

Costes del mantenimiento preventivo y productivo

Índice

1. Planes de mantenimiento predictivo y preventivo

1.1. Costes del mantenimiento de equipos o sistemas de telecomunicación

1.1.1. Coste de Intervenciones de Mantenimiento (CIM, Ci)

1.1.2. Coste de Fallos del Mantenimiento (CFM, Cf)

1.1.3. Coste de Almacenamiento para el Mantenimiento (CAM, Ca)

1.2. Personal de mantenimiento de equipos o sistemas de telecomunicación

1.3. Medios materiales

2. Técnicas para la estimación de costes en proyectos

1. Planes de mantenimiento predictivo y preventivo

Se entiende por ***mantenimiento*** a la función empresarial a la que se encomienda el control del estado de las instalaciones de todo tipo, tanto las productivas como las auxiliares y de servicios. En ese sentido se puede decir que el mantenimiento es el conjunto de acciones necesarias para conservar o restablecer un sistema en un estado que permita garantizar su funcionamiento a un coste mínimo. Conforme con la anterior definición se deducen distintas actividades:

- Prevenir y/o corregir averías.
- Cuantificar y/o evaluar el estado de las instalaciones.
- Aspecto económico (costes).

Así, el mantenimiento de las instalaciones de telecomunicaciones es el conjunto de actividades desarrolladas con el objeto de conservar los equipos y sistemas de telecomunicaciones de una organización en condiciones de cumplir con las funciones para la cual fueron proyectadas con la capacidad y la calidad especificadas, pudiendo ser utilizadas en condiciones de seguridad, de acuerdo a un nivel de servicio y a un programa de funcionamiento económico.



Figura. Mantenimiento de un radiante de un radioenlace situado en la torre de telecomunicaciones que entre sus funciones cumple la de estación repetidora.

Será obligación de cada empresa instaladora de telecomunicación mantener o reparar las instalaciones de telecomunicación que les sean encomendadas, de conformidad con la normativa vigente y con el contenido e instrucciones del proyecto técnico aplicable en los casos en que éste exista, utilizando, en su caso, materiales y equipos que sean conformes a la legislación que les sea aplicable.

Igualmente, será obligación de estas realizar las operaciones de revisión y mantenimiento de las instalaciones de telecomunicación que tengan encomendadas en la forma y plazos previstos.

Las operaciones de revisión y mantenimiento pueden ser las siguientes:

Predictivas: este mantenimiento está basado en la inspección para determinar el estado y operatividad de los equipos y/o sistema de telecomunicaciones, mediante el conocimiento de valores de variables que ayudan a descubrir el estado de operatividad; estas operaciones se realizan en intervalos regulares para prevenir los fallos o evitar las consecuencias de las mismas.

Para este mantenimiento es necesario identificar las variables (temperatura, nivel de la señal, tensión, corriente, etc.) cuyas variaciones están apareciendo y pueden

causar daño al equipo y/o sistema de telecomunicaciones. Es el mantenimiento más técnico y avanzado que requiere de conocimientos analíticos y técnicos y usan instrumentos de diagnóstico, aparatos y pruebas no destructivas.

Preventivas: es el mantenimiento que se realiza con el fin de prevenir la ocurrencia de fallos, y mantener en un nivel determinado a los equipos y/o al sistema en su conjunto, se conoce como mantenimiento preventivo directo o periódico, por cuanto sus operaciones están controladas por el tiempo; se basa en la confiabilidad de los equipos y/o del sistema.

La idea principal de realizar las operaciones de mantenimiento preventivo es adelantarse en el tiempo a las averías, y uno de los índices que mide su eficacia es la disminución de las mismas.

Existe otra función de este tipo de mantenimiento que consiste en velar por el estado de las máquinas e instalaciones.

Actúa a través de inspecciones, verificaciones, revisiones y pequeñas revisiones. A corto plazo aumenta el número de operaciones de mantenimiento, transformándolas de súbitas e inesperadas a programadas, pero a largo plazo reduce el número de horas/hombre de mantenimiento y los costes asociados a los nuevos recambios y sustituciones.

Planificación de las operaciones de mantenimiento

La planificación permite estimar las *actividades*, así como la cantidad de *mano de obra* necesaria, los *materiales* que se deberán emplear, así como el equipo y el tiempo probable en el trabajo que se pretende desarrollar.

- La planificación se origina cuando se necesita, se sabe o se prevea que se necesitará unas operaciones de mantenimiento.
- La planificación de la mano de obra se lleva a cabo con el objeto de estimar la cantidad, calidad y tiempo del personal necesario para realizar unas operaciones de mantenimiento.
- La planificación del equipo y materiales necesarios tiene como finalidad determinar el tipo y cantidad de materiales, así como seleccionar y obtener el equipo y herramientas por utilizar durante la realización de unas operaciones de mantenimiento determinadas.



Figura. Aplicación del trabajo de mantenimiento según el plan previsto.



Recuerda:

El *Plan de Mantenimiento Preventivo y Predictivo* es un programa de tareas y operaciones de mantenimiento anual programado, organizado y estructurado sobre la base de unidades técnicas, especificando al detalle las fechas y los tipos de trabajos que se deben realizar a una serie de sistemas, instalaciones, equipos y componentes de una empresa u organización.

Los *activos*, equipos, maquinarias, edificaciones, instalaciones, sistemas y, en general, equipamiento complementario a los cuales se los incluye en el plan de operaciones de mantenimiento preventivo y predictivo anual tienen la característica de tener **recomendaciones** de operaciones de mantenimiento **del fabricante** en función de las horas de servicios prestados o de cualquier sistema de medición que se defina para el efecto. Siempre los *activos críticos* deberán ser considerados prioritarios dentro de la elaboración y posterior ejecución del plan.

Las etapas en la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo anual son:

1. Determinación de los *equipos, maquinarias e instalaciones críticas*, sobre la base de los análisis de los parámetros establecidos, los cuales generalmente están relacionados directamente con los STI.
2. Determinación y tabulación de las *recomendaciones, recurrencias y necesidades* de mantenimiento *establecidas por el fabricante* y de las mejores prácticas en el mercado de servicios de mantenimiento.
3. Planificación de las tareas de mantenimiento a realizar en función de *unidades de tiempo* y recurrencias establecidas, las cuales deben ser previamente

analizadas y tabuladas.

4. Determinación de los *recursos necesarios* y asignación de responsabilidades y *tareas* al personal que participará directa e indirectamente en las labores de mantenimiento.
5. Definición de los *controles* a cumplir y el *monitoreo* recurrente que se debe realizar al cumplimiento del programa.

El tamaño del plan de mantenimiento preventivo y predictivo anual de las instalaciones de telecomunicaciones de una empresa u organización estará en función directa de los siguientes factores:

1. Por **la evaluación económica o presupuesto** de operación anual establecido y aprobado por la organización, y sobre la base de las recomendaciones realizadas por el personal técnico de mantenimiento.
2. De las condiciones estándares de las edificaciones, instalaciones y equipos de telecomunicaciones de los que dispone la empresa. Determinación de los “**activos técnicos críticos**” en la organización.
3. De **las prioridades definidas** por la empresa u organismo, así como de los requerimientos y recomendaciones de los fabricantes y las mejores prácticas de mantenimiento con relación a cada tipo de instalación, sistema o equipamiento de telecomunicaciones complementario con el que cuenta la empresa.

1.1. Costes del mantenimiento de equipos o sistemas de telecomunicación

Como administradores del mantenimiento de equipos o sistemas de telecomunicación una de las principales tareas será minimizar sus costes. Es entonces muy importante analizar cuáles son sus componentes.

El CGM o Coste Global del Mantenimiento medido a nivel de equipo (Cg) es la suma de cuatro componentes:

- CIM o Coste de Intervenciones de Mantenimiento (Ci).
- CFM o Coste de Fallos del Mantenimiento (Cf).
- CAM o Coste de Almacenamiento para el Mantenimiento (Ca).

- Amortización de inversiones en el mantenimiento (A_i).

$$C_g = C_i + C_f + C_a + A_i$$

Se constata que la reducción de un componente del CGM implica el aumento de uno o más de los otros componentes (acción - reacción).

El CGM es medido a nivel de equipo. La suma sobre los equipos y componentes del sistema de telecomunicación es lo que nos importa.

Los equipos que más afecten el CGM serán aquellos que reciban mayor estudio y atención de parte del servicio.



Recuerda:

Un programa preventivo excesivo implica un gran CIM y CAM. Es necesario estudiar si el CFM baja más de lo que crecieron estos componentes.

La reducción de CAM (o del número de piezas de repuesto disponibles en el almacén) puede aumentar el CFM.

Disminuir las inversiones implica CIM mayores, reparaciones más largas.

1.1.1. Coste de Intervenciones de Mantenimiento (CIM, C_i).

El CIM incluye los gastos relacionados con las operaciones de mantenimiento preventivo y predictivo anual. No incluye gastos de inversión, ni aquellas relacionadas directamente con las operaciones de montaje: ajustes de parámetros de puesta a punto de las instalaciones, verificaciones, etc.

El CIM puede ser descompuesto en:

- Mano de obra interna o externa, empleada.
- Repuestos del almacén de la empresa instaladora o comprados para una intervención.
- Material fungible requerido para la intervención.

El coste de mano de obra interna se calcula con el tiempo gastado en la intervención multiplicado por el coste por hora. La mano de obra externa se obtiene de la factura, o por las horas que fueron requeridas.

Tanto el material fungible como la amortización de equipos y herramientas de uso general se consideran en el coste horario de intervención. Este es multiplicado por el tiempo de intervención.

El material fungible y la amortización de equipos y herramientas de uso específico son considerados aparte, tal como si fuesen repuestos.

Costes por unidad de tiempo

Es importante otorgar un valor realista a los *costes horas de intervención c_i* y de horas-hombre pues influyen directamente en el CGM o Coste Global del Mantenimiento, ya que se trata de cumplir con el objetivo de minimizarlo.

Es común comparar el coste de la mano de obra interna con el de la externa. Sin embargo, los costes internos son castigados por prorrates de costes que existen aún si se contrata mano de obra externa. Es necesario definir dos costes:

- *Coste hora de intervención c_i* , que solo incluye gastos directos asociados a las intervenciones;
- *Coste hora de mantenimiento*, considera todos los gastos asociados a mantenimiento.

El coste hora de intervención c_i es igual a:

$$c_i = \frac{\text{gastos directos}}{\text{total horas de intervención}}$$

Los *gastos directos* sólo incluyen:

- *Gastos salariales.*
- *Contratación de servicios.*
- *Gastos en material fungible de uso general.*
- *Gastos de energía ligados a la intervención.*

El coste hora de mantenimiento $c_{i,t}$ es igual a:

$$c_{i,t} = \frac{\text{gastos totales de mantenimiento}}{\text{total horas de intervención}}$$

Los *gastos totales de mantenimiento* incluyen:

- El conjunto de gastos considerados para el coste de intervención.

- Los salarios de especialistas requeridos para la gestión, planificación, análisis técnicos de las intervenciones.
- El prorrateo de servicios tales como contabilidad, gestión informatizada del mantenimiento, personal, etc.

Coste de repuestos

A fin de realizar un análisis técnico-económico inteligente es necesario distinguir el coste técnico del coste contable:

- *El coste técnico* corresponde al valor de compra de la pieza al día de su utilización. A utilizar en el CIM.
- *El coste contable* corresponde al valor utilizado para valorizar el inventario contable. Por razones financieras este precio puede ser reducido por depreciación.

No se trata de hacer contabilidad, sino de realizar un análisis técnico-económico que permitan reducir el Coste Global del Mantenimiento.

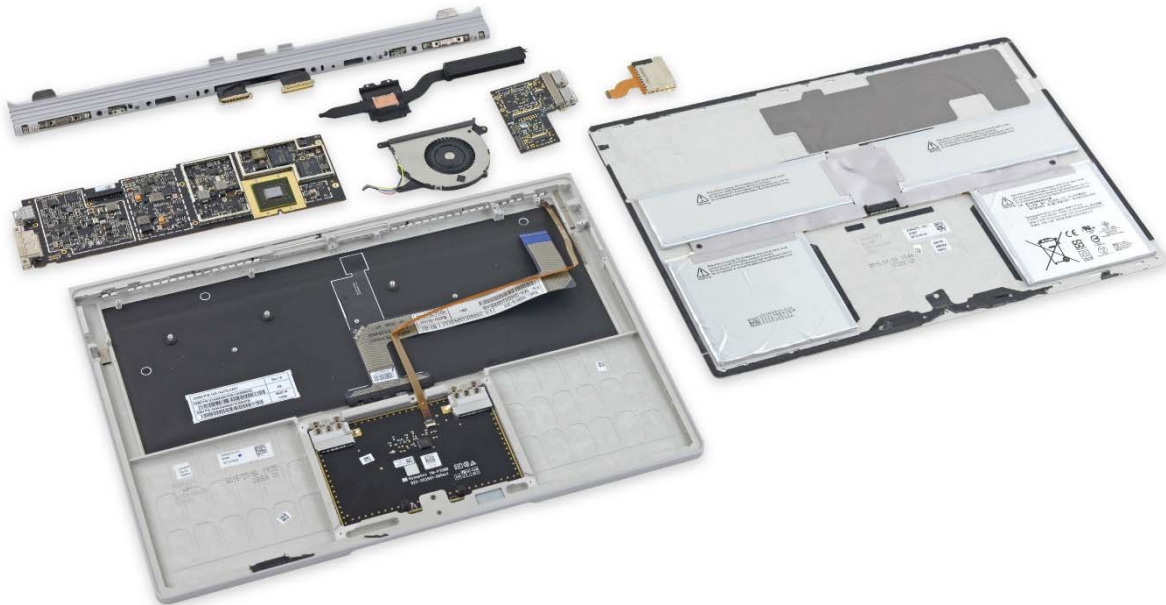


Figura. Diferentes piezas de repuesto de un terminal *book* recién adquiridas.

1.1.2. Coste de Fallos del Mantenimiento (CFM, Cf)

Estos costes corresponden a las pérdidas del margen de prestación de servicios de comunicaciones electrónicas debidas a un problema de mantenimiento que haya

producido una reducción en la tasa del servicio de telecomunicaciones por equipo en mal estado por incumplimiento de las obligaciones en materia de calidad de servicio.

La pérdida de margen de prestación de servicios de comunicaciones electrónicas puede incluir aumento de los costes de explotación o una pérdida de negocios o sanciones por incumplimientos e infracciones de las normas reguladoras de las telecomunicaciones.

Los problemas de mantenimiento ocurren por:

- Mantenimiento preventivo mal definido.
- Mantenimiento preventivo mal ejecutado.
- Mantenimiento correctivo efectuado en plazos muy largos, mal ejecutado, realizado con repuestos malos o de baja calidad.

El estudio de la frecuencia de fallos (tasa de fallos o tiempo entre fallos) y del tiempo utilizado en las reparaciones permite calificar la calidad del mantenimiento desde un punto de vista técnico.

No confundir fallo de mantenimiento con fallo de material: ¿Culpa del montaje, culpa del fabricante o culpa de la instalación?

El Coste de Fallos del Mantenimiento de equipos corresponde a las pérdidas de margen de prestación de servicios de comunicaciones electrónicas cuya causa es un defecto de material que provoca bajas de prestación de servicios de comunicaciones electrónicas de calidad aceptable. Ejemplo, cuando la potencia utilizada del sistema radiante del emisor es muy similar a la potencia instalada en la torre emisora.

Otros casos de fallo de material:

- Errores de utilización que implican degradación.
- Rendimiento del equipo en condiciones ambientales fuera de la norma establecida por su fabricante.

Este tipo de costes deben ser cargados a las funciones inversión, instalación, calidad, etc.; pero no a mantenimiento.

El interés de poner en relieve los Costes de Fallos por Función y de no reagruparlos bajo el centro de costes de mantenimiento es de poder sensibilizar al conjunto de responsables de las funciones concernientes a los sobrecostes generados y de permitirles tomar medidas correctivas eficaces. Un ejemplo de esta situación puede ser cuando el departamento de ingeniería implementa un proyecto con equipos de baja calidad:

baja confiabilidad, mantenibilidad pobre.

Evaluación del Coste de Fallos del Mantenimiento

El CFM puede ser calculado con la siguiente fórmula:

$$Cf = \text{ingresos no percibidos} + \text{gastos extras de prestación de servicios} \\ + \text{materia prima no utilizada}$$

Para explicarlo, evaluemos el Cf en tres casos:

1. El volumen de prestación de servicios de comunicaciones electrónicas programado puede ser relanzado, el CFM corresponde a los gastos necesarios para alcanzar la prestación de servicios pérdida. Estos gastos son esencialmente:
 - a. la energía necesaria para la prestación de servicios.
 - b. las materias primas.
 - c. los fungibles.
 - d. los gastos de servicios tales como calidad, compras, mantenimiento, etc.
2. El volumen de prestación de servicios de comunicaciones electrónicas programadas no puede ser alcanzado dado que el STI opera 24 horas al día, el CFM corresponde a la pérdida de ingresos menos el coste de las materias primas y productos consumibles que no fueron utilizados durante la parada.
3. La prestación de servicios de comunicaciones electrónicas no se detiene, pero su calidad es degradada. Si la prestación de servicios de comunicaciones electrónicas ha perdido calidad, su precio es menor que el nominal. En este caso el CFM corresponde a la pérdida de ingresos asociada.

1.1.3. Coste de Almacenamiento para el Mantenimiento (CAM, Ca)

Este coste representa los gastos incurridos en financiar y manejar el stock de piezas de recambio e insumos necesarios para la función de mantenimiento. Incluye:

- El interés financiero del capital inmovilizado por el stock.
- Los gastos en mano de obra dedicada a la gestión y manejo del stock.
- Los costes de explotación de edificios: energía, mantención.
- Amortización de sistemas adjuntos: montacargas, sistema informático.

- Gastos de seguro por el stock.
- La depreciación comercial de repuestos.

Es importante no considerar los salarios del personal del almacén en el CIM y si hacerlo en el CAM



Ejemplo 1

Ejemplo de las penalizaciones y pérdidas de calidad en el servicio cuando el contratista no atiende y resuelva las incidencias en los tiempos establecidos en el pliego de servicios de mantenimiento preventivo y predictivo de STI del organismo.

El organismo podrá imponer sanciones económicas, directamente sobre las certificaciones emitidas, o en caso de exceso, sobre las de futura emisión o avales.

En caso de acumulación de penalizaciones, el organismo podrá resolver el contrato por causas imputables al contratista.

En caso de incumplimiento de tiempos de respuesta resolución, se establecerán las siguientes penalizaciones económicas:

- *Falta leve*: penalización de hasta 2 % del Importe Mensual Total Contratado.
- *Falta grave*: penalización de hasta 10 % del Importe Mensual Total Contratado.
- *Falta muy grave*: penalización de hasta 20 % del Importe Mensual Total Contratado o resolución del contrato

A estas sanciones económicas podrán añadirse todos aquellos costes a los que se vea obligado hacer frente el organismo por negligencias cometidas por el Contratista.

Caso de no estar disponible uno de los equipos que son objeto del contrato, pasadas 48 horas para su reparación, o sustitución aceptada por la Dirección del Contrato (ésta se reserva el derecho a modificar el mencionado plazo), se aplicará una penalización diaria equivalente a una Falta Leve.

Además, se establece la siguiente fórmula para la fijación de las penalizaciones que se calcularán, para cada trabajo programado en instalaciones de fibra óptica según los plazos establecidos en pliegos, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$P = K \cdot T \cdot 10[\text{€}]$$

Donde:

K es el *factor de corrección del precio*, siendo $K = 0$ cuando no se hayan superado los tiempos indicados (respuesta + resolución + comprobación), $K = 40$ una vez rebasados dichos tiempos hasta un 25 %, y $K = 80$ cuando se superen los tiempos máximos en más de un 25 % de lo indicado.

T es el *exceso de tiempo de corte programado* según especificaciones del pliego (en horas o fracciones).

1.2. Personal de mantenimiento de equipos o sistemas de telecomunicación

Para realizar el cálculo el personal de mantenimiento de equipos o sistemas de telecomunicación necesarios para adecuarse al plan de mantenimiento Preventivo y Predictivo, deberemos sumar la estimación de horas dedicadas al plan de mantenimiento. En general, este tiempo suele estimarse en función del número y complejidad de instalaciones.

Aun cuando el objeto de un contrato de mantenimiento lo constituye la prestación del servicio y no la aportación de personal, se considera imprescindible la aportación del personal. En caso necesario, y sin coste adicional para organismo a excepción de lo indicado en la medición y forma de pago, el adjudicatario reforzará el equipo habitual con los medios necesarios.

Medición y forma de pago

El contrato se abonará mediante la aprobación de la factura tras la aprobación de la relación valorada que se incorporará en el informe mensual, obtenida como suma de los siguientes conceptos:

- 1) *Parte fija*: resultante de prorratear el presupuesto previsto para el equipo de técnicos con dedicación fija para la duración del contrato (cuota mensual).
- 2) *Parte variable*:
 - 2.1) Por materiales: suma de los materiales aportados y que la Dirección del contrato ha decidido abonar (en lugar de reponer)
 - 2.2) Por operaciones de mantenimiento como, por ejemplo; fusiones de fibra: suma del número de fusiones realizadas.

2.3) *Por aportación de especialistas:* recursos eventuales aprobados por la Dirección puestos a disposición con cargo a la bolsa de horas para especialistas.



Ejemplo 2

CUADRO DE PRECIOS

El licitador adjuntará en su oferta económica los siguientes precios, que no podrán ser superiores a los de licitación y que servirán para incorporar a las relaciones valoradas mensuales los conceptos englobados en las partidas alzadas a justificar números 2, 3 y 4 del presupuesto del contrato:

Cod.	Descripción	Precio (€/h)	Oferta (€/h)
ESS	Administradores avanzados de sistemas operativos	65,00	
ECV	Administradores avanzados en gestión de <i>clúster</i> y virtualización	65,00	
ERS	Técnico en mantenimiento, en redes locales y sistemas telemáticos.	45,00	
EOS	Técnico en mantenimiento, de equipos de sistemas de seguridad electrónica, CCTV.	45,00	
EDS	Desarrolladores de sistemas de control o SCADAS, etc.	65,00	
EFO	Fusionador/instalador de fibra óptica	45,00	
MST	Especialista en mantenimiento de equipos y sistemas de telecomunicación.	45,00	
MSI	Especialista en mantenimiento de equipos y sistemas informáticos.	45,00	

En el caso de mantenimiento de instalaciones de telecomunicaciones en un edificio de oficinas, el tiempo dedicado a tareas de mantenimiento correctivo se estima en un 15 % y a tareas de conductivo un 5 % del mantenimiento preventivo. Estas estimaciones, junto con las de las tablas de mantenimiento preventivo, son tomadas en base a los datos obtenidos en campo, cuando se pone en marcha una instalación. Ello implica que dichos tiempos están estimados al alza ya que el operario no conoce el edificio ni las instalaciones. Por ello al pasar un tiempo desde el inicio del servicio, el mantenimiento en el edificio se comienza a realizar de forma más efectiva, empleando mejor las

horas de jornada laboral.

Para conocer el número de horas efectivas que un oficial de mantenimiento trabaja, el número de horas al año efectivas es de 1756 según convenio.

Una vez teniendo el sumatorio de horas totales, deberemos aplicar la siguiente ecuación:

$$N.º \text{ de oficiales necesarios} = \text{Horas totales mantenimiento} / \text{Horas convenio}$$

Así pues, para las dos modalidades de mantenimiento mostrado estos serían los resultados:

- En el caso del mantenimiento técnico legal, requeriremos del siguiente personal: El número de horas de preventivo obtenidas es de 6050.88 horas. Aplicando el 20 % obtenemos un total de 7261 horas a cubrir, por lo que aplicando la ecuación obtenemos un resultado de 4.13, es decir, deberá haber a disposición del edificio al menos un personal compuesto por cinco oficiales.
- En el caso del mantenimiento técnico legal unido al recomendado, los datos obtenidos son los siguientes: al tener en cuenta el 20 % sobre el total de horas de preventivo obtenemos 10636,89 horas. Al aplicar la ecuación el dato obtenido de número de trabajadores es 6.05, por lo que en esta ocasión se dejará en seis oficiales. Ello es debido a que los cálculos de tiempo se basan en la toma de tiempos en la puesta a punto de las instalaciones, cuando todavía el personal no conoce bien el edificio ni los problemas más típicos que se producen en él.

1.3. Medios materiales

Además del equipo humano se requiere de diversos medios técnicos para acometer de manera eficaz las labores de mantenimiento. En el siguiente ejemplo se detallan los principales medios materiales para una labor de mantenimiento:



Ejemplo 3

- *Furgoneta*: necesaria para llevar y traer material desde el almacén del proveedor hasta el edificio que disfrutará del servicio de mantenimiento. Por norma general, el material a transportar en la misma no excederá de unas dimensiones y pesos contenidos, por lo que con una furgoneta pequeña será suficiente. Para portes mayores, se alquilará un vehículo mayor

- *Equipo PC + impresora:* en el equipo informático se tendrá conexión a internet para facilitar el acceso a un servicio de correo interno que será la vía de intercomunicación entre la propiedad y el servicio de mantenimiento. Se dotará de impresora para poder imprimir cualquier documentación que se requiera en papel, ya sea partes de trabajo, esquemas, etc. Opcionalmente, si el edificio dispone de BMS (*Building Management System*) se instalará en el equipo informático. Al equipo solo tendrá acceso el jefe de oficiales.
- *Terminal móvil "Smartphone":* será la vía de comunicación entre el Gestor del contrato de mantenimiento y el jefe de oficiales. Desde ella se tendrá acceso al servicio de correo interno de gestión de incidencias.
- *Walkie-Talkies:* será el medio empleado para la comunicación entre el jefe de equipo y los oficiales de trabajo. Tendrá un radio de alcance suficiente para cubrir las necesidades de comunicación en el terreno que ocupa la propiedad.
- *Uniformes:* a cada oficial (incluyendo al jefe de equipo) se le dotará de al menos dos uniformes al año, con el objetivo de dar imagen y presencia al servicio de mantenimiento. Será responsabilidad del oficial, cuidarlo y mantenerlo limpio. Estará compuesto de polo, pantalones y chaleco.
- *EPI:* el gestor hará entrega de todos los equipos de protección individual necesarios para acometer las tareas de mantenimiento. El listado de los mismos vendrá reflejado en la evaluación de riesgos.
- *Herramienta:* el gestor hará entrega de un completo equipo de herramientas. Entre otros incluirán: banco de trabajo, taladradora, fresadora, lijadora, soplete, soldador, juego de llaves, juego de destornilladores, etc. Además, se dotará de equipos de medida tales como multímetro, pinzas amperimétricas, termohigrómetro, etc.
- *Pequeño material:* se hará entrega de pequeño material fungible como trapos, tornillería variada, pequeño material de electrónica y comunicaciones, etc.

2. Técnicas para la estimación de costes en proyectos

Aun cuando todas las áreas de gestión de los proyectos son equivalentes en importancia, debemos considerar y prestar mucha atención a la **gestión del coste**. Éste, junto con el tiempo y el alcance, conforman lo que se conoce como la “triple restricción”, y sobre estos tres elementos recaen las restricciones de un proyecto y la mayoría de los riesgos que se identifican para su realización.

La **Estimación de Costes** consiste en la identificación de todos y cada uno de los elementos que tendrán un coste dentro del proyecto, materiales, recursos humanos, servicios, equipos, sistemas, transportes, etc., en otras palabras, todos los recursos que

se necesitarán para llevar a cabo todas las actividades que se han identificado y que generarán un coste al proyecto.

Algunas veces como Project Managers nos dejamos llevar por la intuición, o por datos no fidedignos, para llevar a cabo un presupuesto detallado del proyecto. En este post me gustaría señalar **¡hasta 12 técnicas para intentar hacerlo lo mejor posible!**

La aplicación de las técnicas para la estimación de los costes se debe basar en la *Work Breakdown Structure* (WBS) para mayor precisión.

A continuación, las describo, y hay que tener siempre en cuenta que la estimación de los costes debería realizarse con una combinación de ellas:

1. El Juicio de Expertos: consiste en preguntar y guiarnos por los conocimientos y experiencias de personas que han realizado un trabajo igual o semejante al cual le estamos determinando el coste. Muchas veces se ‘abusa’ de esta técnica, debido a la falta de datos cuantitativos de proyectos anteriores, y la ausencia de una buena gestión del Conocimiento.

2. Estimación por analogía: referenciada también como Top-Down, porque se cuestiona el coste desde lo más general a lo más específico. Es utilizada cuando se cuenta con experiencia en proyectos anteriores, análogos o similares, que pueden servir de referencia. Es una técnica menos costosa y más rápida, pero tiene como desventaja que es menos exacta y que se necesita de experiencia y documentación.

3. Estimación paramétrica: como su nombre lo indica, consiste en una estimación con base a parámetros, aunque también puede utilizar datos de proyectos anteriores y datos de referencia, su principal característica es que la estimación se realiza con base a la relación entre variables, por ejemplo, coste por cantidades producidas, horas hombre por desarrollo, transporte por recorrido, etc.

4. Estimación ascendente: *Botton-Up*, en contraposición a la analógica, en la ascendente iremos subiendo desde el detalle de cada elemento identificado en el trabajo hacia lo general del objetivo del proyecto. Hay que dedicar tiempo para ejecutarla porque está basada en los detalles del alcance del proyecto, esto origina como ventaja que los resultados sean en principio más exactos.

5. Estimación con tres valores: también llamada de tres puntos, derivada de la Técnica de Revisión y Evaluación de Proyecto, conocida como método PERT (*Project Evaluation and Review Techniques*), consiste en identificar tres posibles valores, el optimista, el pesimista y el más probable, para llegar a un único valor aproximado. Utilizada en escenarios inciertos y con diferentes antecedentes o muchos variables que puedan

afectar el valor final. Existen dos fórmulas principales, la primera basada en una distribución triangular que en forma de promedio toma la sumatoria del valor optimista, el pesimista y el más probable y lo divide entre 3. La segunda fórmula está basada en una Distribución Beta y es como se muestra a continuación:

$$\text{Coste Estimado} = (\text{Optimista} + 4 (\text{Más Probable}) + \text{Pesimista}) / 6$$

La Estimación por tres valores es muy utilizada en escenarios inciertos y de indecisión.

6. El análisis de la reserva: nos permite, basado en la incertidumbre, estimar una cantidad adicional al coste que hemos identificado, generando lo que se conoce como “reserva de contingencia”. Se debe utilizar cuando a la actividad en la cual recae el coste le ha sido identificado algún riesgo. Para calcular esta reserva utilizaremos lo que se denomina Análisis del Valor Monetario Esperado (VME), para lo cual, es necesario que el riesgo haya sido valorado de manera cuantitativa, es decir, que su impacto haya sido estimado en términos de dinero y/o tiempo.

7. El Valor Monetario Esperado: es el resultado producto del impacto (consecuencia) del riesgo en dinero por su probabilidad de ocurrencia, esto es:

$$\text{VME} = \text{Impacto} \times \text{Probabilidad}$$

Así, por ejemplo, si estimamos que si llegase a suceder un evento que impacte negativamente al proyecto en unos 5000 Euros y estimamos que hay un 20 % de probabilidad que ocurra tendremos Valor Monetario Esperado de 1000 Euros ($5000 \times 0,20$).

8. La Reserva de Contingencia: será calculada a través de una combinación estadística de los Valores Monetarios Esperados. Para ello deberíamos combinar adecuadamente todos los sucesos, típicamente con herramientas de Simulación de Monte Carlo. Si identificamos un riesgo que eventualmente pueda impactar positivamente al proyecto (Oportunidad) entonces el VME será un valor negativo y en consecuencia disminuye la reserva de contingencia.

9. La Reserva de Gestión: se refiere a aquella cantidad destinada para aquellos riesgos no conocidos, es decir, eventos que pudiesen suceder pero que no han sido identificados. En este sentido, la Reserva de Gestión estará a nivel de Alta Dirección, por lo que no formará parte de la línea base, y no se considera que esté dentro del ámbito de gestión del Director del Proyecto.

10. Los costes de la calidad: también considerados por la Gestión de Calidad, los clasificaremos en costes de Conformidad y de No Conformidad. Los primeros son aquellos en los cuales, de manera cuantificable, se incurren para conseguir la calidad, tales

como: acciones relacionadas con la prevención, entrenamientos y formación, garantía, pruebas e inspecciones, etc. También denominados Costes de Prevención. Por su parte, los costes de No Conformidad, podrán ser tanto cuantitativos como cualitativos, son aquellos que se incurren por no conseguir la calidad en el producto o servicio esperados, tales como: retrabajo, pérdida de imagen, productos desperdiciados por defectos, etc. También llamados Costes de Corrección.

11. Software de estimación de costes: herramientas automatizadas que con base a un conjunto de parámetros pueden arrojar como salida unos costes estimados para un conjunto de actividades. Muchos de estos softwares son diseñados y desarrollados para áreas específicas como la construcción, manufactura, etc.

12. Análisis de propuestas: consiste en obtener estimaciones de costes para un trabajo específico por parte de proveedores, con lo cual obtendremos una idea aproximada de lo que costará el trabajo que requiere una o varias de las partes del proyecto.

Con estas técnicas obtendremos los costes estimados para cada una de las actividades identificadas en nuestra WBS y, además, tendremos la base de cómo han sido obtenidos, ¡todo ello con el objetivo de tener un presupuesto lo más realista posible! Y que además en el futuro podamos ver cómo mejorar estas estimaciones.