniciosos. En el ámbito industrial los productos se suelen fabricar por síntesis químicas que generan habitualmente las dos formas, D y L. La separación de ambas formas es dificultosa (léase muy cara) y suelen intervenir sistemas enzimáticos selectivos.

Al final, de un desastre se han podido sacar efectos útiles, aunque limitados, una vez que se han hecho las cosas bien y se ha estudiado el asunto en profundidad.

## **LA DICTADURA DE LOS GRANDES**

Pero los efectos secundarios de aquel desastre todavía los arrastramos, quizá para siempre. Nos referimos a que a renglón seguido del escándalo de la talidomida se endurecieron en todo el mundo las normas que cualquier laboratorio ha de superar para que un medicamento nuevo llegue a las farmacias, y el período de pruebas, análisis y comprobaciones se extiende ahora durante muchos años y a un coste que la mayoría de las veces supera el propio gasto de la investigación que dio lugar a su descubrimiento.

No estamos diciendo que eso esté mal hecho, pero es una legislación que deja la farmaindustria en manos de unos pocos laboratorios gigantescos porque son los únicos capaces de afrontar los procesos laboriosos y costosísimos de homologar un nuevo medicamento. En otras palabras, tras la talidomida, si un nuevo Alexander Fleming descubriese hoy una nueva

penicilina o cualquier otra panacea, no tendría ninguna posibilidad de convertirla en un medicamento digno de comercializarse y se vería obligado a vendérsela a un gran laboratorio para que alguien, en algún momento del brumoso futuro, pudiese beneficiarse en su salud de ese descubrimiento al coste que el gran laboratorio determinase.

Eso está teniendo serias consecuencias en el tercer mundo y, muy especialmente, en la lucha contra el SIDA. Otra consecuencia es que medicamentos como la Aspirina no tendrían hoy en día muchas oportunidades de comercializarse, y menos sin receta, dada la enorme lista de contraindicaciones que tienen. La lista de medicamentos con efectos negativos, sin llegar a catastróficos, sería interminable, con capítulos chuscos como el de la sulpirida, comercializada bajo varias marcas para evitar los vértigos, entre otros problemas, cuyo efecto secundario favorito era el de suprimir la regla en las mujeres y producir un aumento de los pechos. Eso dio lugar a muchas bodas apresuradas y a graves discusiones meses después, al dejar el tratamiento o al no engordar de forma sostenida. La isotretinoína, también comercializada con diversas marcas para el control del acné juvenil, tiene efectos parecidos, y así hasta el infinito.

En todo caso, lo más peligroso de cualquier medicamento es a veces el prospecto incluido en la caja que, en papel muy fino pero doblado hasta la náusea y con un lenguaje técnico-burocrático nos describe una larga lista de desgracias que nos podrían ocurrir si hacemos caso al médico y nos lo tomamos. A ese papelito le falta una advertencia muy clara en su cabecera: «Hipocondríacos abstenerse».

## **EL MEDICAMENTO: UN ARISTOCRÁTICO PRODUCTO QUÍMICO DE ÉLITE**

Se está produciendo otro desastre farmacológico aún mayor que hunde sus raíces en el siglo XX y más allá: los «productos-milagro», los supuestos fármacos fabricados en países descontrolados e incluso toda una pléyade de productos parafarmacéuticos y de herbolario que encuentran un nicho

comercial y social ante el enorme distanciamiento existente hoy, debido a los férreos controles, entre lo que puede ser un producto beneficioso para la salud y otro elevado a categoría de medicamento.

## **Capítulo 49. El genoma humano**

Si ha habido un proyecto de investigación de «gran ciencia» conocido por el gran público ese ha sido el Proyecto Genoma Humano.

En rigor no ha sido un desastre, porque se ha obtenido el resultado buscado. Pero se ha obtenido por el camino equivocado y, al final, uno de los principales descubrimientos ha sido que sólo estamos en el principio de la investigación.

### **LA POLÍTICA DE LAS SUBVENCIONES**

Codificar cada uno de nuestros genes no era sino el resultado final de una rama de la investigación biológica de alto nivel, que se abordó cuando se alcanzaron los desarrollos técnicos que hacían posible afrontarlo con un plazo de terminación razonable, aunque lo que muchos implicados consideraron razonable era un plazo tan extensible como para llegar a la jubilación con presupuestos generosos.

La cosa venía de antiguo, pues el análisis de proteínas y otras macromoléculas ya era un tema superado y se habían concedido los consiguientes Premios Nobel a sus descubridores, aunque cuando los concedieron eran también al esfuerzo y la perseverancia, dado lo lento, costoso y difícil que resultaba avanzar en este campo. La automatización facilitó los análisis sin intervención externa más que para cargar las muestras, y algunos analizadores computerizados podían trabajar continuamente. Día y noche. Con el tiempo se desarrollaron unos equipos automáticos enormes,

los secuenciadores de aminoácidos, que prepararon el camino a los siguientes pasos.

Los análisis genéticos también son de la década de los setenta, aunque se desarrollaron mucho más por medio de la reacción en cadena de la polimerasa, que permitía que la cantidad de producto para análisis se multiplicase como los panes y los peces bíblicos y se pudiesen abordar los análisis con muestras mucho mayores que la de partida, pero manteniendo la composición.

En un momento dado se vio que descifrar una cadena de ADN era tan sólo un problema de cantidad, pues ya se podía ir analizando una por una y en orden cualquier secuencia de ácido nucleico (el ADN es el ácido desoxirribonucleico, pero también está por en medio de la investigación el ácido ribonucleico o ARN), dado que se disponía como ya hemos dicho de métodos específicos para identificar cada componente de esa inmensa macromolécula. Así fue como los laboratorios de investigación de todo el mundo se pusieron a ello de una forma organizada y la industria colaboró dado el beneficio esperado y el negocio potencial.

Otro problema asociado y en vías de solución era la enorme necesidad de cálculo que se precisa para integrar la tremenda cantidad de datos, así como para ponerlos a disposición de otros investigadores. Estamos hablando de megas y gigas, pero en los años ochenta del siglo XX, en los que si bien la cuestión informática estaba resuelta, lo estaba a muy alto coste.

## **DISTINTAS ESTRATEGIAS**

La postura oficial fue que primero secuenciarían un organismo pequeño, para probar la técnica, y después se enfrentarían a otros más complejos, para finalmente acometer el estudio del genoma humano, que se suponía complicadísimo por el número de genes, ya que se creía que cada función o proteína debería estar facilitada por un gen.

Los organismos tienen su material genético organizado en cromosomas, cuyo número varía en cada especie, habiendo algunos con tan sólo un



cromosoma mientras que otros tienen muchos. En el caso del hombre son veintidós parejas, más los cromosomas sexuales XX y XY (hembra y macho, respectivamente). Lo de que haya parejas de cromosomas ayuda a la supervivencia, pues si un gen es defectuoso o menos potente (recesivo) que otro, el correcto o el más potente (dominante) de los dos es el que se usa en ese individuo.

Lo de empezar por un organismo fácil parecía una buena idea, pero al llegar al genoma del ser humano el problema no era tener más o menos práctica en ese tipo de análisis, sino que había que secuenciar unos tres mil millones de bases (sí, no es un error), con lo que dependiendo de lo que se tardaba en analizar cada base, el tiempo total necesario resultaba, en los primeros intentos, de unos cuantos siglos de trabajo.

Pero se esperaba que, ya que hay muchos cromosomas, hay por lo tanto trabajo para muchos investigadores y si cada laboratorio se dedicaba a un cromosoma, con tantos laboratorios como cromosomas el tiempo se reducía, y aunque algunos son muy largos, otros son cortos. El método era lógico y predecible, por lo que se aceptó con facilidad por la gran mayoría, pero allí empiezan a tomar protagonismo las picarescas y los egos, y cada decisión a tomar siempre tenía a alguien como beneficiario y a otro u otros como perjudicados.

Un problema es que se sabe que gran parte de las bases de ADN no codifican genes y por este método habría que secuenciarlas de todos modos hasta que se terminase el cromosoma. Salían más de diez años de cualquier manera, lo que es mucho tiempo, y algunos laboratorios no habrían codificado en ese tiempo ningún gen «importante», mientras que otros habrían obtenido fama (y presupuestos) por publicar descubrimientos mucho más interesantes.

Así estaban las cosas cuando se aprobó el Proyecto Genoma Humano en los primeros años noventa y se asignaron fondos en cantidad fuera de lo común en 1993.

## **LA POLÍTICA, A SECAS**

Espoleados por el ego tradicional de la especie humana y el deseo de ser «de los elegidos», muchos laboratorios de todo el mundo, encabezados por el grupo comandado por los laboratorios del National Institutes of Health (NIH) de EE. UU. se pusieron a ello con financiación pública y la promesa de liberar los datos para todo el que los quisiera.

Una ventaja secundaria de esto estaba en que el proceso secuencial era lento, lo que permitía que las subvenciones oficiales valieran de paso para controlar a quienes las recibían y retirarlas si se salían de la visión oficial del sistema (al parecer la humanidad repite los errores con independencia del sistema económico imperante en cada zona). Además, como efecto secundario beneficioso se podrían publicar artículos durante más tiempo, con lo que el ego de los investigadores y su aparente capacidad subía muchos enteros. Y si no era la mejor manera, es lo de menos, pues siempre se trata, como ya hemos dicho, de crear currículo y mantener la plaza en el grupo oficial de sabios, mientras que el disidente se elimina por el sencillo modo de negarle dinero.

Allí es donde surgió lo inesperado, algo que dio al traste con una estructura multinacional de laboratorios que se habían por fin puesto de acuerdo y estaban trabajando en la panacea del investigador: un proyecto a largo plazo y con un presupuesto generoso.

## **EL ADVENEDIZO (UN MONO CON UNA ESCOPETA)**

Pero en otro bloque estaba Craig Venter, con un ego mayor si cabe que los grandes *popes* del grupo oficialista, y que en 1994 funda el Instituto para la Investigación Genética (TIGR en inglés), el cual diseña con su equipo un sistema atípico ya que, puesto que podemos analizar el genoma por trozos (cada cromosoma), si hacemos trozos con los cromosomas de algún modo conocido y luego montamos el resultado de cada trozo con otros hasta reconstruir los cromosomas, podremos acelerar el trabajo.

Era una aproximación heterodoxa, que a nadie se le había ocurrido y que

amenazaba el statu quo de la ciencia mundial. Dado que parecía atacar el problema disparando los análisis del genoma por muchos trozos (como si con cartuchos de perdigones lo disparásemos e hiciéramos mil pedazos), se denominó «método de la escopeta». Ya sabemos que al partir mucho más los cromosomas el problema es montar después bien el rompecabezas, pero ese era un problema mucho menor que el resto del análisis.

Los ortodoxos se llevaban las manos a la cabeza y, una vez allí, se tiraban de los pelos. No sólo porque alguien les estaba adelantando mientras se reía a carcajadas, sino también porque los laboratorios farmacéuticos, que eran los que apoyaban el proyecto de Venter, buscaban beneficiarse directamente de la información. Era, en suma, un abordaje del problema planificado por los departamentos comerciales de unas cuantas empresas, no una aproximación altruista a la ciencia.

La parte «comercial» esperaba que permitiera crear «medicina a la carta», aunque esto es una simplificación. Con este fin, el avance de Craig Venter se dedicaba fundamentalmente a buscar genes más que a secuenciar totalmente el genoma, ya que se creía que de los genes se sacarían provechos comerciales ilimitados. Una vez más el beneficio perseguido ayudó a la investigación, y el bien común se dejaba como subproducto del bien comercial para cuando sobrara tiempo de secuenciación.

Pero Craig Venter tampoco preveía que quizá en la parte «no génica», también llamada «ADN basura», estaba más de lo que parecía a primera vista, aunque llegaremos a ello un poco más adelante.

## **CUANDO HAY COMPETENCIA...**

Cada parte siguió con su análisis y dudaba de la viabilidad o de la velocidad del otro método. Nada estaba escrito, ni había razón alguna para que ambos fuesen excluyentes. Si el método secuencial era lento, también era mucho más detallado, mientras que el «método de la escopeta» se centraba en buscar genes y dejaba las zonas que no parecían tenerlos en segundo plano. También echaba mano de la información relacionada conocida (si conocemos

la estructura de una proteína y el gen que estamos reconstruyendo tiene una parte importante común, probamos lo que le corresponde de genoma echando mano de los otros trozos que encajen y aceleramos en vez de esperar a que se monten los trozos poco a poco). Además tenían que montar un rompecabezas con decenas de miles de piezas, lo que les dio muchos quebraderos de cabeza con la programación, que como puede comprenderse era mucho más complicada de lo imaginable.

Por supuesto, según el modelo oficial el otro método no servía porque no era como requería la ciencia, mientras que los heterodoxos decían que los convencionales no sabían hacer las cosas y que, en realidad, no tenían interés en terminar pronto el proyecto para no quedarse sin presupuestos. Ego, ego y más ego. Y zancadillas si se puede, que la utilidad parece secundaria a la realidad y la ciencia. Aquello, para quienes seguíamos el tema de cerca, parecía en algunos momentos un patio de vecindad de los de sainete costumbrista.

La verdad era que uno de los métodos prometía eternizarse aunque se trataba de que fuera en un tiempo corto y el otro método lo hacía rápido, pero según se decía era chapucero, ya que sólo buscaba zonas que prometieran genes. Cada uno tenía cosas buenas y fallos garrafales, ya que el tiempo de respuesta importa y también el que las cosas estén completas. Pero hemos visto que ninguno hacía las dos cosas, con lo que los dos eran buenos en algo y malos en otra cosa.

Al final se terminó el análisis entre los dos, con intervención del presidente de los Estados Unidos (que era el país que aportaba la mayor tajada del presupuesto oficial) para poner orden y repartiendo méritos para contentar el ego de todos los implicados, aunque dejando el ego de la especie algo deprimido, pues el genoma del hombre resulta ser mucho más pequeño que el de otras «especies inferiores» y para más inri, se parece al del chimpancé en un 99%, lo que da origen a todos los chistes fáciles que se necesiten.

**Y EN LA META HAY OTRA LÍNEA DE SALIDA**

Pero la principal consecuencia de la finalización del Proyecto Genoma Humano, independientemente de a quién se atribuyan los méritos, es que no hemos avanzado demasiado en la dirección que queríamos, pues ese gran porcentaje del ADN que no codifica genes y que, por lo tanto, no da lugar a proteínas y se consideraba que no influía en la definición de la especie resulta que sí que hace algo. Y es algo importante. No existe el ADN basura. Vamos a intentar explicarlo.

Un gen produce, en algún momento de su existencia, una proteína dejando que en su perímetro se condensen compuestos químicos afines que más adelante (con unos cuantos interesantísimos pasos intermedios) se desprenden formando una molécula libre, la «proteína», que se queda dando vueltas por el organismo haciendo labores de todo tipo. Las proteínas dirigen el desarrollo del cuerpo; durante la gestación, por ejemplo, el que haya una proteína u otra en circulación hace que tengamos cola o no (los humanos no, los chimpancés sí); o que nuestros ojos sean azules y pequeños o marrones y grandes o cualquier otra variante, combinación o rasgo imaginable; o que, en la pubertad, desarrollemos pechos grandes o pequeños o, si somos varones, no los desarrollemos en absoluto. Las proteínas nos dirigen y el ADN tiene la llave de la producción de todas ellas; millares y millares y más millares de ellas.

Pero ¿por qué las proteínas que hacen que desarrollemos glándulas mamarias (más o menos grandes) se ponen en circulación catorce o quince años después de nacer y no antes? ¿Por qué las que hacen que se desarrollen los dientes definitivos lo hacen unos años antes? ¿Por qué, en resumen, unas proteínas se «expresan» en determinados momentos y no en otros?

Es una pregunta fundamental. No es la única de las que esperan respuesta en este campo, pero sí que es de las «importantes». Y resulta que hay genes que producen más de una proteína. A veces se pliegan o se despliegan de distintas maneras y dan lugar a distintas proteínas. ¿Por qué?

## **EL CUENTO DEL PATITO FEO**

Pues parece ser que, en todo eso, lo que gobierna la «expresión» de los genes es esa parte del ADN que no produce genes. En otras palabras: el patito feo, el ADN basura, es el cisne que dirige la orquesta. Hasta el punto de que se han encontrado genes que pueden comportarse de más de un centenar de formas diferentes en distintos momentos, dirigidos en su comportamiento por esas partes vecinas en la larga molécula del ADN que, como no generaban genes, eran despreciadas por los *popes* de la genética.

De paso es lo que en realidad distingue el ADN del chimpancé del de ustedes o nosotros (decimos esto porque no esperamos que nos lea ningún chimpancé): el ADN de las especies «inferiores» no tiene comportamientos tan versátiles a la hora de producir diferentes proteínas ni de reaprovechar el código genético de tantas maneras a la vez.

Y por si todo lo anterior no fuese suficiente para redefinir el problema y hacer necesario recomenzar el estudio del genoma humano desde nuevos puntos de vista, resulta que mientras los genes los heredamos de nuestros padres según las leyes genéticas que ya Mendel escribió a mediados del siglo XIX, en el funcionamiento del resto del ADN no genético parece que sí que tiene una cierta influencia el comportamiento, la salud y la forma de vida, con lo que puede que se reabra en algún momento la tumba de Lysenko y se le pidan disculpas oficiales por todas las carcajadas que le llevaron al desprestigio.

En resumen, uno de los proyectos científicos más caros de la historia, el Proyecto Genoma Humano, al final se hizo por mucho menos dinero gracias a iniciativas privadas y, para cuando se terminó, había casi que empezar de nuevo porque la clave no estaba allí.

La nueva ciencia que estudia la parte no genética del ADN lleva el vistoso nombre de epigenética y oiremos hablar de ella en el futuro si conseguimos que los periodistas no se hagan un lío con todo el asunto.

## **Capítulo 50. Los transgénicos**

Este es otro capítulo de los polémicos. Y lo es porque hay mucho dinero de por medio y, en consecuencia, hay enormes presiones de una y otra parte para que la verdad que prevalezca sea la que a cada uno le interesa. Además, cualquier afirmación que aquí vertamos, al igual que si dijésemos justo lo contrario, podrá encontrarse apoyada por alguien en alguna parte y vehementemente atacada por otro u otros en cualquier otra parte del planeta informativo. Vamos a seguir nuestro propio criterio y que cada cual saque sus conclusiones (pero desde «ahora mismo» advertimos que esas conclusiones intentarán ser influidas por mucha y poderosa gente).

### **LAS SEMILLAS QUE PUEDEN LLEARNOS A LA GRAN HAMBRUNA**

Por empezar a disparar en alguna dirección: las semillas de trigo que se siembran en el pueblo de los ancestros de uno de los autores (en Cuenca, en el centro de España) producen hoy cosechas de cuatro a veinte veces más abundantes que las que se utilizaban hace medio siglo. ¿Eso está bien? La verdad es que resulta muy difícil negarlo, y hacerlo en la taberna de un pueblo dedicado a la agricultura sería buscarse fama de poco sociable.

Pero hace medio siglo el agricultor guardaba aproximadamente un tercio de la cosecha para alimentar a las mulas que le ayudaban en la labor y, sobre todo, guardaba un 10% o 15% como simiente para la siguiente cosecha. Ahora no puede guardar nada. Por un lado porque los tractores no se

alimentan de paja y grano (si ahora tratase de convertirlo en biocombustible, tendría que guardar casi toda la cosecha para ello) y, sobre todo, porque los granos de trigo que producen esas supersimientes son estériles: las multinacionales de la bioquímica se han cuidado muy mucho de que las simientes se las tengan que comprar a ellos año tras año.

¿Recordamos aquella época en la que las naranjas tenían en cada gajo un molesto huesecillo que era la simiente? ¿A que no hemos llorado su desaparición?

El agricultor ha recibido grandes beneficios materiales de la bioindustria, pero a cambio de una dependencia absoluta de ella. Si por cualquier motivo dejaran de estar accesibles las fábricas de simientes, descubriríamos que no queda trigo natural (ni muchas otras semillas básicas) suficiente como para sembrar más allá de unas parcelas anecdóticas y tendríamos varios años de hambrunas planetarias antes de poder reconducir la situación. Y la situación a la que llegaríamos tampoco sería satisfactoria, porque con semillas naturales no podríamos alimentarnos todos los humanos hoy existentes, habría que elegir quién comía y quién no.



Las naranjas (al igual que las mandarinas y muchos otros productos del campo) ya no sirven como simiente.

Y si pensamos que las vacas y los cerdos no están en la misma situación, para cambiar de opinión debería bastarnos pensar en qué comen esos



animales toda su vida y quién produce esos piensos y con qué trigos, sojas, etcétera. En nuestra opinión, sólo haber llegado a esta situación de fragilidad y dependencia ya es un auténtico desastre: ¿somos conscientes de que todo lo que comemos depende, de forma directa o indirecta, de lo que se desarrolla en unas pocas fábricas de alta tecnología que la mayoría ni siquiera sabe dónde están?

## **LOS TEMIBLES TRANSGÉNICOS (LOS QUE SÍ SABE LA GENTE QUE LO SON)**

Luego está lo de esos otros transgénicos que, a la vez, incluyen protecciones contra enfermedades o insectos y que levantan la ira más o menos fundamentada de alguna organización sólo porque no es tan «natural» como sería de desear, aunque suelen ser (no siempre) argumentos muy débiles. Por ejemplo, los diversos maíces transgénicos que consisten en semillas que resisten sequías o generan toxinas que espantan a los insectos suelen ser repudiados por su poca «naturalidad» pero los que así opinan suelen ignorar, a veces conscientemente, que el maíz es un caso claro de manipulación genética: el maíz que comíamos hace cien años ya era una semilla estéril manipulada genéticamente desde hacía decenas de miles de años para aumentar el tamaño y la cosecha, aunque se había manipulado por la «vía lenta» de seleccionar plantas, reproducirlas por mecanismos diferentes de la semilla y desechar las que daban peores cosechas. Como eso lo hicieron los agricultores centroamericanos mucho antes de que Colón desembarcase allí, esa manipulación se considera lícita a todos los niveles, pero si ahora se acelera el proceso por medios tecnológicos, eso ya es «transgénico» y es intrínsecamente pecaminoso, y cualquier insinuación de que perjudican la salud resulta aceptada sin discusión porque si a alguien en esa fiesta se le pasa por la cabeza pedir más datos que apoyen la afirmación de que es algo perjudicial, se puede encontrar convertido en un proscrito y bebiendo solo en un rincón porque nadie quiere acercarse a él.

## **LOS BONITOS, TIERNOS Y DECORATIVOS TRANSGÉNICOS**

Pero a la vez están cada vez más de moda perros y gatos y peces de colores obtenidos por modificación genética cada vez más agresiva para producir mascotas y animales decorativos que no tendrían ninguna posibilidad de supervivencia en la naturaleza aunque, como son seres que se ven y se palpan, no es fácil que produzcan la misma alarma social que cuando nos dicen que una lata de guisantes lleva una modificación en su genoma cuya diferencia con la lata de al lado ni vemos ni apreciamos.

## **Capítulo 51. El amianto**

¿No estaría mejor este capítulo en la sección dedicada a las obras públicas? Pues no, porque el amianto, como elemento constructivo, es un muy buen aislante, es estable hasta la eternidad, los tejados que se pusieron a mediados del siglo XX con esta sustancia no han dado todavía ningún problema de goteras o de envejecimiento. El amianto es un muy buen elemento para construir tejados, para ponerlo como aislante, o para rellenar huecos estructurales. Además, los bomberos también aprecian sus virtudes cuando forma parte de ropas o escudos aislantes, pues es ligero y soporta el fuego por un tiempo que, cuando se está en el fragor del incendio, parece eterno.

El desastre viene provocado por sus enormes virtudes de duración y resistencia.

### **CRISTALINA ETERNIDAD**

El amianto utilizado en construcción en forma de fibrocementos, también llamado asbesto, está formado por fibras, casi puros cristales, muy pequeñas y relativamente flexibles, que se pueden apelmazar y fijar unas a otras de muchas maneras. Al quedar a la intemperie esos cristales reciben el viento, el agua o la radiación solar y ni se erosionan, ni se oxidan, ni se descomponen de ninguna manera conocida.

Así, esos tejados hechos de Uralita, nombre comercial de esas planchas onduladas con aspecto de cemento pero que pesan mucho menos, soportan año tras año el sol y la lluvia sin envejecer. Lo malo viene cuando, hartos

quizá de que no envejezca o, lo más probable, porque el edificio hay que derribarlo por cualquier causa, esas planchas de amianto se trocean y se envían a la escombrera: en ese momento, las fibras indestructibles, al ser partidas, desprenden infinidad de esquirlas que, como un polvillo casi invisible, se quedan en el aire. Y como duran mucho, muchísimo, si no las respira alguien en ese momento, se quedan en el suelo hasta que las vuelve a levantar el viento, o se las lleva el agua a otra parte y con el tiempo vuelven a la atmósfera, o se las lleva un arroyo y pasan a ser tragadas por un pez que algún otro bicho cuadrúpedo o bípedo se come, etcétera.

El caso es que tienen infinidad de oportunidades para acabar en los pulmones o el estómago de alguien y allí son unos cristales muy pequeños y afilados, que producen microheridas y que no se disuelven en la sangre ni se marchan a ninguna otra parte. El resultado es que si se respira amianto, los pulmones pasan a tener que regenerar una y otra vez sus células básicas, que tienen que dividirse una y otra vez para cicatrizar esas microheridas con lo que en alguna de esas divisiones la lotería de la vida hace que una de esas células se divida mal y dé como resultado una célula cancerosa.

Respirar amianto/asbesto aumenta gravemente las posibilidades de sufrir cáncer, igual o más que el tabaco y por más o menos las mismas razones. Además, por comparación con los daños por radioactividad, el amianto no tiene fecha de caducidad mientras que si una persona ha sufrido una irradiación excesiva puede desarrollar un cáncer durante unos determinados años pero, superado ese período, los efectos de haber estado en contacto con elementos radioactivos son nulos.

## **ESTAMOS RODEADOS DE MILLONES DE TONELADAS DE SUSTANCIA PELIGROSA**

Las aplicaciones del amianto para la construcción en las últimas décadas del siglo fueron restringidas hasta la total prohibición, con gran pesar por el lado de los constructores, pero la catástrofe ya era inevitable, porque todos los miles y miles y muchos más miles de toneladas de fibrocementos

constructivos que se habían fabricado tarde o temprano acabarán convertidos en polvo mucho más difícil de controlar que los residuos radioactivos. Un par de ejemplos.

En 2010 se terminó un juicio contra la principal fábrica de amianto de los alrededores de Barcelona: el juez decretó algo más de cien mil euros de indemnización para cada uno de los afectados. La «suerte» para la fábrica es que hace un cuarto de siglo que cerró la producción de amianto y la mortandad natural añadida a la derivada de trabajar con amianto ha hecho que no queden tantos demandantes como hubiera podido ser el caso si el juicio se hubiese celebrado veinte años atrás.

## **ARMAS DE DESTRUCCIÓN MASIVA NO CENSADAS**

El otro caso que vamos a recordar es más espectacular, y fue causado en los años setenta del siglo XX, con el presidente Gerald Ford<sup>[43]</sup> inaugurando las obras y todo Nueva York aplaudiendo el inicio de la construcción de un nuevo complejo de oficinas que revalorizaría para siempre el sur de Manhattan y cambiaría el perfil de la ciudad con dos nuevas torres más altas que todo lo construido hasta entonces. Estamos hablando de las Torres Gemelas, en el World Trade Center, que el 11 de septiembre de 2001 fueron atacadas fatalmente por unos terroristas.

La espectacular nube de polvo que todos pudimos ver en la televisión cuando se hundieron las torres era en gran medida amianto, que se había utilizado de manera masiva como aislante y como relleno de todos los huecos de aquella gigantesca construcción. Un hueco vacío es guarida de todo tipo de bichos y detritos, pero relleno de amianto allí no prosperan ni las cucarachas (que se reproducen con soltura donde dos días atrás ha estallado una bomba nuclear).

Esa nube cubrió de gris la mayor parte de la ciudad y tardó semanas en ser barrida por las primeras lluvias. La cifra oficial de fallecidos en el atentado es de menos de tres mil personas, pero las estimaciones de las autoridades sanitarias hablan, cuando se atreven, de decenas de miles de

afectados de asbestosis, el síndrome de contaminación por amianto. Es muy posible que la cifra de víctimas de aquel tremendo atentado sea, a lo largo de los siguientes años, mucho más alta.

## **Capítulo 52. Aceite de colza (el síndrome tóxico)**

Miles de muertos, decenas de miles de afectados que arrastran las consecuencias durante décadas y un problema médico del que, treinta años después, sigue sin saberse con detalle qué lo causó. Fue una catástrofe, sin ninguna duda, y de las graves, pero si pudiésemos no tener en cuenta a las víctimas (difícil: la tarde en que escribimos este capítulo hemos estado hablando con una de ellas), las circunstancias en que se desarrolló la crisis sanitaria harían reír ante la sucesión de despropósitos, ante las noticias estrambóticas en la prensa, a la vista de un país en cuyas entretelas se sucedían descubrimientos de picarescas y corruptelas y quedando al descubierto un gobierno, llamado así porque al menos nominalmente eran quienes gobernaban, que daba la imagen de una comedia de enredo de esas en la que entran y salen personajes grotescos por todas las puertas a la vez y con un ministro de Sanidad declarando con solemnidad que «esto lo está ocasionando un bichito que si se cae se mata» (de verdad: eso dijo ante los micrófonos el señor ministro don Jesús Sancho Rof).

### **UNA TRAGEDIA DE ENREDO**

Era el año 1981 y en España gobernaba un partido de centro, UCD, que arrastraba bastante desgaste político. De repente, a primeros de mayo empiezan a aparecer casos que podían calificarse de neumonía (por los

pulmones afectados y otros síntomas) pero que, por otro lado, no resultaban curados, ni siquiera mejorados, por los medicamentos habituales. La neumonía es una infección de los pulmones y se combate con antibióticos, pero estos no hacían absolutamente nada contra esa enfermedad a la que, en principio, se le otorgó el confuso y poco imaginativo nombre de «neumonía atípica».

Y cada día aparecían decenas o incluso cientos de nuevos afectados, y muchos morían, y el resto seguían graves, y ni se sabía qué lo ocasionaba ni, mucho menos, se tenía una sola idea válida de cómo curarlos o, al menos, paliar sus sufrimientos. Era una epidemia que parecía fuera de todo control; en los periódicos se hablaba cada día en la portada de la «neumonía atípica» y lo único que nadie discutía era que los afectados sufrían un grave edema pulmonar que no remitía más que a base de dosis masivas de corticoides.

Desde el Ministerio de Sanidad se decía un día una cosa y al siguiente lo contrario. En un determinado momento se publicó que había una gran similitud con la psitacosis/ornitosis, enfermedad que transmiten los pájaros al hombre. La consecuencia de esa noticia fue fulminante: a la mañana siguiente la inmensa mayoría de los periquitos, jilgueros y canarios domésticos habían dejado de alegrar con sus cánticos los patios y terrazas (estaban en los cubos de basura; esperemos que sean benévoloos con los humanos y felices en el cielo pajaril al que les envió nuestra ignorancia y roguemos porque los supervivientes no vean cierta película de Hitchcock).

Como parecía afectar mucho más a las mujeres que a los hombres, alguien sacó la conclusión de que beber vino y cerveza protegía en alguna medida contra la rara enfermedad y los bares se convirtieron en refugio obligado por razones de salud. Varias semanas después y tras el «chusco» episodio del ministro de Sanidad declarando ante la prensa y la televisión lo del «bichito tan pequeño que si se cae se mata», de echar la culpa a los americanos («esto es una bomba biológica que se les ha escapado»), y de que el Dr. Muro nos contara que era por los pesticidas que se usaban en la agricultura no ecológica («la culpa es de los tomates», se llegó a escribir en los periódicos), el Dr. Tabuena, del Hospital Infantil del Niño Jesús, anunció que la causa era la ingestión de aceite de colza contaminado. De nuevo se



arruinaba otro sector económico, tras la venta de pájaros domésticos (que se recuperó parcialmente a la siguiente hipótesis), la venta del tomate y ahora las coles de Bruselas, usadas para producir un nuevo aceite vegetal que entonces se empezaba a fabricar en España. La cosecha de ese año se perdió.

Desde el punto de vista de la opinión popular, se llegó al paroxismo, pues a la desgracia colectiva de los miles de víctimas se unió el morbo del contrabando, de engañar a Hacienda, de que los extranjeros que lo suministraban también traficaban con uranio radioactivo, de unos aduaneros del puerto de Barcelona ante cuyos ojos se desembarcaban miles y miles de toneladas de aceite ilegal y no se enteraban de nada, de un gobierno que había hecho el más espantoso de los ridículos con sus declaraciones, etc. Menos mal que un doctor discreto y profesional que había solucionado el problema tras acordarse de que en Suiza había habido unos casos parecidos e interrogando a las madres (el suyo era un hospital infantil), confirmó su hipótesis, pues todas declaraban que le añadían aceite a las papillas para hacerlas más sustanciosas y que todas compraban el aceite en determinados mercadillos.

Había para llenar periódicos enteros cada día, desde la portada a la contraportada y sin saltarse las páginas deportivas, con algunos futbolistas afectados.

## **SIN FINAL NI CONCLUSIONES**

Desde el punto de vista médico era mucho más complicado. De hecho, todavía hoy hay grupos de afectados y médicos que investigaron el caso que sostienen que la causa de todo fue una serie de sustancias organofosforadas que se utilizaron en los cultivos de tomates. Es una polémica abierta y apasionada en la que no entramos, pues es muy difícil sacar conclusiones cuando uno de los argumentos es una «teoría de la conspiración» imposible de probar del todo.

Parece probado, o al menos es la versión más defendida, que el origen era el aceite de colza, que alguien importaba a bajo precio con la excusa de que

era aceite industrial para el engrase de máquinas. A ese aceite, como tenía unos impuestos mucho menores, para asegurarse de que no se utilizaba para alimentación se le añadía algo que lo hacía tóxico, lo mismo que se hace con el alcohol etílico (el del vino), que es barato de producir pero que lleva impuestos, salvo que se utilice para cuestiones médicas, en cuyo caso no paga impuestos pero lleva una determinada cantidad de alcohol metílico, muy tóxico y que produce ceguera o incluso la muerte.

Resulta que los importadores listillos habían descubierto que lo que se le añadía era aceite de ricino, y habían desarrollado un proceso de refinado que eliminaba por completo el ricino y, tras separarlos, vendían el aceite de colza como si fuese de oliva pero mucho más barato. Y lo debieron hacer francamente bien, porque durante muchos años ese fue un negocio próspero que no pareció perjudicar la salud de nadie, salvo la de las arcas públicas.

Lo malo vino cuando, sin consultar a los estafadores, se cambió la composición de los aditivos y, en vez o a la vez que el aceite de ricino, se empezaron a añadir anilinas que el proceso de refino no eliminaba.

## **¿PUEDE EL ESTADO ENVENENAR A LOS CLIENTES DE LOS ESTAFADORES?**

Se puede hablar bastante sobre la licitud de añadir un tóxico a productos que pueden derivarse al consumo alimentario, pero eso daría para un libro muy diferente a este, y en el que hablaríamos también del alcohol etílico para aplicaciones sanitarias, o de los badenes que se ponen en algunas calles para reducir la velocidad de los coches y que si algún conductor los ignora pueden producir averías y accidentes que, de otra forma, no se producirían. La ley admite la imposición de multas o incluso cárcel para esas faltas y delitos, pero al añadir anilinas al aceite, del mismo modo que al añadir metílico al alcohol o atravesando badenes justo antes de curvas o pasos de peatones se pueden estar imponiendo incluso penas de muerte a los infractores o a sus clientes.

## ¿POR QUÉ HACÍA DAÑO?

Se cambió el nombre del problema y, para mayor confusión general, de neumonía atípica pasó a hablarse de «síndrome tóxico», que tampoco quiere decir nada concreto.

La consecuencia de todo el síndrome tóxico pudo venir por el camino de que el benzopireno, que se produce por combustión de anilinas aromáticas como las añadidas al aceite de colza industrial, es cancerígeno (es tan maldito que incluso está en el alquitrán del tabaco) y pudo ser inhalado mientras se freían (sobre todo las señoras) otras cosas con el aceite de colza. Es posible, como tantas otras teorías de cómo unas anilinas acabaron produciendo una neumonía con el aceite como agente transmisor.

Pero la tragedia personal de los afectados que sobrevivieron a los primeros días de su crisis, curiosamente, «no» proviene de su intoxicación con esas anilinas, benzopireno, etc., sino por los efectos secundarios de tanto tratamiento a ciegas que sufrieron en las primeras semanas de la epidemia; en particular, por las dosis masivas de corticoides que se les aplicaron. Todo ello hizo también que fuese imposible estudiar los síntomas primarios de la enfermedad pues, para cuando se pudo intentar investigar en la dirección correcta, los síntomas y cifras de los análisis estaban enterrados bajo los efectos secundarios de los tratamientos que se les habían aplicado en las semanas iniciales.

Cuando se empezó a saber cuál era el problema y se empezó a tratarlo con algo más de tino, ya había más de dos mil quinientos muertos y unos veinticinco mil afectados en diversos grados. Tenían los pulmones en muy malas condiciones por el síndrome tóxico, pero su musculatura, piel y huesos estaban en un estado aún peor por los corticoides aplicados. Necesitaron años de recuperación, de ejercicios y tratamientos, las mujeres no pudieron tener más hijos y un importante porcentaje todavía arrastran secuelas graves, tanto físicas como psíquicas. Y esas personas son las que tuvieron buena suerte, pues hubo muchas que murieron en los primeros días de desorientación y malos tratamientos.

## **LA SOLUCIÓN, TARDE (AUNQUE BUENA)**

La única consecuencia positiva de todo ello es que se rehízo el código alimentario español que, hoy en día, es de los más avanzados del planeta. Pero todo eso no impide que se siga hablando de muchos casos realmente chuscos. Por ejemplo, en la investigación epidemiológica que se llevó a cabo con gran detalle, una de las preguntas importantes era la de «¿Qué hizo usted con el resto del aceite?», ante lo que varias respuestas eran del tipo de «pues ahí lo tengo, ¡con lo caro que está el aceite no lo iba a tirar!». Pero quizá la más grotesca fue la de una señora de cierta alcurnia que contestó: «ah, pues... se lo dimos a los pobres». Sin comentarios.

## **VII. DESASTRES QUÍMICOS**

# Introducción

La industria química tiene en su haber grandes logros que han hecho más fácil y cómoda la vida de la humanidad, pero también ha sido causa de dolor y no sólo por las aplicaciones perversas (gases para uso militar, empleo en cámaras de exterminio de los campos de concentración nazis, etc.), sino también por su uso sin medidas de seguridad adecuadas. Es quizá donde hay más riesgo de alarma social junto al tema nuclear (vuelve a tratarse de un peligro que suele ser «invisible») pero a la vez la dependencia de la sociedad moderna es total: no es concebible el desarrollo sin la industria química, nos guste poco o nada, y sin fertilizantes no habría hoy alimentos para media humanidad; si miramos a nuestro alrededor y eliminamos de nuestro panorama todos los plásticos, barnices, colas y pinturas, es probable que nos quedemos sentados en el suelo de una habitación gris casi vacía y, desde luego, no tendríamos con qué movernos sin combustibles para nuestros coches.

La frontera entre la química y la farmacología es a veces difusa. Hemos tratado de clasificar los casos de una forma coherente, pero si alguien discrepa de nuestro criterio, esperamos que de todas formas le resulte interesante esta sección. Expondremos unos pocos casos donde el uso indebido ha dado origen a sufrimiento y algún otro donde su uso sin conocer todas las implicaciones acabó creando situaciones de dolor de las que por lo menos se sacó la conclusión de que nada es sólo lo que parece: hay que pensar y estudiar «mucho» antes de decir que algo no es dañino y a veces se tarda años en saberlo. Que hoy lo sepamos todos es resultado de errores que la historia nos ha enseñado.

## Capítulo 53. Minamata

Minamata es el nombre que se da a una enfermedad provocada por la intoxicación con mercurio. A la vez es el nombre de una bahía japonesa de aspecto paradisíaco en la que hasta poco después de la Segunda Guerra Mundial la escasa población vivía en comunión con la naturaleza, pescando, cultivando y limitándose a una economía de subsistencia. La posguerra llevó al Japón al siglo XX de una manera en extremo traumática y los japoneses tuvieron, a la fuerza, que enrolarse en una carrera frenética por industrializarse partiendo del caos.

En las proximidades de Minamata se estableció una industria química, la Chisso que, cuando llegó allí poco antes de la guerra, fue una bendición para la economía local, pues esta empezó a tener un dinero extra con el que nunca habían soñado. Las condiciones industriales de Japón eran muy precarias, parece fácil imaginarlo, y apenas llegaban a producir mercancías baratas y de baja calidad, en general imitaciones de otros elementos occidentales. En ese entorno la industria química seguía unos métodos muy primarios (las industrias españolas de la época no eran mucho más avanzadas en algunos casos) y vertían a la bahía los desechos una vez diluidos para no sobrepasar el umbral de lo que se consideraba «tóxico».

### LO QUE IMPORTA ES EL TAMAÑO

Pero era el mismo caso del típico bebedor que se mete en el estómago toda una botella de *whisky* en una noche y, si alguien le critica, saca a relucir

el argumento de que «lo bebía con mucha soda». En la bahía de Minamata lo que importaba no era que se vertiesen los metales pesados muy diluidos, sino que el total, a lo largo de los años, sumaba toneladas y toneladas, principalmente de mercurio. Y las algas iban acumulando en sus tejidos el mercurio, y los crustáceos que se alimentaban de ellas se convertían en verdaderos transportes de cantidades ya peligrosas de mercurio y nos empezamos a preocupar en los años cincuenta, cuando empezaron a nacer niños con problemas neurológicos.

Se endurecieron las normas, poco a poco se ha ido eliminando el mercurio de todos los procesos en cuanto se encontraba una forma viable de sustituirlo por otros compuestos y en la actualidad hay despidos y problemas laborales en todas las minas de mercurio del mundo. Nos referimos a las pocas que siguen abiertas. Pero lo principal es que el problema de Minamata es un ejemplo típico, muy típico, de los problemas de la industria química en todo el mundo y en todo tiempo. Además, rara vez aceptamos prescindir de los productos fabricados por esas industrias, como es el caso del siguiente capítulo.



## **Capítulo 54. Bhopal (Union Carbide)**

Una mañana de finales de noviembre de 1984 nos despertamos en todo el mundo con la noticia de que en la India, en la ciudad de Bhopal, un escape de gas venenoso de una fábrica de la empresa Union Carbide había matado a no se sabía si centenares o miles de personas en sus alrededores. Muchos de nosotros alzamos las cejas al darnos cuenta ese día de que las pilas «de botón» de la mayoría de nuestros aparatos llevaban por detrás la marca del fabricante y este era Union Carbide: de alguna manera todos éramos cómplices de aquello.

### **LA HISTORIA QUE SE REPITE Y SE REPETIRÁ**

La historia de aquella maldita fábrica es muy típica: una multinacional que tiene que fabricar muchas toneladas de elementos «delicados» (abonos y pesticidas); un país emergente que propone terrenos y mano de obra barata y que, feliz coincidencia, es además uno de los principales consumidores de lo que se va a producir en esa factoría; una fábrica que se instala cerca de una ciudad para que los obreros puedan ir andando a trabajar, una ciudad que prospera y termina edificando todo el terreno alrededor de la fábrica, una sequía que baja el consumo de abonos y pesticidas de manera que la fábrica entra en crisis, despiden a muchos trabajadores y las tareas de mantenimiento se reducen al mínimo y se realizan con personal no tan experto como sería de desear, porque los buenos expertos han encontrado mejores trabajos. Y una noche se produce el error.

Quinientos muertos documentados, quizá más del doble en realidad, miles de afectados en diverso grado, algunos muy graves, doscientas mil personas expuestas a niveles tóxicos hasta tres veces superiores a los de las cámaras de gas hitlerianas. Lo que allí se fabricaba eran abonos (poco apetitosos para los humanos, aunque no estrictamente tóxicos) y pesticidas, tóxicos pero no peligrosos en su manejo. El problema es que para la producción de abonos y pesticidas se utilizan diversos productos que, si reaccionan entre sí dan isocianato, que no es tóxico en sí, pero es inestable y se transforma por su cuenta en cianhídrico (que es el viejo «cianuro» de las novelas de intriga).

Lo que sucedió en la noche del 19 de noviembre de 1984 es que hubo un escape de isocianato de metilo por una acumulación de problemas, ninguno grave aisladamente, pero todos juntos mortales.

## **EL HEREDERO DEL DDT**

La Union Carbide fabricaba Sevin; un producto barato y eficaz contra las plagas que causaban la pérdida de cosechas. La razón de su éxito estaba en que el anterior producto era el DDT, que había caído en desgracia por su toxicidad.

El del DDT es otro de esos grandes desastres químicos, pero tan diluido en el tiempo y el espacio que no es fácil hacer de su historia un capítulo interesante. Baste decir que todos nosotros portamos rastros de contaminación por DDT, aunque en cantidades para nada peligrosas.

Mientras el Sevin lo fabricaban en la India, en países como Francia o Alemania estaba prohibido el uso de los elementos precursores como el metil-iso-cianato (MIC) en la reacción química, ya que estaban muy sensibilizados contra los gases tóxicos a raíz del uso que ambos países les dieron a nivel militar en la Primera Guerra Mundial y tan sólo se autorizaba el uso en barriles para utilización inmediata según se necesitase. El cómo y dónde se produjese es un tema de los que ahora llamamos políticamente incorrecto, y no se pregunta, aunque se use el producto cuando sea necesario. Union Carbide lo fabricaba en Virginia y llegó a producir treinta mil

toneladas de MIC anuales.

## **EL COMERCIO AL POR MAYOR DE SUSTANCIAS VENENOSAS**

Preparados para monopolizar el mercado mundial, se instalaron en la India, con un mercado interno enorme y el área de ventas potencial de toda Asia. La India de los años sesenta tenía cuatrocientos millones de campesinos, las noticias televisivas sobre ella hablaban del hambre como luego lo hicieron en Etiopía y el Gobierno deseaba terminar con las cosechas perdidas. Por ello acuerdan unos y otros instalarse allí en 1975, comenzando por importar el MIC en barriles de doscientos litros desde Virginia (USA) a través del puerto de Bombay. La acogida fue excelente y pronto hubo que ampliar en Bhopal las instalaciones planeadas; de las dos mil toneladas iniciales del pesticida se pasó a las cinco mil, con lo que de paso evitaban que otra industria intentara entrar en ese mercado.

En 1980 se empezó a producir MIC a nivel local. En el proyecto se prepararon tres cisternas con capacidad de ciento veinte toneladas para almacenarlo, en contra de la opinión de mucha gente, entre ellos la del director que propició la instalación en la India.

A partir de la puesta en marcha de la producción del MIC hubo accidentes. Alguno de ellos llegó a contaminar las aguas y provocar la muerte de animales. En 1981 un obrero muere por saltarse las normas de seguridad y posteriormente más de veinte obreros resultan intoxicados al romperse una canalización.

Ya bien entrada la década de los ochenta una grave sequía hace que caiga la necesidad de Sevin y la producción baja, con lo que se reestudia la viabilidad de la planta, despidiendo a muchos técnicos y obreros especializados, así como realizando menos labores de mantenimiento. Con todo ello disminuye la seguridad y cuando se decide fabricar sólo bajo demanda el personal que la maneja está falto de cualificación, los materiales están envejecidos y la seguridad es muy precaria. Se piensa en su cierre o en el traslado de la producción a otro país.

## **EN CONDICIONES PRECARIAS, TARDE O TEMPRANO SUCEDE EL ACCIDENTE**

En este estado, unos obreros realizan por la noche tareas de limpieza (usando agua a presión) en las conducciones del MIC.

Dada la falta de prevención en las operaciones, el agua a presión arrastraba todo lo que había en el interior de las tuberías y habían ignorado que el sistema debía mantenerse estanco. Los desechos penetraron en una cisterna de MIC, y la mezcla de agua, sal de los residuos y el MIC provocó una reacción que gasificó el producto, la presión se disparó en el interior de la cisterna y, aunque esta aguantó, no lo hizo la válvula de seguridad, con lo que, cuando «era medianoche en Bhopal», como reza el título de una famosa crónica de la tragedia, salieron a la atmósfera los gases de forma imparable. Los bomberos de la fábrica no pudieron controlar el desastre y la nube tóxica se extendió por la zona y se dirigió hacia la ciudad. La fábrica fue evacuada y sólo se vio afectado el que ordenó la evacuación de la misma.

Los gases se descomponen en contacto con la atmósfera, y a partir del MIC se produce ácido cianhídrico (cianuro) entre otros; este es el gas que llega a la zona de chabolas de los alrededores de la fábrica y a parte de la ciudad, provocando la muerte allá por donde pasa.

Lo cierto es que en pocas horas abandonaron la ciudad veinte mil personas en estado de pánico, lo que provocó además múltiples víctimas debido a los accidentes de circulación. Los hospitales se saturaron y las consecuencias aún se arrastran pues en algunos puntos la toxicidad de la nube fue trescientas veces superior a la de las tristemente famosas cámaras de gas de los campos de concentración nazis.

## **INCLUSO PARA CERRAR LA FÁBRICA HUBO QUE DESALOJAR LA CIUDAD**

Union Carbide no tuvo mayores inconvenientes en cerrar la fábrica de forma definitiva, pero se tropezaba todavía con el serio obstáculo de que en ella quedaban más de doscientas toneladas de MIC en las dos cisternas que habían permanecido intactas, así que se decidió transformarlo en Sevin, dado que era la mejor elección para convertirlo en una sustancia estable y nada peligrosa.

Se hicieron reparaciones, se puso a punto de nuevo la fábrica, y se logró la transformación en Sevin de los restos antes de la clausura, pero dado el más que razonable miedo que provocaba el volver a ver en marcha a la fábrica asesina, un cuarto de millón de personas dejaron la ciudad durante el proceso final. Actualmente la contaminación en la zona sigue siendo importante, lo que no impide que vivan allí unas cinco mil familias.

## Capítulo 55. Seveso

En la extinta Unión Soviética era costumbre achacar los fallos de cualquier mecanismo que resultase defectuoso a que «era producción de lunes», pues ya desde la Segunda Guerra Mundial se había detectado que las bombas fabricadas los lunes tenían un porcentaje de fallos significativamente mayor que las producidas cualquier otro día de la semana.

La causa de ello no era tecnológica, a no ser que consideremos tecnología (social) el abuso del vodka durante los descansos del fin de semana. La causa del desastre que nos ocupa en este capítulo hunde sus raíces pues en la misma complejidad sociológica del descanso semanal, pero no sucedió por trabajar con resaca un lunes sino por las prisas para irse un viernes.

### **SE EMPIEZA CON «EN LO POSIBLE»**

Lo de Bhopal sucedió allí porque las normas de seguridad europeas, entre otras, ya por entonces ponían todo tipo de trabas a la instalación de industrias peligrosas en sus territorios: eran normas provocadas por el desastre de Seveso y, después de lo de la India, esas normas se siguieron endureciendo en lo posible. Pero siempre, en la industria química, hay que terminar como en la frase anterior: diciendo «en lo posible». Porque las presiones sociales para seguir contando con los beneficios de los avances químicos son enormes y no sólo en cuanto a pesticidas o medicamentos; siempre bien viene tener a mano una buena silicona a la hora de hacer arreglos en casa. Pues si a ese cóctel de presiones contradictorias le añadimos una cierta dejadez y las prisas de un

viernes por la tarde, lo que resulta es Seveso.

En esa localidad italiana, a pocos kilómetros de Milán, había una fábrica limpia y pulcra, que casi ni molestaba con su presencia. Producía, entre otros, un compuesto poco conocido que se usaba como defoliante para eliminar malas hierbas (y a veces también las buenas). El sábado 10 de julio de 1976 a las 12:37 se produjo un escape. Se estima que escaparon al exterior unos dos kilos de dioxina 2, 3, 7, 8-TCDD (tetraclorodibenzo-p-dioxina), y el mundo entero conoció el nombre del «agente naranja» que se usaba en las selvas de Indochina para destrozar las cosechas de Vietnam del Norte.

Sobre cómo se produjo el escape, sólo cabe decir que de la forma más estúpida.

## **Y SE ACABA CON «COMO ERA DE ESPERAR»**

En esa planta, como en tantas y tantas, se trabaja por lotes; es decir, se carga un depósito especialmente preparado para ello con un compuesto químico, por ejemplo dos toneladas de triclorobenceno (TCB), se añade una tonelada (aproximadamente, no estamos aquí para dar la fórmula de uno de los venenos más potentes que existen) de hidróxido de sodio, otras tres de etilenglicol y otra media tonelada de xileno. Eso se remueve durante un tiempo y, cuando ya ha terminado de reaccionar todo, se añade el siguiente compuesto, etcétera.

Pero esa reacción tardaba un tiempo en completarse y para ello había que tener en marcha los mecanismos para remover y refrigerar; sin embargo, se estaba haciendo a la hora de irse a casa y era viernes. Así que se paró el removido de los tanques, imprescindible para que la reacción siguiese, se cortó la refrigeración, que ya no era necesaria puesto que se había dado al botón de «parar» el proceso (o al menos de la parte visible y audible del proceso) y se cerró la fábrica hasta la semana siguiente. Eso no es especialmente grave en la mayoría de los casos; de hecho muchas reacciones químicas necesitan ayuda externa para producirse y lo normal es que se tenga que calentar la mezcla, removerla con energía, etcétera.

## **ALGUNAS REACCIONES, IGUAL QUE LOS BARCOS, NO TIENEN «FRENO»**

Pero esta reacción química en particular no había que calentarla sino enfriarla: es «exógena», que es la manera docta de decir que desprende calor.

El depósito estaba muy caliente durante el proceso y, si es cierto lo que se dijo en la investigación del accidente, no habían terminado de reaccionar todas las sustancias que se habían introducido, por lo que, aunque fuese el final de la jornada para los operarios y pese a que se había detenido el mecanismo que removía la mezcla en el depósito, los elementos químicos siguieron trabajando por la noche y se siguieron mezclando de formas que los alquimistas hubiesen aplaudido, mientras los inquisidores de los años oscuros hubiesen condenado a la hoguera a todo aquel que hubiesen encontrado por los alrededores y cualquiera que hubiese asomado la nariz a la marmita habría muerto en el acto.

Porque en la soledad de una noche de fin de semana en un centro de trabajo cerrado se estaban formando compuestos químicos diversos, algunos como etapas intermedias de la reacción general, en particular cantidades importantes de triclorofenoato de sodio, que estaba reaccionando a continuación con hidróxido sódico, lo cual produce esa peligrosa dioxina de la que estábamos hablando.





Aspecto de la entrada a aquella fábrica.

El caso es que a  $180^{\circ}\text{C}$ , que era la temperatura máxima prevista en el proceso, no se forma casi nada de TCDD, pero si la temperatura alcanza  $250^{\circ}\text{C}$ , la reacción química se dispara (en química es normal que al aumentar la temperatura se aceleren los procesos: por eso cocinamos con fuego). Las cantidades generadas son del orden de nada si se llega a  $150^{\circ}\text{C}$ , menos de una parte por millón si la temperatura sube a  $180^{\circ}\text{C}$  y miles de veces más si se alcanzan los  $250^{\circ}\text{C}$ .

Esa noche se dejó el depósito desatendido, sin refrigeración y con una reacción en marcha que produce calor. En la mañana del sábado saltó la válvula de seguridad por exceso de presión interior y, otro grave fallo, el escape iba a parar directamente a la sufrida atmósfera.

## **PREVENIR DEMASIADO TARDE NO ES PREVENIR**

Hoy en día las normativas industriales europeas son mucho más rigurosas y, aparte de que no se permite cerrar la fábrica y dejar una reacción así desatendida, la válvula de seguridad no puede dar a la atmósfera, sino que debe dar a otro depósito de alivio en el que se pueda retener el escape hasta que se sepa qué hacer con él.

Las normas europeas de seguridad industrial se endurecieron mucho tras aquel acontecimiento y se han ido perfeccionando desde entonces. Las que son de aplicación en 2011 reciben el significativo nombre de Directiva Seveso III. Lo único que tienen de malo esas depuradas normativas es que sólo son de obligatorio cumplimiento en el territorio de la Unión Europea, por lo que cualquier empresa puede saltarse esa directiva sin más que contribuir a la prosperidad de cualquier país que sea tercermundista o que, al menos, tenga una normativa menos estricta y permita edificar allí sus fábricas. Es difícil que los europeos podamos tener la conciencia tranquila mientras comerciamos con quienes fabrican (lo que compramos) saltándose las reglas que hemos decidido imponernos a nosotros mismos por humanismo, seguridad o, simplemente por justicia. Este es uno de esos casos.

## **LA MEJOR OPCIÓN: CORRER**

Hubo cientos de personas desplazadas de su residencia y cientos de kilómetros cuadrados contaminados. Aun siendo ilegal el aborto en el país se permitió abortar a cuatrocientas mujeres con la previsible y frontal oposición del papa; la sociedad italiana quedó sobrecogida.

Centenares de personas sufrieron problemas graves en la piel, que les dejaron cicatrices. Unos treinta mil animales murieron, pero no a causa de las dioxinas, sino por hambre: la población huyó abandonándolos en corrales y cercados sin posibilidad de comer ni beber nada. Hoffmann-La Roche, la empresa suiza dueña de la fábrica, todavía está pagando indemnizaciones.

Llegaron a quitar la capa superficial de la zona más contaminada, (primero treinta centímetros, aunque posteriormente quitaron más de un metro), la metieron en bidones y la aislaron. Se habla de dos mil toneladas de material pero otra parte del problema seguía estando en el mismo sitio: ¿qué hacer con la planta? Y, si eso era capaz de hacerlo una cantidad pequeña de producto, nadie quería asumir la situación de que se siguieran fabricando esas sustancias en su zona. Al final se cerró y se convirtió el terreno en un parque público.

También se habló de que esa dioxina se estaba fabricando allí como armamento químico; si así era o dejaba de ser, es algo enterrado en los secretos que tiene todo «lo militar».

## **LA LARGA SAGA DE LOS BIDONES CON RESIDUOS**

Lo de los bidones con muchas toneladas de los residuos más peligrosos fue otra historia, con intriga, corrupción, política internacional y mucho más: seguro que esa esquina del desastre daba por sí sola para una película interesante. Entonces se dijo que Hoffmann-La Roche se los llevaba a Suiza, pero un tiempo después, justo cuando alguien preguntó por esos bidones en 1982, resulta que no los encontraban por ninguna parte. Al cabo de unos meses aparecieron en un granero en Francia. En 1984 se procedió a su incineración en Suiza: con el calor se descompone la dioxina y se convierte en elementos simples e inocuos.

En 1992 se encontraron en un vertedero de Schönberg, en la antigua Alemania del Este (la reunificación alemana era muy reciente), ciento cincuenta toneladas en bidones como los de los residuos de Seveso, puestos allí por Mannesmann, y «erróneamente» documentados como «cloruro de sodio», o sal. Se sospechó (y se sospecha) que la supuesta incineración de Suiza sólo involucró los suficientes bidones como para salir en los periódicos y la televisión. La región báltica de Mecklemburgo-Pomerania, donde se encuentra Schönberg (no confundir con Schömborg, al este de Múnich), inició una investigación, solicitando la participación de las autoridades italianas y francesas, pero no se ha podido rastrear el destino del resto de los bidones.

## **LA TOXICIDAD DEL PLOMO EN FORMA DE BALA**

El responsable sanitario de la región de Lombardía, el profesor Chetti, fue tiroteado y sufrió heridas en las piernas y el director de producción de la

fábrica, Paolo Paoletti, fue también tiroteado unos años después. El señor Paoletti falleció a consecuencia de las heridas y es la única persona que murió relacionada con aquel accidente (descontando los abortos).

Los años han pasado, Seveso es una población con escasos ingresos por turismo en el camino entre Milán y el lago de Como, los afectados han seguido viviendo y envejeciendo (y falleciendo por causas naturales) y allí ya no hay ninguna fábrica de productos químicos, pero los agricultores de la zona siguen utilizando herbicidas sin hacerse la pregunta clave: ¿dónde se fabrican ahora ese tipo de productos?

## Capítulo 56. Freón

Freón es un nombre genérico que se aplica a una serie de gases que contienen flúor. Lo podemos encontrar con el nombre de halón y muchos otros.

Sus propiedades, sobre todo su gran estabilidad química, los hace ideales para muchas aplicaciones, sobre todo para sistemas de refrigeración (son el mejor gas que se puede utilizar en el circuito de enfriamiento de neveras y de acondicionadores de aire) y para extinguir incendios: si comparamos un extintor de cuatro kilos de freón con otro de seis kilos de polvo (en esos extintores se suele utilizar una variante del bicarbonato sódico tan útil en caso de indigestiones) y otro de ocho kilos de anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ), veremos que el de ocho kilos es capaz de apagar unas seis veces un bidón de gasolina ardiendo, el de polvo lo apaga unas ocho o diez veces y el de freón lo apagaba veinte veces o más (es una de esas cosas que hemos hecho en persona alguno de los autores). Decimos «lo apagaba» porque ya no se permite su utilización.

Ahora las neveras son más caras y consumen mucho menos que treinta años atrás, pero gastan un poquito más de lo que gastarían si todavía llevasen halón en su interior. Los extintores son menos efectivos y cantidad de sensores médicos y de todo tipo han tenido que reinventarse para no utilizar ningún tipo de freón, mientras que hasta 1975 ese gas se utilizaba incluso para rellenar los esprays de laca o de desodorante, pues además era barato y no reaccionaba con nada, por lo que no cambiaba las propiedades químicas de lo que sea que impulsase a salir del bote cuando apretábamos el botoncito.

## DEMASIADO BUENO PARA ESTE MUNDO

Es un caso parecido al del amianto, pues la parte mala es que eso de no reaccionar con nada y ser estable por mucho tiempo hace que el freón, halón, etc. se acumule en la atmósfera a largo plazo, alcanzando grandes alturas, decenas de kilómetros de altura y allí, bombardeadas sus moléculas por los rayos solares sin apaciguar por el paso de la atmósfera, sí que se descomponen y reaccionan con el ozono (una molécula de oxígeno con tres átomos en lugar de los dos del que respiramos).

El ozono empezó a desaparecer a bocados de la atmósfera en la vertical de la Antártida, que es donde se forman los remolinos más estables a esa altura, y fue sencillo darse cuenta de que si ese proceso seguía al mismo ritmo, nos quedaríamos sin ozono en toda la atmósfera.

—¿Lo echaríamos de menos?

—Sí, mucho.

Lo echaríamos mucho de menos porque el ozono es lo que filtra una parte importante de la radiación del sol. El ozono elimina la mayor parte de los rayos ultravioletas y nosotros, a la vez que todas las plantas y animales, simplemente no estamos acostumbrados a tanta radiación ultravioleta, hemos evolucionado sin «disfrutarla» en demasía y si en unos años la tuviésemos encima con mayor potencia de lo que estamos acostumbrados, nos provocaría infinidad de inconvenientes, empezando por el cáncer de piel.

Por eso se prohibió el freón y toda su familia de compuestos, con grandes pérdidas en muchos tipos de industria, y ojalá lo hubiéramos prohibido antes, pues el daño en la capa de ozono, aunque ya ha comenzado a disminuir en el arranque del siglo XXI, ha dañado la piel de la humanidad entera durante las décadas que han tardado los científicos en conseguir ser escuchados por los políticos.

Por cierto, una nota de un desastre que no llegó a ocurrir relacionado con la capa de ozono: en los albores de la carrera espacial se llegó a plantear un «satélite» de órbita ultrabaja que diese vueltas a la Tierra justo a la altura de

la capa de ozono. Era más bien un avión de grandes alas y la gracia que tenía es que se planteaba que utilizaría el ozono como combustible para volar eternamente. Resultó que no se llegó a desarrollar un motor de ozono con un rendimiento suficiente. Y menos mal. Si el proyecto hubiese tenido éxito, se hubiese comido la capa de ozono a gran velocidad y para cuando lo quisiésemos prohibir quizá hubiera resultado que la oposición viniera de los militares, porque el aparato que volaba eternamente era la plataforma ideal para llevar cámaras y ser el perfecto avión espía. En ese caso es probable que no nos hubiésemos llegado a enterar de que existía hasta ser demasiado tarde.

## **VIII. OBRAS PÚBLICAS**



# Introducción

Las grandes obras públicas son un reto técnico muy peculiar: construir un gran edificio, una carretera, un puente, etc. conlleva unos cuantos contrastes. Una carretera se planifica para tener un ancho que se mide en centímetros y en una larga carretera contratada con unas dimensiones determinadas, hacerla un centímetro más estrecha puede significar millones de euros de beneficio para alguien. En cambio, frente a esas precisiones centimétricas al final se trabaja con millones de toneladas de movimientos de tierra. La carretera la diseñan ingenieros de caminos con herramientas sofisticadas para calcular pendientes y ángulos de giro al milímetro; y después se construyen con enormes camiones y obreros para los que «un palmo» más arriba o más abajo no significa nada importante.

No vamos a hablar de una grieta en una carretera, pero es evidente que una desviación a veces ínfima en la ejecución de estas grandes obras puede tener efectos muy espectaculares y aleccionadores.

## **Capítulo 57. El puente de Tacoma**

Muchos podemos recordar que cuando estudiábamos en el colegio (en nuestro caso cuando estudiábamos el bachiller), nos contaron que los soldados dejaban de marcar el paso al atravesar los puentes porque (nos decían), al pasar marcando el paso por un puente de Alemania este se rompió. A la mayoría le podía sonar un poco raro si no se explicaba mejor, y el tema podría haber quedado en un dato curioso y pendiente de comprobación para los más aplicados, pero la verdad es que se había dado el caso y de una manera muy espectacular.

En Estados Unidos, donde dicen que todo se hace bien (sobre todo lo dicen los norteamericanos, pero es que son los que dicen la mayor parte de lo que oímos), el 7 de noviembre de 1940 se hundió uno de los puentes más grandes del mundo (el tercero más grande) en la bahía de Tacoma, aunque no por el marcial desfile de unos soldados, que ni siquiera en la Alemania de los años cuarenta marcaban el paso más que en situaciones muy concretas y durante unos cientos de metros. A ese gran puente lo derribó el viento, un viento no demasiado fuerte, pero que iba a una velocidad muy concreta.

### **SI ALLÍ NO HABÍA UN PASO, HABÍA QUE INVENTARLO**

Si miramos un mapa de Norteamérica, en la costa del Pacífico, justo en la frontera entre Estados Unidos y Canadá, hay una bonita bahía, llena de entrantes y salientes. En el lado canadiense está Vancouver y en el lado estadounidense veremos enseguida la ciudad de Seattle.

Seattle ya era en 1940 una ciudad próspera gracias, entre otras, a empresas como Boeing, que hacía aviones civiles y militares, y varias otras dedicadas en exclusiva a la fabricación de armamento. Años después sería más próspera aún gracias a recién nacidas como Microsoft, y nos puede sonar que cerca de allí estalló en mayo de 1980 el volcán Santa Helena (una gran catástrofe, pero nada tecnológica).

Pero en aquellos años treinta y cuarenta en que había una guerra en Europa que a Estados Unidos sólo le afectaba en la forma de un gran aumento de producción industrial para fabricar armamento y exportarnos a los europeos lo que no podíamos fabricar por «los desastres de la guerra», en esa esquina del mapa uno de los principales problemas era que en una zona tan geográficamente enrevesada, con brazos de mar que entraban decenas de kilómetros tierra adentro, dirigirse desde Seattle hacia el oeste significaba subirse a un barco o dar un rodeo de docenas de kilómetros. Y había un punto especialmente apropiado un poco al sur de Seattle, en la bahía de Narrows (‘estrechos’, en inglés) en Tacoma. Se hacía necesario construir un puente allí.

Aunque ya desde mediados del siglo XIX había proyectos de un puente en ese punto, fue en la década de 1920 cuando aparecen las primeras iniciativas serias (es decir: poniendo dinero en ello) y se abrió un concurso con las condiciones técnicas correspondientes, entre las que constaba que debía soportar vientos de hasta doscientos kilómetros por hora.

Varios importantes ingenieros se vieron involucrados en los primeros momentos, como Joseph Baermann Strauss (que más tarde participó en la construcción del puente Golden Gate de San Francisco), y David Bernard Steinman. Este último llegó a trabajar un tiempo en el diseño, pero la escasez del dinero para la construcción fue posponiendo el comienzo de las obras hasta más allá de su paciencia.

## **¿QUEREMOS UN PUENTE SÓLIDO O FLEXIBLE?**

En 1937 se retoma el proyecto y Clark Eldridge presentó un diseño en el

que se especificaban unas vigas para poner como calzada del puente, con nueve metros de espesor para darle la mayor rigidez. Pero ahí fue donde intervino Leon Moisseiff, un lituano que llegaba avalado por su intervención (como uno de los diseñadores) en la construcción del Puente de Manhattan. Moisseiff era partidario de que un puente colgante, como el que se estaba planteando, debía ser tan flexible como fuese posible, pues así sería también lo más ligero y barato que se podría construir.

Sus ideas fueron tenidas en cuenta en la construcción del Golden Gate de San Francisco, que se inauguraba justamente en esos días, y la propuesta aún más radical de Moisseiff para el de Tacoma incluía la utilización de vigas de dos metros y medio de espesor (menos de la tercera parte de lo calculado por Eldridge). Se aceptaron sus propuestas con rapidez y en ello es probable que influyera, y mucho, que el coste del proyecto bajaba de los once millones de dólares de la propuesta de Eldridge a sólo ocho millones en la de Moisseiff.

Financiado en parte con fondos públicos y el resto sobre los ingresos previstos por el peaje, el 23 de noviembre de 1938 se comenzó por fin la construcción del anhelado puente y, el 1 de julio de 1940, se inauguró al tráfico.

## **UN DINOSAURIO GALOPANTE**

Enseguida se vio que el puente se movía demasiado, sobre todo en sentido longitudinal: la mitad oeste del vano principal subía a la vez que la otra mitad bajaba y viceversa. Los coches que enfilaban el puente (de un carril en cada sentido) veían a otros coches que se acercaban de frente y los dejaban de ver cuando esa parte de la calzada bajaba. Se ganó en seguida el apodo de *Galloping Gertie* ('Gertie galopante'). Gertie era un popular personaje de los dibujos animados de unos años antes: un dinosaurio torpón y asustadizo que ocasionaba numerosos accidentes cuando jugaba con maneras de bebé; su diversión más característica era agarrar los vehículos de la gente con la que se cruzaba y lanzarlos por barrancos o contra las farolas (el humor también ha evolucionado a lo largo del siglo XX).

Los ingenieros, de todas formas, insistían en que no había peligro en las subidas y bajadas de la calzada del puente, porque eran oscilaciones «longitudinales» y no hacían sufrir la estructura, que estaba preparada para ello. Los diseñadores del «Puente del Milenio» de Londres dijeron algo muy parecido sesenta años después. Pero el 7 de noviembre, apenas cuatro meses después de la inauguración, el viento soplaba de lado. Apenas a unos sesenta kilómetros por hora, muy por debajo de los doscientos para los que estaba preparado, pero a esa velocidad el puente entró en resonancia.

## **LOS PUENTES NO DEBEN UTILIZARSE COMO COLUMPIOS**

Hablemos de resonancias. Hasta los niños saben (de forma empírica, pero lo saben), que para que un columpio se balancee a lo grande no es necesario aplicar mucha fuerza, sino aplicarla con cierto ritmo; el ritmo exacto se encuentra con el propio balanceo: hay que aplicar la fuerza (aunque sea poca) cuando el columpio está más arriba, y debe estar dirigida hacia el centro: con eso y un bizcocho se pasan unas tardes estupendas.

Es un ejemplo de aplicación de una fuerza que entra en resonancia con el columpio: la fuerza tiene la misma frecuencia que la frecuencia natural de balanceo y el efecto es que se acumulan los sucesivos empujoncitos. Pero ¿cómo un viento constante puede hacer ese efecto? El viento, efectivamente, no empujaba y dejaba de empujar con un ritmo constante. Pero ahí toma importancia la forma (y el tamaño consiguiente) de las vigas con las que se había montado la calzada.

Para empezar, estaba hecho con unas vigas que, vistas desde uno de los extremos del puente, tenían forma de letra H, cuya parte horizontal (muy estirada la letra) era la que soportaba la calzada, mientras que las dos partes verticales de la letra eran los laterales del puente, donde se enganchaban los cables de soporte y, conectadas a las siguientes «H» por delante y por detrás, daban rigidez longitudinal (poca, sólo la justa) al puente.

En el gran puente, esas partes «verticales» de la «H» formaban sus laterales. En otros puentes, como el glorioso Golden Gate, esa estructura no

está hecha en base a una viga maciza, sino con una rejilla de vigas más pequeñas, al estilo que vemos en la Torre Eiffel y en los grandes pilares de los tendidos eléctricos levantados por el campo, que es muy difícil que tengan problemas con el viento. Ello tiene la desventaja de que soporta peor los golpes y que cualquier defecto en cualquier pequeña pieza compromete la rigidez del conjunto. En otras palabras: hay que construirla con mucho cuidado y es cara. Su ventaja, que es bastante más ligera y que deja pasar el aire a su través. Esto último resultó ser lo más importante de todo en Tacoma.

La fuerza del viento sobre cualquier estructura crece mucho con la velocidad. No hay más que ver (y oír) a los coches de la Fórmula 1 para darse cuenta de que vencer la resistencia del viento puede ser un trabajo muy pesado.

## **LA (ENORME) FUERZA DE LA BRISA**

Si disfrutamos de la velocidad y sensación de potencia que muestran en su avance los grandes veleros de competición, es evidente que el viento, sobre velas de seiscientos metros cuadrados como las de la Copa América, puede mover muchas toneladas de barco y hacerlo con brío. En el caso del Puente de Tacoma-Narrows, estamos hablando de una «vela» de ochocientos cincuenta metros de largo y varios metros efectivos de altura; era una gran vela, de más de tres mil metros cuadrados, y actuaba sobre una estructura muy flexible.

Ese viento lateral empezó a mover el puente hacia los lados, y a las diez en punto de la mañana de ese 7 de noviembre de 1940 el movimiento era tan exagerado como para que los periodistas empezasen a sacar película del puente en la convicción de que de un momento a otro iban a grabar su hundimiento (tres años antes habían proyectado en todos los cines el incendio del *Hindenburg*, en una de las secuencias más dramáticas jamás filmadas; sólo comparable al hundimiento de las Torres Gemelas el 11 de septiembre de 2001). Incluso grabaron cómo abandonaba su coche (dejando a su perro dentro) el último usuario del puente, un tal Leonard Coatsworth, porque nadie

había cerrado el peaje.

En la película se aprecia cómo, en los últimos metros, Leonard avanza muy abierto de piernas apoyándose en uno u otro pie según el momento del balanceo. Vendrá bien recordar este detalle al hablar del Puente del Milenio de Londres. También se puede ver en la película cómo el puente, cuando se mueve a favor del viento, lo hace con el lateral que recibe el viento «levantado», y cuando vuelve, lo hace con ese lateral «bajado». Esa es la consecuencia de estar colgado de dos filas de cables nada más y es, además, la mejor manera de aprovechar el viento para balancearse si estuviésemos en un columpio. La torsión del puente, que levantaba el lateral que daba al viento aproximadamente «una vez por segundo», aprovechaba al máximo la fuerza del aire a esa velocidad a la que el balanceo también movía el puente a izquierda y derecha (siempre visto desde uno de sus extremos) justo también «una vez por segundo». Esa era la resonancia: que el movimiento de torsión subía y bajaba el lateral del puente una vez por segundo y el viento, que a velocidades bajas lo movía más despacio y a velocidades altas lo movía también a otras velocidades, a justo sesenta kilómetros por hora lo balanceaba sin embargo a ese mismo ritmo de una vez por segundo y siempre pillaba con el lateral alzado a la hora de empujar y con el lateral bajado a la hora en que se movía contra el viento; el empuje mayor se acumulaba en balanceos cada vez más largos, como un columpio grande y carísimo.

Por fin, a las once y diez, ante el asombro de los espectadores por lo mucho que había aguantado, el puente se rompió por el centro, cayó al fondo de la bahía y dejó de balancearse para siempre.



## **Y EL SEGURO SIN PAGAR**

Se estudió el caso, se sacaron las correspondientes conclusiones (que aquí hemos resumido) y se construyó otro puente aprovechando apenas parte de las cabeceras (la conexión del puente con el terreno a uno y otro lado de la bahía) y los cimientos de los pilares. Por cierto, como guinda del desastre, una parte del seguro que habían contratado para casos de accidentes, unos ochocientos mil dólares, no se pudo cobrar porque el corredor de seguros se había guardado la prima en su bolsillo en lugar de hacerlo en la caja de la compañía de seguros.

El nuevo puente se inauguró en 1950 y todavía sigue en pie. En 2007 se terminó otro, paralelo al anterior, para absorber el aumento del tráfico.



## Capítulo 58. Túneles

No sólo en el caso de los puentes resulta exacto el dicho de que «si lo haces mal te toca hacerlo dos veces»: también en el caso de los túneles, aunque la verdad es que no se ha dado esa situación en ningún túnel importante. Pero imaginemos. Empezar un túnel es sencillo: se decide dónde empieza y, con o sin ceremonia, se empieza a excavar.

Para entonces debemos tener una idea precisa de dónde esperamos que salga la excavadora por el otro lado de la montaña y resulta muy tentador empezarlo por los dos extremos a la vez: se tarda la mitad, porque el factor limitante de los trabajos en los túneles es que sólo se puede excavar en el punto de avance, y cada vez hay que sacar los escombros a mayor distancia y por el túnel que se está haciendo.

Entonces aparecen los problemas. El punto de entrada y el de salida del túnel se pueden precisar por medidas topográficas, midiendo distancias a los picos de los alrededores, a los campanarios de los pueblos cercanos y, en los últimos años, incluso apelando al GPS. Pero en cuanto nos metemos en el agujero, todas esas referencias desaparecen y para saber por dónde vamos, la única opción es ser en extremo precisos en nuestro avance, aunque en una obra como esta, hasta el advenimiento del láser y los giróscopos de precisión, un error de unos centímetros en cien metros era inevitable.

Pensemos que estamos manejando maquinaria de grandes dimensiones y, por lo tanto, bastante imprecisa. Y esas desviaciones pueden suceder en direcciones contrarias en los dos frentes de excavación que avanzan uno hacia el otro a través de la montaña. Ahí es donde se hace comprensible lo que uno de los profesores que nos enseñó topografía solía decir acerca de la

precisión en las medidas: «Si lo haces bien, obtienes un túnel; si lo haces mal, acabas excavando dos túneles completos, pero no te felicitan por ello».

No hay grandes pifias en esta rama de la ingeniería, pero sí que hay muchos túneles, muchos, sobre todo los anteriores al último cuarto del siglo XX, que tienen a su mitad un pequeño zigzag, o un suave badén, algo que a veces sólo se nota en el techo, una irregularidad donde se conecta una mitad del túnel con la otra, pues, cuando uno y otro frente se alcanzaron, resulta que habían acumulado un error de unos palmos en un sentido o en otro.

Por eso los grandes túneles, como el del Canal de la Mancha o el de Seikan en la isla japonesa de Hokkaido (cincuenta y tres kilómetros, casi todo bajo el mar) son unas obras admirables. Y por eso también, los últimos metros se excavan casi a mano, sin aprovechar las macroexcavadoras que a la vez que hacen el agujero lo van cubriendo de placas de hormigón: así es posible corregir errores de unos cuantos centímetros al hormigonar el empalme final, porque esos centímetros son inevitables: ya es bastante con acertar después de veinte kilómetros en un área de pocos metros, no se puede pedir más puntería.

## Capítulo 59. Otras resonancias molestas (los trenes de alta velocidad)

Los japoneses fueron los primeros en poner en explotación un tren de alta velocidad. El Shinkansen unía ya en la década de los sesenta Tokio con Osaka a más de trescientos kilómetros por hora.

Un tren así tiene que utilizar una tecnología muy avanzada en todos sus elementos. Por poner sólo un ejemplo, tiene que ir presurizado (¿nos acordamos de los problemas del *Comet* en la parte dedicada a la aviación?), pues en caso contrario, al pasar por un túnel el choque aerodinámico, el rebote en las paredes de la onda de avance, nos daría un golpe de presión que nos reventaría los oídos a todos los pasajeros. No es una presurización que tenga que soportar una ascensión suave a una altura determinada como en el caso de los aviones, sino que debe estar preparada para golpes aerodinámicos muy violentos a cada túnel o puente que se cruce en la ruta. No: no es trivial aumentar la velocidad de un tren por encima de ciertos límites.

Y uno de los elementos críticos en todos los trenes eléctricos, pero mucho más en esos trenes tan rápidos, es el «pantógrafo», ese artilugio que va encima de la máquina del tren tocando «con delicadeza» la línea eléctrica, línea que se suele llamar catenaria por la forma geométrica que hace el hilo al colgar.

**¿PUEDE LA BESTIA SE DELICADA Y CARIÑOSA PARA CON LA BELLA?**

¿Se puede tocar «con delicadeza» una línea eléctrica? ¿Con quince o veinticinco mil voltios? ¿A más de trescientos kilómetros por hora? ¿Y haciendo que por el punto de contacto circulen los muchos miles de caballos de potencia que hacen falta para impulsar esas máquinas imponentes? Evidentemente, las respuestas a esas preguntas retóricas son afirmativas en todos los casos, puesto que los trenes eléctricos funcionan, pero es igual de evidente que se trata de unos elementos, el pantógrafo y la catenaria, en los que hay mucha más ingeniería de la que se ve a simple vista.

De hecho tienen muchos problemas que no son fáciles de apreciar, relacionados con la cantidad de corriente que es capaz de captar, con su desgaste (cuanto más se apriete el pantógrafo contra la catenaria, más corriente transmite, pero más se desgastan uno y otra), con el detalle de si el desgaste es uniforme o en puntos concretos (la catenaria suele tenderse haciendo un suave zigzag de poste a poste para no concentrar el desgaste del pantógrafo en un solo punto), con el problema de si con las vibraciones de la vía o del propio tren da «saltos» que dejen al convoy sin potencia unas fracciones de segundo, con el problema de si en esos saltos salen chispas (las chispas no sólo pueden ocasionar incendios en los alrededores, sino que desgastan muchísimo los contactos) y un sinfín de detalles más que dan trabajo a los diseñadores y buenos sueldos a los buenos diseñadores.

Pero con mucha diferencia el problema más espectacular de los muchos que puede tener un pantógrafo es el engancharse en la catenaria, lo cual da lugar a incidentes molestísimos, con un tren parado en mitad del campo con cientos de pasajeros enfadados y otros muchos trenes y pasajeros detenidos en diversas estaciones del recorrido para esperar a que los empleados arreglen lo que a veces son varios kilómetros de catenaria que el pantógrafo averiado ha ido destrozando al romperse y engancharse. Y además, en sitios a los que hay que llegar «campo a través». Eso afecta cada vez a miles de viajeros durante muchas horas, viajeros que para el siguiente trayecto vuelven a plantearse si es mejor subirse a ese tren o irse al aeropuerto.

## **LA TECNOLOGÍA FRANCESA SÓLO FUNCIONABA BIEN EN FRANCIA**

Los pantógrafos y catenarias de los trenes japoneses no tenían mayores problemas, pero cuando los ferrocarriles franceses empezaron a explotar sus primeras líneas de alta velocidad con su TGV, parece ser que sus pantógrafos, trabajando con sus catenarias, tenían un rendimiento algo mejor que los modelos japoneses.

En la siguiente línea de alta velocidad que se construyó en Japón se probaron las patentes francesas. Y fueron un desastre. Los pantógrafos se enganchaban en la catenaria de una manera rutinaria. Y era inexplicable, porque en el TGV no sucedía. Se revisaron las instalaciones de los japoneses hasta la náusea, pero los ingenieros franceses no podían decir nada diferente a que la instalación estaba perfectamente realizada y los elementos eran de la calidad necesaria; todo era igual o mejor que en las líneas francesas.

Pero las líneas francesas funcionaban bien, y las japonesas no. Costó mucho encontrar la explicación, pero se terminó encontrando. Y costó porque se estaba buscando la causa en algo que «los japoneses» estuviesen haciendo mal y, sin embargo, la razón de que en los ferrocarriles franceses no hubiese enganches de la catenaria y en los japoneses sí estaba en que había algo que los japoneses estaban haciendo «mejor» que los franceses.



El TGV francés con su catenaria y pantógrafo.

## CATENARIAS BIEN O MAL AFINADAS

Es menester hablar de música durante unos párrafos. Una cuerda de guitarra, cuando la pulsamos, oscila de un lado a otro a una frecuencia muy precisa y, si la tensamos un poco más o un poco menos, oscila a otra frecuencia que puede que no sea la correcta.

Cuando la guitarra está «afinada», es decir con cada cuerda oscilando a su frecuencia correcta con la tensión exacta, todavía podemos hacer que una cuerda resuene, o lo que es lo mismo suene a otra frecuencia mayor, acortando la cuerda, que es lo que conseguimos cuando con los dedos de la mano izquierda apretamos la cuerda sobre los «trastes»: así oscila en una distancia más corta y lo hace más deprisa o, en otras palabras, da un tono más agudo.

En una guitarra afinada, al pulsar la segunda cuerda (empezando a contar por la más fina, la de abajo) en el quinto traste debe sonar igual que la primera. Y ahí se da, además, otro fenómeno: si dos cuerdas tienen la misma frecuencia de resonancia y pulsamos una de ellas, las vibraciones de la pulsada, transmitidas por el aire (sí: el sonido) hacen vibrar la cuerda hermana; pero en cuanto hay una mínima diferencia entre las frecuencias de

resonancia de las dos, no se da esa transmisión de energía entre una y otra, porque la energía que capta la receptora la desaprovecha. Es como si empujamos un columpio a una frecuencia diferente a la de su balanceo: terminaremos empujándolo cuando todavía está subiendo y lo frenaremos en lugar de acelerarlo.

Resumiendo, antes de volver a los trenes: la frecuencia a la que resuena una cuerda (o cable de catenaria, o barra de hierro, o lo que sea) depende de su longitud, aparte de la tensión (que es lo que aumentamos o disminuimos cuando afinamos moviendo las clavijas de cada cuerda).

Con esas ideas en la cabeza volvamos a la vía del tren: kilómetros de catenaria, un cable metálico mantenido a cierta tensión muy concreta por unos pesos que se colocan cada pocos cientos de metros y colgando de postes colocados a unas distancias regulares, cada cincuenta metros por ejemplo.

La frecuencia a la que resuena esa línea depende de la longitud de cada salto, de la distancia entre postes por lo tanto y, efectivamente, en las catenarias japonesas había una frecuencia en la que oscilaba de una manera natural y, a una determinada velocidad, el avance del pantógrafo iba aumentando cada vez la oscilación.

## **LAS LÍNEAS ELÉCTRICAS TAMPOCO SE DEBEN USAR COMO COLUMPIOS**

El tren pasaba por uno de los tramos entre postes, con el pantógrafo apretado contra la catenaria para hacer buen contacto y la catenaria se elevaba un poco. Como podemos ver si movemos una cuerda arriba y abajo, la oscilación en un tramo se transmite al siguiente, que oscila también, pero en sentido contrario: si «subimos» este tramo, la rigidez de la línea hace que «bajen» los tramos anterior y posterior. Pero luego, después de bajar, los tramos anterior y posterior suben un poco, justo cuando el tren entra en ellos y su pantógrafo empuja ese tramo de catenaria también hacia arriba.

El siguiente tramo, con el nuevo empujón del pantógrafo sube más y hace que el siguiente baje más, con lo que en su recuperación sube algo más de lo

que lo hizo el anterior y se vuelve a encontrar con que en el momento preciso entra un tren en ese tramo y le pega otro empujoncito hacia arriba. En otras palabras, a una determinada velocidad entra en resonancia la catenaria con el tren, van oscilando los tramos cada vez más arriba hasta que la catenaria y el pantógrafo se mueven más allá de sus límites de buen funcionamiento y algo se rompe.

Pero eso es lo que ya sabían los japoneses. La pregunta a contestar era otra: ¿por qué eso mismo no pasaba en los trenes franceses, con la misma catenaria, el mismo pantógrafo, las mismas tensiones y a las mismas velocidades? Respuesta: porque los franceses son latinos (más o menos) y los japoneses no.

## **EL ESPÍRITU LATINO APLICADO A LAS OBRAS PÚBLICAS**

Traducido a catenarias y pantógrafos, los japoneses recibieron unos materiales para montar sus líneas ferroviarias con unas instrucciones que decían que cada poste se tenía que poner a cincuenta metros del anterior, y eso hicieron hasta el segundo decimal. Los franceses, en cambio, donde decía «cincuenta metros» entendieron «unos cincuenta metros, más o menos». En otras palabras, que los postes del TGV no están todos a la misma distancia, sino que un margen (no nos atrevemos a llamarlo «error» a la vista del resultado) de quince o veinte centímetros adelante o atrás en la posición del poste no se consideraba digno de mencionarlo siquiera, mientras que los metódicos y precisos japoneses, conscientes de que una técnica como la que se necesita para un tren de alta velocidad exige precisión y método, los habían colocado con un margen de milímetros o menos.

El resultado: en las líneas ferroviarias francesas, cada tramo de catenaria tenía una frecuencia de resonancia marginalmente diferente de la del tramo precedente y de la del posterior y a ninguna velocidad del tren entraba en resonancia de forma grave. En Japón, en cambio, había velocidades que rompían la catenaria por hacer las cosas excesivamente bien.



## **Capítulo 60. Otros puentes escandalosos**

En la película que Guy Ritchie dirigió sobre Sherlock Holmes en 2009 cobra cierto protagonismo el paisaje del Londres victoriano y, sobre todo, el Puente de la Torre, que se supone que estaba en construcción en la fecha del argumento. Allí se ven las «tripas» de la construcción, con hierro como parte de la estructura y el propio Sherlock hace un chiste muy inglés cuando dice algo que se puede traducir como: «¡Cuántos avances técnicos! Tiemblo al imaginar cómo será el siguiente puente que se tienda sobre el Támesis».

Un siglo después de esas palabras y medio siglo después del desastre de la bahía de Tacoma, se podría pensar que los errores de diseño estarían sobradamente superados, y la verdad es que las grandes obras civiles, hoy en día, son relativamente sencillas de «probar» con programas de simulación informática. Por supuesto, la reacción de un puente ante vientos laterales es una asignatura que todos confiamos que se estudie atentamente en las universidades, por lo menos en las escuelas de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, y que no se le dé el título a ningún alumno que no haya sacado buena nota en esa y otras asignaturas críticas.

Sin embargo, la capacidad que tiene la realidad para dejar en ridículo a los más renombrados ingenieros nos sigue sorprendiendo de vez en cuando.

### **HAY QUE HACER ALGO PARA RECORDAR EL AÑO 2000**

A las puertas del año 2000, en el Reino Unido se tomaron como algo personal las celebraciones del cambio de milenio. Al fin y al cabo, la hora (y,

por lo tanto el calendario) se mide siempre en más o en menos horas sobre el Meridiano de Greenwich, y Greenwich es hoy en día un barrio de Londres. Se planificaron varias obras, como el Millenium Dome en el propio Greenwich y el Puente del Milenio.

Este puente, peatonal, era el primero que se construía sobre el Támesis desde que en 1894 se levantó el más fotogénico de la ciudad, el Puente de la Torre que Sherlock mencionaba más atrás, y el recién llegado iba a ser la ansiada unión entre el Bankside (una zona de viviendas) y la City (una zona a la que infinidad de empleados han de moverse a diario en transporte público). Además, desde el extremo sur se creaba una vista muy fotogénica en la que contrastar las finas líneas de la pasarela con la cúpula de la Catedral de San Pablo en el fondo.

Para su diseño se abrió el correspondiente concurso, ganado por la propuesta en la que figuraba, entre otros, una firma tan prestigiosa como el estudio Foster and Partners, desde el que Norman Foster ha creado algunas de las más espectaculares obras del siglo XX, como la Torre Collserola, que adorna Barcelona desde la Olimpiada de 1992, el metro de Bilbao, el aeropuerto de Hong Kong, la reconstrucción del Reichstag de Berlín, el nuevo estadio de Wembley y la remodelación del Camp Nou de nuevo en Barcelona. Desde luego, parecía una elección «con todas las garantías».

Como no se quería poner unas altas torres que quitasen protagonismo en el paisaje a la propia Catedral de San Pablo, se diseñó una estructura muy baja, con una parte del puente colgando de los cables tensores y otra, la del centro, apoyada sobre ellos. El resultado es un puente muy estilizado, de cuatro metros de calzada, que resuelve los trescientos veinticinco metros del cruce del Támesis con escaso impacto visual.

Los años previos al 2000 (la construcción se empezó en 1998) fueron muy movidos en Londres, con las portadas de los periódicos salpicadas con continuos escándalos políticos y económicos (acerca, entre otros temas, del excesivo apoyo de algunos políticos a iniciativas empresariales privadas alrededor del Millenium Dome) o de la oportunidad de construir un puente tan futurista como el diseñado por Foster en un entorno tan conservador.

Pero lo peor llegó cuando se inauguró el puente. Se hizo con toda pompa,

tratando de apagar el enésimo escándalo producido por el enésimo retraso (dos meses) de una obra polémica, millones de libras más cara de lo previsto, apoyada por el partido en el poder y combatida con no menor entusiasmo por el partido de la oposición. Por supuesto, no hace falta ser británico para entender esa situación, para nada intentaba ser un «chiste inglés» (aunque podría serlo, porque no tiene gracia).



## **UN GRAN MOMENTO MUY BREVE**

El 10 de junio del año 2000, por fin se abrió al público. El 12 de junio del año 2000 se cerró al público. Se cerró por excesivas vibraciones que entraban en resonancia con la gente que cruzaba el puente.

¿Recordamos la escena esa en la que aquel Leonard Coatsworth, después de abandonar coche y perro en medio del puente de Tacoma se escapaba del puente a punto de romperse a base de andar con las piernas muy abiertas, balanceándose a la vez que el propio puente? El pobre Leonard, muy criticado por dejar a su el perro en el coche, no tuvo la culpa del hundimiento

del Puente de Tacoma, pero la gente que cruzaba el Puente del Milenio sí que estuvo a punto de hundirlo con su forma de andar.

El puente se balanceaba. Un poquito. Eso le pasa a cualquiera. Y la gente, de forma instintiva, abría las piernas y así seguía andando, sincronizando su paso con la oscilación del puente: esa es también la mejor forma de empujar un columpio y era asimismo el método más barato para hundir el puente.

La frecuencia de resonancia de la oscilación lateral se parecía mucho al ritmo del paso de un viandante.

## **LO CARO QUE ES CONVERTIR UN COLUMPIO EN UN PUENTE**

Se cerró el puente, que en dos días ya tenía como apodo el de *Wobbly* ('tembloroso, tambaleante') y se volvió a demostrar, aunque no hacía falta pues ya está demostrado sobradas veces, lo de que «todo Ejército tiende a estar perfectamente entrenado para la guerra... anterior»: en cuanto un técnico se tomó la molestia de estudiar las resonancias del puente ante el paso de los peatones, se vio que bastaban ciento sesenta personas de un peso normal para que, si abrían las piernas para mantener el equilibrio ante cualquier oscilación casual, el puente empezara a amplificar sus vaivenes hasta extremos intolerables. El listo de Sherlock tenía razón al temblar pensando en ese siguiente puente sobre el Támesis.

Y, pese a que era ya una obra muy cara y muy retrasada, hubo que triplicar el déficit gastando otros cinco millones de libras esterlinas y hubo que retrasar la utilización del puente que celebraba el año 2000 hasta el año 2002<sup>[44]</sup> en el que, tras añadir amortiguadores en los anclajes de los soportes y cables del puente, se pudo utilizar sin problemas durante, al menos, los siguientes diez años.

Por supuesto, nunca tuvo problemas con los vientos laterales; esa asignatura sí que la tenían aprobada.

También podrían haber aprendido del hundimiento de otro puente colgante que había sucedido en 1996, por causas muy parecidas. En este caso fue una tragedia: hubo dos víctimas mortales. Pero es posible que pese a ello

los periódicos de Londres no sacasen la noticia, pues sucedió en una pasarela que tenía un cartel de «Máximo diez personas», advertencia que una excursión de jubilados no tuvo en cuenta en los agobios por conseguir los mejores puestos para ver una competición de remo en las celebraciones del día de San Fernando, patrón del Arma de Ingenieros por cierto, y patrón de Aranjuez, que es donde sucedió.

## **LA PEOR FORMA DE DISOLVER UN ATASCO**

Mucho más trágico y espectacular fue el hundimiento del puente sobre el Misisipi de la Interestatal 35W, en Minnesota, con decenas de muertos y heridos. Pero pocas lecciones técnicas se pueden sacar de aquel derrumbe: el puente, una gran plataforma de hormigón construida en 1967, tenía graves defectos estructurales que eran conocidos desde al menos dos años antes, pese a lo cual las autoridades responsables de repararlo (y de cerrarlo al tráfico) no hicieron suficiente caso de las advertencias de los técnicos y quizá se asustaron por el colapso de tráfico que provocarían esas obras.

El puente se hundió a las 18:05, en pleno atasco del 3 de agosto de 2007 y su arreglo tuvo que incluir el desescombros del anterior en lugar de aprovechar su estructura con unas reparaciones. Las investigaciones posteriores señalaron que el 20% de los puentes de Estados Unidos tienen diversas deficiencias estructurales.



## **¿POR QUÉ HAY LECCIONES QUE CUESTA TANTO APRENDER?**

Las caras de asombro de los turistas norteamericanos (y no sólo de allí) en sus visitas a España, cada vez son más espectaculares cuando contemplan los puentes de Alcántara, de Córdoba o de Badajoz, cada uno con un par de miles de años a sus espaldas y que, con un mantenimiento correcto, siguen abiertos al tráfico y en perfecto estado de uso. En ellos hay más de una lección a aprender.

KOLDOBICA GOTXONE VILLAR Villar (Bilbao, 1950), licenciado en Medicina y Cirugía, Especialista en Medicina Nuclear y Especialista en Electroradiología.

Fue Vicepresidente de la Agrupación Astronómica Madrileña y, como experto informático desde la época en la que los ordenadores pesaban toneladas y sus memorias se medían en «kas», durante más de diez años ha sido profesor de diversas materias de informática (lenguajes de programación, técnicas de desarrollo, metodologías...) en la Universidad Pontificia de Salamanca en Madrid.

Ha publicado libros sobre técnicas de programación estructurada.

FÉLIX BALLESTEROS RIVAS (Madrid, 1953), Ingeniero superior de Telecomunicaciones, ha trabajado siempre en el mundo de las nuevas tecnologías y la seguridad electrónica, tanto en el Ejército (Oficial de Complemento del Arma de Ingenieros), como en multinacionales norteamericanas y entidades españolas tanto públicas como privadas.

Durante varios años impartió clases de nuevas tecnologías en la Universidad Complutense de Madrid.

Ha publicado varias novelas de intriga sobre delitos relacionados con las nuevas tecnologías y es ganador del Premio Andrómeda de ficción especulativa con su novela *El hijo del Hombre*, recientemente publicada.

# Notas



[1] Visto así, tampoco ha habido tantos cambios. La humanidad empezó la carrera tecnológica con el sílex y ahora ha vuelto a los orígenes con microprocesadores de silicio. O quizá, puestos a hacer malabarismos mentales, lo que sucede es que las criaturas basadas en la química del carbono estamos condenadas a empezar nuestros principales avances con el elemento hermano que ocupa el lugar adyacente en la tabla periódica de los elementos: el silicio. Por favor, que nadie se tome en serio esta idea. <<

[2] Durante un tiempo el dueño de esa mansión fue una empresa multinacional dedicada allí mismo al desarrollo y fabricación de sistemas de cifrado de uso civil y militar. Sin relación alguna con el laboratorio que desde allí «luchó» en la Segunda Guerra Mundial, hace pensar si el lugar no tendrá algún tipo de atracción metafísica para los algoritmos de cifrado. <<

[3] La mayoría de los cadáveres mostraban heridas producidas por armas alemanas... pero ello era debido, sordidez sobre sordidez, a que las pistolas con que perpetraron esos crímenes eran mayoritariamente germanas porque tenían menos retroceso que los revólveres soviéticos los cuales dañaban los pulgares de los asesinos en estas «situaciones» en las que se usaban de forma intensiva. Tecnología macabra. <<

[4] Aquel negro episodio de la historia sigue arrastrando para los polacos, medio siglo después, consecuencias y desgracias: el 10 de abril de 2010 un avión Tupolev se estrelló en los alrededores del aeropuerto de Smolensk con el presidente de Polonia y la mayor parte de su gabinete entre las víctimas. Una de las razones del accidente parece ser la insistencia del presidente polaco en no aterrizar en el aeropuerto en el que estaban las autoridades rusas para no tener que saludarles con amabilidad diplomática en la conmemoración de la matanza del bosque de Katyn, a cuyas ceremonias se dirigían. <<

[5] Decir grandes tonterías no garantiza el fracaso. La frase: «Nadie va a necesitar más de 640 Kb de memoria en su PC» la dijo Bill Gates, amo y señor de Microsoft, en esos mismos años, y poco después, en 1989, declaró solemnemente que el sistema operativo del futuro era el OS/2, del que casi nadie ha oído hablar últimamente. <<

[6] Un compañero de uno de nosotros se llevó una buena bronca por desconectar una antena que aparentemente no pintaba nada en una central de comunicaciones de Ciudad de México y que parecía emitir parte de las comunicaciones telefónicas a un satélite del que los mexicanos no tenían noticia. Otra bronca curiosa fue la que se llevaron unos obreros cuando al cavar una zanja en el paseo de la Castellana de Madrid rompieron un cable que no estaba documentado por allí y que parecía dirigirse a la Embajada de Estados Unidos, que estaba a menos de doscientos metros; lo curioso es que la obra fue parada por soldados armados norteamericanos sin que la Policía Municipal tuviese ocasión de intervenir. <<

[7] El humor de Gila es universal, pero además él conocía bien el ejército: participó en la Guerra Civil española, pasó tiempo en campos de prisioneros (hizo la guerra en el lado perdedor) y sus primeros escritos publicados eran literatura seria y sentida sobre sus experiencias militares. <<

[8] Todavía en 1999 seguían teniendo problemas con los mapas: en la guerra de Kosovo, la aviación de la OTAN bombardeó un consulado chino porque utilizaban unos planos obsoletos de Yugoslavia. <<



[9] Hasta tal punto es atractiva la posición de Kourou para los lanzamientos, que en la actualidad se ha construido allí en régimen de alquiler un centro de lanzamientos para los rusos: desde allí se lanzarán cohetes *Soyuz* y *Vega* para cargas medias y pequeñas, respectivamente. <<

[10] El nombre del lenguaje es en memoria de Ada Lovelace, la primera programadora de ordenadores de la historia. Tan prematura fue programando que lo hizo un siglo antes de que se construyese el primer ordenador, trabajando sólo con los diseños teóricos de uno imaginado por Charles Babbage y que no llegó a construirse en vida del inventor. Ada también contribuyó a la historia de la informática subvencionando las investigaciones de Babbage, las más de las veces con lo que ella ganaba en el casino aprovechando su mente, que debía ser muy potente y orientada a las matemáticas. Era hija de lord Byron, lo cual no tiene nada que ver con lo que nos interesa; pero es lo primero que se suele mencionar en sus biografías. <<

[11] En la televisión vemos, en cambio, veinticinco imágenes por segundo, por lo que al principio la mayoría de las películas duraban en la televisión un cuatro por ciento menos que en el cine y las voces sonaban un poco diferentes, hasta el punto de que era normal hacer una banda de sonido nueva para la pequeña pantalla. <<

[12] El chiste decía que NTSC era el acrónimo de *Never the same colours* ('nunca los mismos colores'). <<

[13] El cambio de siglo era tan sólo un formalismo definido para el 1 de enero del año 2001, a lo que nos referimos, por supuesto, era al cambio de milenio, cuando pasamos de 1999 a 2000 en la fecha. <<

[14] En su época se decía «con forma de cigarro puro», pero ahora hay que intentar evitar cualquier referencia al tabaco. <<

[15] La industria aeronáutica del Reino Unido es hoy en día de un primerísimo nivel, pero los grandes consorcios que venden muchos aviones son Airbus y Boeing y, aunque en el caso de Airbus parte de su capital es británico, los aviones vuelan gracias a su asociación con países como Francia, Alemania o España, que al final de la Segunda Guerra Mundial no tenían prácticamente ninguna industria mientras que Gran Bretaña acababa de diseñar algunos modelos realmente brillantes. Del mismo modo, la industria aeroespacial tiene los mismos socios y lanza sus cohetes desde territorio francés. <<

[16] En aquellos días el «humor grueso» era más normal que ahora y se acuñó un chiste acerca del método que un «español» propuso para evitar las roturas, sobre todo las que parecía que afectaban al Comet en el encastre alar (donde el ala se une con el fuselaje que, en este caso, al alojar allí los motores era un lugar especialmente crítico): el español del chiste proponía hacer una hilera de agujeros en las zonas más delicadas. Ante los aspavientos de los ingenieros que decían que esos agujeros debilitarían la estructura, el listillo decía que de ninguna manera pues «ya ven ustedes cómo el papel higiénico se rompe por cualquier parte menos por donde se ponen agujeritos». <<



[17] Ni esta es la fórmula correcta, ni este es un manual para terroristas. Pero la fórmula real es similar. <<

[18] Sí, ya sabemos que la fuerza centrífuga no existe, y que la única que tiene existencia según los libros de física es la fuerza centrípeta, pero esa forma de ver las cosas es tan ortodoxa como alejada de la experiencia de cada persona.

<<

[19] Esas matrices, cuando se desgastan por encima de un límite relacionado con la calidad y las tolerancias con que se quiere fabricar los coches, se revenden a otras marcas, normalmente asiáticas, que fabrican coches «del modelo anterior» de primeras marcas, con más holguras pero a un menor precio. <<

[20] Para hacerse una idea de la magnitud del mecanismo, hay que saber que la válvula tenía un diámetro de un metro aproximadamente y recordar que se trataba de cortar el flujo de un chorro de trozos de acero, flujo y trozos que la válvula cortaba por la mitad a la hora de cerrarse. <<

[21] En yacimientos arqueológicos de época babilónica, en el actual Irak, se han encontrado artilugios a base de cerámica y electrodos metálicos que, con algún ácido orgánico como el vinagre, son baterías utilizables: las usaban para niquelar metales por técnicas no muy diferentes a las actuales. Y quien opine que los antiguos eran unos rústicos sin tecnología, que busque en internet información sobre el mecanismo de Antikythera, por ejemplo. <<

[22] Que a nadie se le ocurra mirar al Sol sin protección, y menos con unos prismáticos. Si alguien quiere ver las manchas solares debe hacerlo con un telescopio preparado y proyectando la imagen del Sol en un papel para ver en esa pantalla los detalles. <<

[23] Uno de los autores (FBR) recuerda todavía un enchufe de forma extraña en una casa en la que vivía en los años cincuenta: era lo que quedaba de la distribución de corriente continua, que en alguna zona de Boston todavía se utilizaba en 1960 y cuyo suministro se mantiene hoy en día en Nueva York para clientes especiales que mantienen el contrato desde hace un siglo, principalmente para mover ascensores. <<

[24] A veces, se da el curioso caso de que estas demandas se prolongan durante varias generaciones y los demandantes reclaman la propiedad de unas tierras por las que fueron indemnizados sus padres o abuelos. Cuando se resuelve el litigio, los demandantes siempre salen derrotados, pues pierden el terreno sin indemnización (ya la cobraron sus padres) o tienen que devolver una indemnización que no cobraron ellos. <<



[25] La fórmula del volumen de la esfera es  $V = (4/3) \pi r^3$ . Si el radio es un metro, el volumen es unos cuatro metros cúbicos; si el radio es dos metros, el volumen de la esfera es de algo más de treinta y tres metros cúbicos. <<

[26] Por cierto, en el casco urbano de Madrid en esa época había varios reactores nucleares, uno en el Instituto de Investigación Torres Quevedo, en la calle Serrano, y otro en el Centro de Investigaciones Nucleares de la Ciudad Universitaria, justo enfrente de donde uno de nosotros (FBR) estudiaba. Ambos se desmantelaron, pero la torre de agua de refrigeración del de Ciudad Universitaria sigue siendo un curioso monumento que se ve sobresaliendo entre los árboles del paisaje cuando se entra en Madrid por la Cuesta de las Perdices. <<

[27] Uno de esos informes es ahora un auténtico incunable: el partido de izquierda que para documentar su oposición a la construcción de la central de Lemóniz lo había encargado, impreso y distribuido a las librerías, lo retiró de circulación a los pocos minutos de llegar al público, pero no antes de que uno de nosotros (KGV) adquiriese uno de los ejemplares. Quizá lo retiraron porque en sus conclusiones no era tan crítico para con la energía nuclear como hubiese gustado a sus promotores. <<

[28] Sólo por comparar las magnitudes relativas de los grandes desastres de la energía atómica, frente a los veinte mil curios del incendio de Windscale, en el accidente de TMI se liberaron unos quince curios y en el de Chernóbil se calcula que se liberaron unos siete millones de curios. De Fukushima todavía no hay datos definitivos, pero serán del orden de los de Chernóbil. <<

[29] Sputnik significa tan sólo ‘satélite’, pero como está en ruso, a los demás nos parece un nombre propio. <<

[30] En esos días se publicaban las barbaridades que habían cometido los nazis en los campos de concentración, como la utilización ocasional de prisioneros en crueles experimentos médicos. Por otro lado, recientemente el presidente norteamericano ha pedido disculpas oficiales por haber inoculado la sífilis y la gonorrea a un porcentaje significativo de la población de Guatemala, como parte de un experimento a largo plazo que iniciaron en esos mismos años para estudiar la evolución de esas enfermedades en una población sin acceso a los servicios médicos actualizados. Ni que decir tiene que no pidieron permiso a nadie ni ayudaron a las víctimas de ninguna manera. En cualquier caso, es una demostración de que antes de criticar a nadie hay que estar muy seguro de lo que uno ha hecho. <<

[31] Si el cava es joven, no hay manera, pero si tiene muchos años, es posible conseguirlo aunque, por el contrario, también es posible que ya no sea un cava, porque habrá perdido la mayor parte de sus burbujitas, que son las que lo diferenciaban de un vino blanco. <<

[32] Para la lanzadera espacial, a los norteamericanos les pareció una precaución innecesaria, y esa decisión ha costado varios muertos. <<



[33] Eso no es del todo cierto, pues su mala suerte se extendió incluso a sus restos: unos excursionistas encontraron semanas después algunos restos de Komarov cerca del lugar del aterrizaje y los enterraron en las inmediaciones de la zona. <<

[34] Existe un cierto convenio periodístico para llamar astronautas a los norteamericanos y cosmonautas a los soviéticos. El convenio se ha tenido que extender recientemente a los chinos, llamándoles algo así como taikonautas. Es evidente que, en general, no hemos respetado ese acuerdo en este libro, y no lo hemos hecho porque nos parece irrelevante y porque nos tememos que en el futuro terminaríamos hablando de toreronautas, por ejemplo. <<

[35] Los planes soviéticos para ir a la Luna incluían también traspasos de tripulaciones entre el módulo en el que viajaban y el que alunizaba, pero parece que en sus planes esos cambios de vehículo se hacían saliendo al exterior y moviéndose en el vacío porque en las citas en órbita con las que ensayaron la maniobra lo hacían así, mientras que los norteamericanos siempre contaban con una escotilla en el punto de acoplamiento para pasar de un lado a otro sin salir al vacío. <<

[36] Vaya este comentario con un cariñoso recuerdo a don Vicente Aleixandre, catedrático de Física, y al catedrático de Biología don Florencio Bustinza, que nos hicieron pasar una semana intensa y amena siguiendo la odisea del *Apollo XIII* desde sus pizarras del Instituto Cardenal Cisneros de Madrid. <<

[37] Hay una graciosa relación entre las mulas mediterráneas y esos segmentos «fáciles de transportar»: se dimensionaron para caber por los túneles ferroviarios, que están hechos para el ancho de vía americano, el mismo de las carretas de transporte que protagonizaron en el siglo XIX las migraciones al Oeste, lo cual es un notable ejemplo de normalización, pues tiene a su vez el mismo ancho de eje desde que los romanos hicieron las calzadas y quedaron marcadas en ellas las rodadas de sus carromatos militares (un carro más ancho o más estrecho que los demás habría ido dando tumbos de una rodada a la otra), carromatos que estaban contruidos para ser tirados por pares de mulas y tenían el mismo ancho que sus grupas. En conclusión, si las mulas militares del ejército de Julio César hubiesen sido más flacas, el transbordador espacial sería un poco más estilizado, y viceversa. <<

[38] Las Soyuz, por su diseño, tienen una autonomía limitada en el espacio y sólo pueden estar disponibles durante unos meses, tres en los primeros modelos y seis en el momento de escribir esto, tras los cuales tiene que subir otra cápsula «fresca» y bajar la que está en el límite de su disponibilidad, maniobras en las que se aprovecha para subir carga y tripulaciones de refresco (o turistas) y bajar la basura. <<

[39] Para terminar de ofender a los que entendíamos lo que había pasado en aquel fallo, el periodista que un periódico como *El País*, de Madrid, envió a la conferencia de prensa en la que la NASA explicaba los detalles de los errores cometidos por utilizar diferentes unidades de medidas era una persona que no sabía nada de unidades de medida e hizo una crónica atiborrada de errores, incluso inventándose algo que llamó «neotonio», que es como tradujo Newton, la unidad de medida de la fuerza (ojalá algún Jedi le dé lo que se merece). Eran días negros para los que, como no éramos «de letras», no teníamos la etiqueta de «personas cultas» y teníamos que soportar que las «personas cultas» cometiesen errores de bulto bajo la bandera de que los «detalles técnicos» no les parecían dignos de su valiosa atención. <<

[40] Todavía se están analizando los datos de ese acercamiento a la Tierra, porque la *Galileo* se aceleró 3,9 milímetros por segundo de velocidad más de lo calculado. Como eso ha pasado después en algún otro caso, y no tenemos para ello ninguna explicación con la física que conocemos, es posible que haya que reformular la ciencia fundamental según las medidas de la *Galileo*, que estaba tan bien dotada de instrumentación que fue la primera en percibir ese fenómeno. <<



[41] Es curioso que la teoría que más dolores de cabeza ha proporcionado a los religiosos está basada en los pilares levantados por tres de ellos, si en la lista incluimos al oscuro monje agustiniano llamado Gregor Mendel, que cultivaba guisantes en el huerto del convento (y falseaba un poco los datos para que encajasen, cosa que hoy nos parece inadmisibile, pero que entonces no era tan grave) y descubrió de forma independiente las bases de la herencia de los rasgos y, por extensión, las de la genética. Darwin realizó estudios de teología durante tres años. <<

[42] Los soviéticos utilizaban balas de 7,64 milímetros, lo justo para que si capturaban un cargamento de munición alemana (7,62), las pudieran utilizar en sus Kalashnikov sin problemas, pues siempre trabajaban con muchas holguras y los fusiles de asalto ex soviéticos siguen funcionando bien en cualquier revolución, ya sea en la selva o en el desierto. Los alemanes, sin embargo, si capturaban un cargamento de munición a los soviéticos y la utilizaban en sus sumamente precisos máuser, estos se atascaban a veces incluso al primer disparo, reventando en la cara de sus soldados. ¡Es la guerra! <<

[43] Fue una de sus primeras apariciones públicas tras llegar a la presidencia del país sin pasar por las urnas, pues fue nombrado por Nixon vicepresidente en sustitución de Agnew (retirado por escándalo de evasión fiscal) y después el propio Nixon también tuvo que dimitir (escándalo Watergate); quizá era un mal augurio llegar a ese puesto sin haber sido votado por nadie. <<

[44] Los españoles no deberíamos reírnos en exceso por un retraso así: en la mayoría de las estaciones de la línea ferroviaria Madrid-Cuenca figura una placa, de mármol, puesta allí en conmemoración del 102 aniversario de la inauguración de esa línea. <<