

INFRAESTRUCTURAS DE
P
DESENVOLVIMIENTO DE
MANTENIMIENTO ELECTRÓNICO.

UD2 – PLANIFICACIÓN Y
GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

UD2 – TEORÍA

Profesor: Javier Fraga Iriso

2. PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

2.1. INTRODUCCIÓN A LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

2.1.1. Concepto

Una **especificación técnica** es un documento donde se describen las **características, requisitos y condiciones** que debe cumplir un equipo, material o sistema electrónico para su instalación, operación y mantenimiento.

2.1.2. Importancia en el mantenimiento electrónico

Las especificaciones permiten:

- Conocer **límites de funcionamiento** de un equipo.
- Determinar la **compatibilidad** entre elementos.
- Planificar las **tareas de mantenimiento** adecuadas.
- Seleccionar **repuestos correctos**.
- Garantizar la **seguridad y normativa vigente**.

2.1.3. Tipos de especificaciones

- De **fabricante** (fichas técnicas, datasheets).
- De **instalación** (montaje, cableado, conexión).
- De **mantenimiento** (revisiones, periodicidad, EPI).
- **Normativas o administrativas** (permisos, reglamentos).

2.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPOS Y SISTEMAS ELECTRÓNICOS

2.2.1. Contenidos fundamentales

Los documentos técnicos suelen incluir:

- **Identificación del equipo:** nombre, modelo, serie.
- **Características eléctricas:** tensión, intensidad, potencia, consumo.
- **Características electrónicas:** señales, protocolos, interfaces.
- **Condiciones de funcionamiento:** temperatura, humedad, protección IP.
- **Dimensiones y peso.**
- **Requerimientos de montaje.**
- **Compatibilidades** (normas CE, EMC, LVD).
- **Riesgos y medidas de seguridad.**

2.2.2. Características eléctricas y electrónicas principales

Parámetro	Descripción
Tensión nominal	Voltaje de operación (5 V, 24 V, 230 V...)
Corriente máxima	Amperios permitidos
Potencia	Capacidad de trabajo
Señales	Analógicas/digitales
Protocolos	RS-485, Modbus, Ethernet, I2C...
Aislamiento	Protección del usuario/equipo

2.2.3. Características mecánicas

- Dimensiones en mm.
- Forma constructiva (carril DIN, rack, modular).
- Material (plástico, metal, PCB).
- Peso total.
- Zonas de ventilación.

2.2.4. Condiciones ambientales

- Temperatura de operación (ej. -10 °C a 60 °C).
- Humedad relativa máxima.
- Grado de protección (IP).
- Resistencia a vibraciones.
- Necesidades de disipación térmica.

2.2.5. Información sobre seguridad

- Normativas CE.
- Compatibilidad electromagnética (EMC).
- Protección contra sobrecorrientes.
- Advertencias del fabricante.
- Requisitos de EPI durante intervención.

2.3. LECTURA Y APLICACIÓN DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

2.3.1. Cómo interpretar una ficha técnica

1. Identificar **modelo** y **familia**.
2. Leer **parámetros eléctricos**: tensiones, corrientes, límites.
3. Revisar **compatibilidades** (interfaces, protocolos).
4. Analizar **condiciones de instalación**.
5. Consultar **esquemas o diagramas funcionales**.
6. Revisar **mantenimiento recomendado**.

2.3.2. Aplicación práctica en mantenimiento

- Seleccionar repuestos con las **mismas características**.
- Identificar restricciones de montaje.
- Ajustar parámetros (gamas analógicas, calibración).
- Prever tiempos y herramientas necesarios.
- Evitar daños por incompatibilidad o mala conexión.

2.3.3. Impacto en la planificación

Las especificaciones determinan:

- Duración de tareas.
- Técnicos necesarios.
- Materiales y herramientas.
- Riesgos y medidas preventivas.

2.4. ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS Y MATERIALES EN MANTENIMIENTO ELECTRÓNICO

2.4.1. Equipos típicos en infraestructuras electrónicas

- PLCs y módulos de E/S.
- Fuentes de alimentación 24 V.
- Sensores (temperatura, proximidad, presión).
- Instrumentos de medida (multímetros, osciloscopios).
- Sistemas de comunicación industrial.

2.4.2. Materiales típicos

- Cables y conectores.
- Terminales.
- Fusibles y protectores.
- Componentes electrónicos (resistencias, diodos, relés).
- Canales, carriles DIN, cajas estancas.

2.4.3. Cómo seleccionar equipos y materiales adecuados

La elección debe cumplir con:

- **Compatibilidad eléctrica** (tensiones, corrientes).
- **Compatibilidad mecánica** (montaje, dimensiones).
- **Compatibilidad funcional** (protocolos, interfaces).
- **Condiciones ambientales** (IP, temperatura).
- **Normativa** aplicable.

2.4.4. Ejemplos de especificación de material

Material	Parámetros clave
Sensor temperatura PT100	Tipo, rango, tolerancia, cableado
Fuente 24 V 5 A	Tensión, corriente, eficiencia, protección
Conector M12	Tipo, número de pines, IP, material
Cable apantallado	Sección, aislamiento, categoría, blindaje

2.5. ESPECIFICACIONES DE MONTAJE

2.5.1. Concepto

Las especificaciones de montaje indican **cómo deben instalarse los equipos** para garantizar su correcto funcionamiento y seguridad.

2.5.2. Contenidos habituales

- Esquemas de instalación.
- Distancias mínimas de seguridad.
- Disposición en armarios (tableros, carril DIN).

- Torsión, apriete y pares recomendados.
- Etiquetado de cables y conexiones.
- Compatibilidad entre módulos.
- Señalización de seguridad.

2.5.3.Aspectos eléctricos

- Sección mínima del cable.
- Protección contra sobrecorrientes.
- Conexión a tierra.
- Separación de señales de potencia y control.
- Longitud máxima de cableado según protocolo (Ethernet, RS-485...).

2.5.4.Aspectos mecánicos

- Posición de montaje (vertical, horizontal).
- Puntos de fijación.
- Ventilación y disipación de calor.
- Nivel de vibración permitido.

2.5.5.Requisitos especiales de montaje

- Uso de EPI.
- Manipulación antiestática.
- Aislamiento de partes activas.
- Montaje en zonas ATEX (si procede).

2.6. PERMISOS ADMINISTRATIVOS EN INFRAESTRUCTURAS ELECTRÓNICAS

2.6.1. Introducción

Algunos trabajos de mantenimiento e instalación requieren **autorizaciones administrativas**, especialmente en instalaciones reguladas.

2.6.2.Tipos de permisos necesarios

- **Permiso de trabajo eléctrico (LOTO).**
- **Permisos para trabajos en altura.**
- **Certificados de instalación eléctrica (REBT).**
- **Permisos medioambientales** (gestión de residuos electrónicos).
- **Permisos de acceso a zonas restringidas** (subestaciones, centros de control).

- **Registro de equipos con marcado CE obligatorio.**

2.6.3. Documentación obligatoria asociada

- Certificados de instalación o modificación.
- Informes de mediciones (aislamiento, puesta a tierra).
- Plan de seguridad y salud.
- Documentación técnica aportada por fabricante.
- Actas de inspección oficiales.

2.6.4. Relación con el mantenimiento

Los permisos afectan a:

- Tiempos de intervención.
- Personal cualificado necesario.
- Herramientas homologadas.
- Validez de garantías.
- Auditorías internas y externas.

2.7. INTRODUCCIÓN: PUESTA EN SERVICIO Y SU IMPORTANCIA

2.7.1. Concepto de puesta en servicio

La **puesta en servicio** (comissioning) es el proceso mediante el cual se verifica que una instalación o sistema electrónico ha sido **montado, configurado y ajustado correctamente** antes de entrar en funcionamiento real.

2.7.2. Objetivos principales

- Garantizar que los equipos funcionan **según las especificaciones del fabricante**.
- Verificar **seguridad eléctrica y operativa**.
- Detectar errores de instalación antes de causar averías.
- Establecer una **línea base** para el mantenimiento futuro.
- Documentar el estado inicial del sistema.

2.7.3. Importancia en el mantenimiento electrónico

Una puesta en servicio incorrecta provoca:

- Fallos prematuros.
- Riesgos eléctricos.
- Comunicación incorrecta entre equipos.

- Pérdida de garantías del fabricante.
- Fallos en la programación o calibración inicial.

2.8. PROTOCOLOS DE PUESTA EN SERVICIO (POSTA EN SERVICIO)

Los **protocolos** son documentos que establecen paso a paso **cómo realizar la verificación** de una instalación electrónica antes de su uso.

2.8.1. Fases del protocolo de puesta en servicio

a) Verificación previa

- Comprobar que todo está instalado según planos.
- Confirmar que los cables están etiquetados y bien conectados.
- Revisar aprietes, bornes, protecciones y fijaciones.

b) Condiciones de seguridad

- Aplicar procedimiento **LOTO**.
- Comprobar ausencia de tensión.
- Validar uso de EPI (guantes, gafas, antiestáticos).
- Señalizar la zona de trabajo.

c) Pruebas sin tensión

- Comprobación de continuidad.
- Medida de aislamiento.
- Identificación de fases y neutro.
- Verificación del cableado con planos.

d) Pruebas con tensión

- Medida de tensiones reales.
- Arranque de equipos.
- Verificación de protecciones (fusibles, magnetotérmicos).
- Comprobación de tierra.
- Supervisión de corrientes y consumos.

e) Configuración y parametrización

- Ajuste de PLC o controladores.
- Configuración de sensores y actuadores.
- Parámetros de red (direcciones IP, velocidades, protocolos).

f) Pruebas funcionales finales

- Simulación de funcionamiento real.
- Activación de dispositivos.
- Verificación de secuencias, alarmas y fallos.
- Medición de respuesta del sistema.

2.8.2. Documentos que forman parte del protocolo

- Lista de comprobación (checklist).
- Esquemas eléctricos y electrónicos.
- Fichas de instrumentación.
- Planos de red.
- Certificados de calibración de instrumentos.
- Orden de puesta en servicio firmada.

2.9. ENSAYOS Y PRUEBAS DE INSTALACIONES ELECTRÓNICAS

Los **ensayos** permiten comprobar que los equipos funcionan dentro de su rango seguro y estable.

2.9.1. Ensayos eléctricos básicos

a) Ensayo de continuidad

Comprueba que conductores y circuitos están correctamente conectados.

b) Ensayo de aislamiento

Verifica que no existen fugas eléctricas entre conductores.

- Instrumento: **megóhmetro**.

c) Medida de resistencia de toma de tierra

Determina si la instalación está correctamente conectada a tierra.

d) Medida de tensiones y corrientes

Verifica:

- Tensión nominal.
- Corriente en carga.
- Caídas de tensión.

e) Comprobación de protecciones

- Funcionamiento de magnetotérmicos.

- Estado de fusibles.
- Disparo de diferenciales.

2.9.2. Ensayos funcionales en electrónica

a) Prueba de sensores

- Señal recibida.
- Exactitud y linealidad.
- Calibración según datasheet.

b) Prueba de actuadores

- Activación y respuesta.
- Verificación de conexión eléctrica.
- Respuesta a comandos del PLC.

c) Ensayo de comunicación

- Verificación de protocolos:
RS-485, Modbus, Ethernet, Profibus...
- Latencia, velocidad, pérdidas de paquetes.

d) Ensayo de carga en fuentes de alimentación

- Capacidad en corriente.
- Estabilidad.
- Rizado (ripple).

e) Prueba de integración

Comprueba que todos los dispositivos interactúan correctamente:

- PLC ↔ Sensor
- PLC ↔ Válvula
- PLC ↔ SCADA

2.9.3. Ensayos ambientales

- Temperatura y humedad.
- Vibración.
- Protección IP.
- Sobretensiones.

2.10. CERTIFICACIONES EN INSTALACIONES ELECTRÓNICAS

Certificar significa **dejar constancia oficial** de que una instalación cumple normativa, seguridad y calidad.

2.10.1. Tipos de certificaciones

a) Certificado de instalación eléctrica (REBT)

Obligatorio en instalaciones de baja tensión:

- Tableros eléctricos.
- Cuadros de control.
- Centros de transformación auxiliares.

b) Certificados de conformidad CE

El fabricante certifica que el equipo cumple normativa europea:

- EMC (Compatibilidad Electromagnética).
- LVD (Baja tensión).
- RoHS.

c) Certificados de calibración

Para instrumentos de medida:

- Multímetros.
- Pinzas amperimétricas.
- Sondas de temperatura.

d) Certificados de verificación o inspección

Realizados por organismos autorizados (OCA/ITE).

2.10.2. ¿Quién realiza las certificaciones?

- Instaladores autorizados.
- Ingenieros técnicos o superiores.
- Organismos de control.
- Fabricantes (certificados CE).

2.10.3. Documentación asociada

- Memoria técnica o proyecto.
- Boletines oficiales.
- Esquemas unifilares.

- Protocolos de prueba.
- Informes de mediciones.
- Declaraciones de conformidad.

2.11. GARANTÍAS EN INSTALACIONES Y EQUIPOS ELECTRÓNICOS

Las garantías aseguran el correcto funcionamiento del equipo o instalación durante un periodo establecido.

2.11.1. Tipos de garantía

a) Garantía legal

Obligatoria según ley.

b) Garantía del fabricante

Cubre defectos de fabricación.

c) Garantía de instalación

Asegura la correcta ejecución del montaje.

d) Garantía de mantenimiento

Garantiza la calidad de las intervenciones.

2.11.2. Qué cubren las garantías

- Defectos de materiales.
- Fallos prematuros.
- Componentes defectuosos.
- Problemas derivados de un montaje incorrecto.
- En algunos casos: intervención técnica.

2.11.3. Qué invalida una garantía

- Intervenciones no autorizadas.
- Modificaciones sin permiso.
- Uso incorrecto o fuera de las especificaciones.
- No cumplir con el plan de mantenimiento.

2.12. RELACIÓN ENTRE PUESTA EN SERVICIO, ENSAYOS, CERTIFICACIÓN Y GARANTÍA

La secuencia lógica es:

- 1 Ensayos previos
- 2 Puesta en servicio
- 3 Certificaciones
- 4 Entrega de garantías

Cada fase garantiza que la instalación:

- Es segura.
- Cumple normativa.
- Funciona correctamente.
- Puede entrar en operación.

2.13. INTRODUCCIÓN A LAS GAMAS DE MANTENIMIENTO

2.13.1. Concepto de gama de mantenimiento

Una **gama de mantenimiento** es un documento técnico donde se listan, de forma ordenada y estructurada, **las operaciones de mantenimiento que deben realizarse sobre un equipo**, indicando:

- Las tareas a ejecutar.
- La secuencia recomendada.
- Los medios necesarios.
- Los tiempos previstos.
- Las condiciones de seguridad.

2.13.2. Objetivo de las gamas

- Asegurar intervenciones **uniformes y estandarizadas**.
- Reducir errores y variabilidad en las tareas.
- Facilitar la **planificación y gestión de recursos**.
- Documentar de forma clara qué debe hacerse y cómo.

2.13.3. Importancia en mantenimiento electrónico

Las gamas permiten:

- Estandarizar intervenciones de medición, calibración, limpieza, ajustes, etc.
- Reducir tiempos de parada.

- Garantizar precisión en tareas sensibles (tensión, señal, calibración).
- Cumplir normativa y procedimientos de seguridad.

2.14. ESTRUCTURA DE UNA GAMA DE MANTENIMIENTO

Una gama suele incluir:

2.14.1. Datos generales

- Equipo o sistema.
- Código e identificación.
- Ubicación.
- Tipo de mantenimiento (preventivo, predictivo, correctivo programado).
- Periodicidad (mensual, trimestral, anual).

2.14.2. Operaciones a realizar

Listado claro de tareas **con su descripción**:

- Medir tensiones.
- Limpiar ventiladores.
- Verificar comunicación del PLC.
- Ajustar sensores.
- Sustituir componentes desgastados.

2.14.3. Secuencia de operaciones

Las tareas deben ordenarse de forma lógica:

1. Preparación
2. Desconexión/LOTO
3. Verificación inicial
4. Operación técnica
5. Prueba funcional
6. Cierre y documentación

2.14.4. Recursos necesarios

- Técnicos (nº y especialidad).
- Herramientas (multímetro, osciloscopio, soldador...).
- Materiales (repuestos, consumibles).

- EPI (antiestráticos, guantes dieléctricos...).

2.14.5. Tiempos de las tareas

- Tiempo estimado por operación.
- Tiempos de preparación y cierre.
- Tiempo total de la intervención.

2.14.6. Condiciones de seguridad

- Aplicación de **LOTO**.
- Verificación de ausencia de tensión.
- Señalización del área.
- Manipulación antiestática.

2.15. OPERACIONES: DEFINICIÓN Y SECUENCIA

2.15.1. ¿Qué es una operación de mantenimiento?

Una **operación** es una acción técnica concreta que forma parte de la gama de mantenimiento.

Ejemplos:

- Medir el rizado de una fuente de alimentación.
- Reapretar bornes.
- Calibrar un sensor de temperatura.
- Realizar un backup del PLC.
- Limpiar filtros y ventiladores.

2.15.2. Definición de la operación

Cada operación debe definir:

1. **Qué hacer** (acción concreta).
2. **Cómo hacerlo** (procedimiento).
3. **Con qué** (herramientas y materiales).
4. **Con quién** (número de técnicos).
5. **Bajo qué condiciones** (seguridad, acceso, riesgos).
6. **Resultado esperado**.

2.15.3. Secuencia típica de operaciones en mantenimiento electrónico

1. Preparación

- Revisión de la OT.
- Selección de herramientas.
- Señalización del área.

2. Desconexión y seguridad

- Aplicación de **LOTO**.
- Verificación de ausencia de tensión.
- Descarga de condensadores.

3. Verificaciones previas

- Inspección visual.
- Lectura de parámetros iniciales.

4. Operación técnica principal

- Medir, limpiar, calibrar, ajustar, sustituir.
- Siguiendo la ficha técnica.

5. Prueba funcional

- Encender el equipo.
- Verificar tensiones, comunicación, señales.
- Registrar valores.

6. Cierre

- Retirar herramientas.
- Rellenar OT.
- Actualizar histórico.

2.16. TIEMPOS EN MANTENIMIENTO

2.16.1. Tipos de tiempos

Tipo de tiempo	Descripción
Preparación	Señalizar, recoger materiales, leer OT
Ejecución	Duración de la operación técnica
Prueba funcional	Ensayo del equipo tras intervención
Cierre	Documentación, limpieza, verificación final
Espera	Falta de herramienta, autorización o acceso

2.16.2. Técnicas para estimar tiempos

1) Experiencia del técnico

Basado en intervenciones anteriores.

2) Tiempos estándar

Biblioteca de tiempos para tareas repetitivas.

Ejemplo:

- Medición de tensión: 5 min
- Sustitución de sensor: 20 min
- Limpieza de ventilador: 10 min

3) Históricos del mantenimiento

A partir de OT anteriores → tiempo real medio.

4) Desglose de tareas (WBS)

Dividir operaciones complejas en subtareas más simples.

5) Estimación por escenarios

- Optimista
- Realista
- Pesimista

2.16.3. Registro y mejora de tiempos

- Comparar tiempo estimado vs. tiempo real.
- Ajustar la gama en futuras intervenciones.
- Determinar la eficiencia del equipo técnico.
- Detectar tareas problemáticas.

2.17. CARGAS DE TRABAJO

2.17.1. Concepto

La **carga de trabajo** es la cantidad total de horas de mantenimiento que deben realizarse en un período determinado, considerando:

- Número de técnicos.
- Horas disponibles.
- Tareas asignadas.
- Duración estimada de cada operación.

2.17.2. ¿Para qué sirve?

- Evitar sobrecarga del personal.
- Planificar recursos semanales/mensuales.
- Establecer prioridades.
- Reducir tiempos muertos.
- Garantizar cumplimiento del plan preventivo.

2.17.3. Cálculo de la carga de trabajo

Fórmula básica:

Carga total = Σ (tiempo de cada tarea * nº de técnicos requeridos)

Ejemplo práctico:

En una semana hay que realizar:

- 2 revisiones de PLC → 45 min cada una
- 3 limpiezas de filtros → 10 min cada una
- 1 calibración de sensor → 25 min

Carga total estimada =

$(2 \times 45) + (3 \times 10) + 25 = 145$ minutos

2.17.4. Herramientas de planificación de cargas

- CMMS.
- Tablas de Excel.
- Diagramas de Gantt.
- Gráficos de carga semanal.

2.18. EJEMPLO COMPLETO DE UNA GAMA DE MANTENIMIENTO

Equipo: Fuente de alimentación 24V DC

Periodicidad: Trimestral

Secuencia	Operación	Recursos	Tiempo	Seguridad
1	Desconexión LOTO	1 técnico	5 min	Verificar ausencia de tensión
2	Limpieza de ventilador	1 técnico	10 min	EPI
3	Medición de tensión de salida	1 técnico	10 min	Tensión controlada
4	Medición de rizado	1 técnico	5 min	Osciloscopio
5	Prueba de carga	1 técnico	10 min	Supervisión
6	Documentación OT	1 técnico	5 min	—

Tiempo total = **45 minutos**

Carga = **45 minutos × 1 técnico** = 45 min

2.19. INTRODUCCIÓN: LA IMPORTANCIA DE LOS RECURSOS EN EL MANTENIMIENTO

El éxito de un plan de mantenimiento depende en gran medida de disponer de **recursos adecuados**, tanto **humanos** como **materiales**.

Una correcta planificación de estos recursos permite:

- Realizar las intervenciones en **tiempo y forma**.
- Reducir tiempos muertos por falta de herramientas.
- Asignar tareas según la **cualificación** del personal.
- Garantizar la **seguridad y calidad** del trabajo.
- Optimizar los costes de mantenimiento electrónico.

2.20. RECURSOS HUMANOS EN EL MANTENIMIENTO

2.20.1. Concepto

Los **recursos humanos** son el conjunto de personas que intervienen en la planificación, ejecución, revisión y control del mantenimiento.

Incluye tanto personal técnico como personal de apoyo.

2.20.2. Tipos de personal en mantenimiento electrónico

a) Técnicos de mantenimiento electrónico

- Realizan tareas de medición, calibración, reparación y ajuste.
- Deben conocer equipos: PLC, sensores, fuentes de alimentación, redes industriales...

b) Especialistas

- Técnicos superiores en áreas concretas (instrumentación, comunicaciones, automatización).
- Intervienen en tareas complejas o críticas.

c) Operarios de línea

- Realizan pequeñas tareas autónomas (TPM):
 - Limpieza básica.
 - Engrase no eléctrico.
 - Detección de anomalías visuales.

d) Responsable o jefe de mantenimiento

- Coordina la planificación.
- Asigna recursos.
- Evalúa resultados y KPIs.

e) Personal auxiliar

- Almacén de repuestos.
- Gestión documental.
- Recepción técnica.

2.20.3. Competencias necesarias del personal

- **Conocimientos técnicos** de electrónica, electricidad y automatización.
- **Capacidad de diagnóstico** de fallos.
- **Uso correcto de instrumental** (multímetro, osciloscopio, termografía...).

- **Lectura de planos y especificaciones.**
- **Seguridad eléctrica** (LOTO, EPI, ATEX si aplica).
- **Gestión de documentación** (OT, históricos, CMMS).

2.20.4. Formación y capacitación

- Formación inicial en electrónica/electricidad.
- Cursos específicos del fabricante (PLC, instrumentación).
- Actualización periódica en:
 - Software industrial
 - Protocolos de comunicación
 - Técnicas de mantenimiento predictivo
 - Nuevas normativas
 - Ciberseguridad industrial

2.20.5. Asignación de recursos humanos

Al planificar se debe considerar:

- Número de técnicos disponibles.
- Nivel de competencia requerido por tarea.
- Tiempos estimados de cada operación.
- Posibilidad de tareas simultáneas.
- Horarios, turnos y cargas de trabajo.

2.20.6. Seguridad del personal

Todo recurso humano debe trabajar bajo condiciones seguras:

- LOTO: bloqueo y verificación de ausencia de tensión.
- EPI: guantes dieléctricos, gafas, calzado aislante, pulsera antiestática.
- Señalización de zonas de trabajo.
- Respeto a procedimientos de emergencia.

2.21. RECURSOS MATERIALES EN EL MANTENIMIENTO

2.21.1. Concepto

Los **recursos materiales** incluyen todos los elementos físicos necesarios para realizar las intervenciones de mantenimiento.

Se dividen principalmente en:

- **Herramientas e instrumentación**
- **Repuestos y consumibles**
- **Equipos auxiliares e infraestructura**

2.21.2. Herramientas e instrumentación

a) Herramienta manual

- Destornilladores, llaves, alicates...
- Prensas, cortacables, crimpadoras.

b) Instrumentos de medida

Esenciales en mantenimiento electrónico:

- Multímetro.
- Osciloscopio.
- Pinza amperimétrica.
- Telurómetro.
- Comprobador de aislamiento (megóhmetro).
- Analizador de redes.
- Generadores de señal.

c) Herramientas especializadas

- Estación de soldadura.
- Cargadores de firmware.
- Equipos para diagnóstico de buses industriales.

2.21.3. Repuestos y consumibles

a) Repuestos electrónicos

- Tarjetas electrónicas.
- Fuentes de alimentación.
- Sensores y sondas.
- Relés y contactores.
- Módulos PLC.

b) Consumibles

- Fusibles.
- Terminales.
- Cables.
- Pasta térmica.
- Aire comprimido.
- Estaño y flux.

Una correcta **gestión de stock** evita retrasos en intervenciones críticas.

2.21.4. Infraestructuras y medios auxiliares

- Taller de mantenimiento.
- Banco de pruebas.
- Armarios de herramientas.
- Equipos de elevación (si aplica).
- Sistemas informáticos y software CMMS.
- Documentación técnica y normas.

2.22. GESTIÓN DE RECURSOS EN EL MANTENIMIENTO ELECTRÓNICO

2.22.1. Planificación de recursos

Se basa en:

- Listado de tareas del plan preventivo.
- Número de técnicos disponibles.
- Disponibilidad de repuestos.
- Herramientas necesarias.

2.22.2. Asignación de recursos a cada tarea

Cada operación debe indicar:

- **Cuántos técnicos** requiere.
- **Qué herramientas** necesita.
- **Qué repuestos** debe incluir el técnico.
- **Tiempo estimado de trabajo.**

2.22.3. Optimización de recursos

- **Minimizar tiempos muertos:** asegurarse de que los técnicos tengan herramientas y repuestos antes de comenzar.
- **Evitar sobrecargas:** balancear tareas entre técnicos.
- **Agrupar intervenciones** en la misma zona para ahorrar tiempo.
- **Uso del histórico** para prever qué recursos serán necesarios.

2.22.4. Documentación asociada**Registros clave:**

- Órdenes de trabajo (OT).
- Listado de stock de repuestos.
- Inventario de herramientas.
- Calendario de calibración de instrumentos.
- Historial de reparaciones y recursos usados.

2.23. EJEMPLO PRÁCTICO: ASIGNACIÓN DE RECURSOS EN UNA INTERVENCIÓN**Equipo: PLC Siemens S7-1200****Tarea: Revisión trimestral**

Operación	Técnicos	Herramientas	Materiales	Tiempo
1. LOTO	1	Comprobador tensión	—	5 min
2. Limpieza CPU	1	Aire comprimido	—	10 min
3. Backup programa	1	PC + software TIA Portal	—	20 min
4. Verificación de comunicación	1	PC + cable Ethernet	—	10 min
5. Documentación	1	—	—	5 min

Recurso total: 1 técnico durante 50 minutos + aire comprimido + PC + software.

2.24. CONTROL DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

2.24.1. Concepto

El **control del plan de mantenimiento** es el proceso mediante el cual se verifica que todas las tareas planificadas:

- Se ejecutan en el **tiempo previsto**,
- Se realizan con la **calidad requerida**,
- Utilizan los **recursos adecuados**,
- Y generan la **documentación necesaria**.

2.24.2. Objetivos del control

- Evaluar el **cumplimiento** del plan preventivo.
- Detectar tareas atrasadas o incompletas.
- Identificar desviaciones de tiempo, materiales o recursos humanos.
- Mejorar la **eficiencia** del proceso.
- Reducir averías inesperadas.

2.24.3. Herramientas de control

- **CMMS** (software de gestión).
- **Órdenes de trabajo** (OT) completadas.
- **Historial de mantenimiento**.
- Indicadores (**KPI**):
 - % OT realizadas
 - MTBF
 - MTTR
 - Disponibilidad

2.24.4. Actividades de control

- Revisión diaria/semanal del programa.
- Auditorías internas del mantenimiento.
- Seguimiento de incidencias.
- Comparación entre **tiempos planificados y reales**.
- Elaboración de informes de mantenimiento.

2.25. ÓRDENES DE TRABAJO (OT)

2.25.1. Concepto

Una **orden de trabajo** es el documento que autoriza, describe y registra una intervención de mantenimiento.

2.25.2. Contenido de una OT

- Número o código.
- Equipo o instalación afectada.
- Tipo de mantenimiento (correctivo, preventivo, predictivo).
- Descripción de la tarea.
- Fecha programada y fecha de ejecución.
- Técnicos asignados.
- Materiales utilizados.
- Tiempos empleados.
- Resultado final (Conforme / No conforme).
- Observaciones.

2.25.3. Tipos de órdenes de trabajo

- **Preventivas** → programadas.
- **Correctivas** → tras una avería.
- **Predictivas** → seguimiento de condiciones.
- **De mejora** → ajustes o mejoras de rendimiento.
- **De inspección** → verificaciones visuales o instrumentales.

2.25.4. Importancia de las OT

- Garantizan trazabilidad.
- Permiten calcular tiempos reales.
- Facilitan auditorías y certificaciones.
- Permiten generar históricos de intervención.
- Ayudan a optimizar el plan preventivo.

2.26. ASIGNACIÓN DE RECURSOS EN MANTENIMIENTO

2.26.1. Concepto

Asignar recursos significa **determinar qué técnicos, herramientas y materiales** se necesitan para cada tarea.

2.26.2. Recursos humanos

- Número de técnicos.
- Nivel de especialización.
- Disponibilidad según turnos.
- Formación necesaria.

Ejemplos:

- Tareas con tensión → técnico especialista.
- Diagnóstico electrónico → técnico con experiencia en instrumentación.
- Redes industriales → técnico cualificado en comunicación.

2.26.3. Recursos materiales

- Herramientas (multímetro, osciloscopio, estación de soldadura).
- Repuestos (sensores, fusibles, módulos PLC).
- Consumibles (estaño, terminales, aire comprimido).
- Instrumentación calibrada.

2.26.4. Infraestructuras

- Taller equipado.
- Bancos de pruebas.
- Armarios y almacenaje.
- Manuales y planos actualizados.

2.27. OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS

2.27.1. Concepto

La optimización consiste en **reducir tiempos muertos**, mejorar la eficiencia y asegurar que los recursos se usen de forma adecuada.

2.27.2. Técnicas de optimización

a) Planificación equilibrada

Distribuir el trabajo entre técnicos para evitar sobrecarga.

b) Agrupación de tareas

Realizar varias tareas en la misma zona o equipo en una sola intervención.

c) Uso de históricos

Detectar tareas que requieren más o menos tiempo y ajustar el plan.

d) Control de stock

Tener repuestos críticos disponibles evita retrasos.

e) Priorización por criticidad

Los equipos más importantes se atienden primero.

f) Programación visual

Diagramas de Gantt y gráficos de carga ayudan a ajustar recursos.

2.27.3. Beneficios

- Reducción de tiempos de parada.
- Mayor productividad del equipo técnico.
- Menos incidencias en el plan preventivo.
- Reducción de costes de operación.

2.28. NORMAS DE UTILIZACIÓN DE EQUIPOS, MATERIALES E INSTALACIONES

2.28.1. Objetivo de las normas

Garantizar un uso **seguro, ordenado y eficiente** de todos los medios utilizados en mantenimiento.

2.28.2. Normas de uso de equipos de trabajo

- Utilizar solo herramientas **homologadas y en buen estado**.
- Prohibición de usar equipos dañados o defectuosos.
- Emplear el EPI adecuado: guantes dieléctricos, gafas, calzado aislante.
- Manipular herramientas electrónicas en áreas limpias y secas.
- Utilizar pulsera antiestática al manipular PCB o componentes sensibles.

2.28.3. Normas de utilización de materiales

- Utilizar repuestos **verificados y compatibles** según especificaciones técnicas.
- Respetar las recomendaciones del fabricante.
- Controlar el stock y registrar la salida de repuestos.
- Mantener orden y limpieza en la zona de materiales.

- Proteger componentes contra electricidad estática.

2.28.4. Normas de uso de instalaciones y talleres

- Mantener pasillos despejados.
- Respetar señalización de seguridad.
- Utilizar las zonas de trabajo según su finalidad (soldadura, pruebas, medición...).
- Identificar y bloquear equipos con **procedimiento LOTO**.
- Mantener armarios eléctricos cerrados con llave.
- Prohibición de manipular cuadros energizados sin autorización.
- Cumplir normativa eléctrica y de baja tensión.

2.28.5. Normas administrativas

- Registro obligatorio en OT.
- Reportar incidencias o anomalías.
- Uso correcto del CMMS.
- Archivar documentación técnica actualizada.

2.29. RELACIÓN ENTRE CONTROL, OT, RECURSOS Y NORMAS

La gestión del mantenimiento se apoya en cuatro pilares:

1. **Plan de mantenimiento** → qué hacer y cuándo.
2. **Órdenes de trabajo** → cómo se ejecuta y se documenta.
3. **Recursos humanos y materiales** → con qué medios se lleva a cabo.
4. **Normas de utilización** → cómo trabajar de forma segura y eficiente.

Estos elementos garantizan:

- Seguridad.
- Calidad del mantenimiento.
- Disponibilidad de equipos.
- Reducción de averías.
- Trazabilidad documental.

2.30. INTRODUCCIÓN A LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ASISTIDO POR ORDENADOR (GMAO / CMMS)

2.30.1. ¿Qué es un sistema CMMS o GMAO?

Un **CMMS (Computerized Maintenance Management System)** o **GMAO (Gestión del Mantenimiento Asistido por Ordenador)** es un software especializado para:

- Gestionar actividades de mantenimiento.
- Controlar equipos, órdenes de trabajo e históricos.
- Planificar tareas preventivas y predictivas.
- Registrar repuestos y materiales.
- Generar informes, indicadores y análisis de fallos.

2.30.2. Funciones principales

- Organización de **tareas de mantenimiento**.
- Gestión de **inventarios y repuestos**.
- Gestión documental y **manuales técnicos**.
- Control de **cargas de trabajo**.
- Centralización de **historial de equipos**.
- Seguimiento de **costes** de mantenimiento.
- Generación de **KPIs**: MTBF, MTTR, disponibilidad.

2.30.3. Ventajas de un sistema informatizado

- Reducción de errores humanos.
- Mayor control y trazabilidad.
- Planificación más precisa.
- Reducción de averías por falta de mantenimiento.
- Optimización de recursos humanos y materiales.
- Acceso rápido a información crítica.

2.31. ELEMENTOS PRINCIPALES DE UN SISTEMA XMAC / CMMS

2.31.1. Inventario de equipos

Base de datos con:

- Código del equipo.
- Ubicación.

- Características técnicas.
- Criticidad.
- Fechas de instalación.
- Documentación asociada.

2.31.2. Órdenes de trabajo

El sistema gestiona:

- OT preventivas (programadas).
- OT correctivas (tras avería).
- OT predictivas (condiciones).
- OT de mejora.

Cada OT incluye:

- Tarea asignada.
- Recursos necesarios.
- Tiempo estimado y empleado.
- Firma y resultado.

2.31.3. Gestión de gamas de mantenimiento

- Secuencias y operaciones.
- Tiempos por tarea.
- Condiciones de seguridad.
- Recursos humanos y materiales asignados.

2.31.4. Gestión de materiales y repuestos

- Stock disponible.
- Almacén y ubicaciones.
- Repuestos críticos.
- Entradas y salidas.
- Alertas por stock mínimo.

2.31.5. Gestión documental

- Fichas técnicas.
- Manuales PDF.

- Esquemas eléctricos.
- Históricos de intervenciones.

2.31.6. Gestión de personal

- Técnicos disponibles.
- Competencias y especialidades.
- Horarios y turnos.
- Cargas de trabajo.

2.32. IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA CMMS / XMAC

Implementar un sistema CMMS implica varias fases.

2.32.1. Fase 1 – Análisis inicial

Objetivos:

- Conocer el **nivel actual** del mantenimiento.
- Identificar problemas:
 - Falta de documentación.
 - OT en papel.
 - Gestión manual de repuestos.
 - Tiempos no registrados.

Resultados:

- Estudio de necesidades técnicas.
- Determinación del alcance del proyecto.
- Lista de objetivos del CMMS.

2.32.2. Fase 2 – Creación del inventario técnico

Incluye:

- Identificar todos los **equipos**.
- Crear **etiquetas y códigos** (QR, RFID).
- Registrar sus datos técnicos y documentación.
- Determinar nivel de importancia o **crítica**.

2.32.3. Fase 3 – Definición de gamas y planes preventivos

El CMMS debe incluir:

- Operaciones y secuencias.
- Frecuencias mensuales, trimestrales, semestrales...
- Tiempos estimados.
- Repuestos y herramientas.

Esto permite generar automáticamente OT preventivas.

2.32.4. Fase 4 – Carga de datos en el sistema XMAC

- Introducción de inventario.
- Registro de gamas de mantenimiento.
- Carga de repuestos y stocks.
- Importación de históricos previos.

2.32.5. Fase 5 – Formación del personal

La implantación requiere formar a:

- Técnicos (uso diario: OT, inventario, repuestos).
- Encargados (informes, programación).
- Administradores (configuración del sistema).

2.32.6. Fase 6 – Puesta en marcha y validación

- Pruebas de uso real.
- Comparación entre tiempos estimados y reales.
- Corrección de errores.
- Ajustes en gamas y recursos.

2.32.7. Fase 7 – Mantenimiento del sistema CMMS

El CMMS también requiere mantenimiento:

- Actualización de software.
- Respaldo de base de datos.
- Revisión de permisos.
- Corrección de inconsistencias en datos.

2.33. EJEMPLOS DE MÓDULOS TÍPICOS EN UN CMMS / XMAC

2.33.1. Módulo de equipos

Visualiza estado, histórico, documentación.

2.33.2. Módulo de mantenimiento preventivo

Genera OT automáticamente.

2.33.3. Módulo de mantenimiento correctivo

Gestión de incidencias y tiempos.

2.33.4. Módulo de repuestos

Stock y reposición.

2.33.5. Módulo de informes

- MTBF
- MTTR
- Disponibilidad
- Costes por equipo
- Desviaciones del plan

2.33.6. Módulo de planificación visual

- Gantt interactivo
- Cargas de trabajo
- Asignación de técnicos

2.34. INDICADORES (KPIs) GENERADOS POR UN CMMS

Indicador	Qué mide	Utilidad
MTBF	Tiempo medio entre fallos	Fiabilidad
MTTR	Tiempo medio de reparación	Eficiencia del técnico
Disponibilidad (%)	Tiempo en servicio	Importancia del preventivo
Cumplimiento de OT (%)	OT realizadas / programadas	Control del plan
Coste por equipo	Coste anual de mantenimiento	Decisiones de renovación
Tiempo de respuesta	Desde aviso a intervención	Calidad del servicio

2.35. BENEFICIOS DE IMPLEMENTAR UN SISTEMA XMAC / CMMS

- Reducción de averías inesperadas.
- Aumento de la **disponibilidad** de equipos.
- Planificación más eficiente de recursos.
- Mayor control de costes.
- Mejor gestión documental.
- Decisiones basadas en datos reales.
- Mejora continua del plan preventivo.

2.36. INTRODUCCIÓN: LA IMPORTANCIA DE LA DOCUMENTACIÓN EN EL MANTENIMIENTO**2.36.1. ¿Por qué documentar el mantenimiento?**

La documentación técnica es esencial para:

- Garantizar la **trazabilidad** de las intervenciones.
- Registrar **valores, parámetros y mediciones** que permitirán futuras comparaciones.
- Facilitar auditorías, certificaciones y revisiones reglamentarias.
- Mejorar el **diagnóstico** y la planificación.
- Reducir averías recurrentes.

2.36.2. Documentos clave en mantenimiento electrónico

- Órdenes de trabajo (OT).
- Informes técnicos.
- Protocolos de prueba.
- Historial del equipo.
- Manuales y datasheets.
- Informes de puesta en marcha.

2.37. INFORMES TÉCNICOS DE MANTENIMIENTO

2.37.1. Definición

Un **informe técnico de mantenimiento** es un documento donde se describen de forma clara y estructurada:

- Las tareas realizadas.
- Los valores medidos.
- Anomalías detectadas.
- Repuestos utilizados.
- Tiempo y recursos empleados.
- Recomendaciones finales.

2.37.2. Objetivos del informe técnico

- Dejar constancia de la intervención.
- Permitir análisis posterior (KPIs).
- Actualizar el histórico del equipo.
- Detectar fallos repetitivos.
- Garantizar la calidad del trabajo realizado.

2.37.3. Contenido habitual de un informe técnico

1. Datos del equipo

- Código, ubicación, fabricante, modelo.

2. Tipo de intervención

- Correctiva, preventiva, predictiva o de mejora.

3. Operaciones realizadas

- Descripción de las tareas ejecutadas.

4. Valores medidos

- Tensiones, corrientes, temperaturas, rizado, comunicación, calibraciones...

5. Instrumentación utilizada

- Multímetro, osciloscopio, termografía, PC, software de diagnóstico.

6. Anomalías detectadas

- Conexiones flojas, ruidos, fallos de señal, sobrecalentamientos, etc.

7. Repuestos y materiales empleados

- Listado con unidades utilizadas.

8. Tiempo empleado

- Tiempo estimado vs. tiempo real.

9. Resultado final

- Conforme / No conforme.

10. Recomendaciones

- Ajustes futuros, necesidad de cambio de pieza, revisión programada...

11. Firma

- Técnico responsable y fecha.

2.38. HERRAMIENTAS SOFTWARE PARA ELABORACIÓN DE DOCUMENTACIÓN

Las herramientas informáticas permiten generar, almacenar y consultar documentación técnica de forma eficiente.

2.38.1. Software específico de mantenimiento (CMMS / XMAC)

Permite:

- Generar órdenes de trabajo.
- Adjuntar informes técnicos.
- Registrar valores y mediciones.
- Crear históricos completos.
- Exportar informes en PDF.

2.38.2. Software de ofimática

a) Procesadores de texto

- Word, LibreOffice Writer, Google Docs.
- Útiles para informes, memorias técnicas y protocolos.

b) Hojas de cálculo

- Excel, Google Sheets.
- Útiles para tablas de:
 - Valores medidos
 - KPIs (MTBF, MTTR, disponibilidad)
 - Comparación de parámetros

c) Presentaciones

- PowerPoint, LibreOffice Impress.
- Para presentar informes a la dirección.

2.38.3. Software técnico especializado

a) Herramientas de diseño eléctrico

- AutoCAD Electrical
- EPLAN
- QElectroTech
Para incluir esquemas actualizados.

b) Herramientas de diagnóstico

- TIA Portal (PLC Siemens)
- RSLogix (Allen Bradley)
- TestLink / TestIO
- Software de instrumentación (FlukeView, Keysight BenchVue)

c) Herramientas de medición digital

- Registradores de datos
- Software de osciloscopio
- Analizadores de redes

Permiten exportar gráficas y datos directamente al informe.

2.38.4. Gestión documental digital

Sistemas que almacenan:

- Manuales técnicos
- Planos
- Certificados

- Protocolos de pruebas
- Fichas de mantenimiento
- Fotografías y vídeos de incidencias

Permiten compartir y consultar en tiempo real.

2.39. INFORME DE PARÁMETROS Y MEDIDAS DE PUESTA EN MARCHA

2.39.1. ¿Qué es un informe de puesta en marcha?

Es un documento que recoge **todas las pruebas, medidas y verificaciones** realizadas antes de **activar una instalación o un equipo electrónico**.

2.39.2. Objetivos

- Verificar que el montaje cumple especificaciones.
- Comprobar que el sistema funciona de forma segura.
- Registrar valores iniciales para comparaciones futuras.
- Certificar que la instalación está lista para servicio.

2.39.3. Contenido del informe de puesta en marcha

1. Identificación del equipo o instalación

- Código, ubicación, tipo de instalación, responsable.

2. Inspección visual

- Estado del montaje.
- Etiquetado.
- Aprietes y conexiones.

3. Medidas eléctricas

- Tensión nominal.
- Caídas de tensión.
- Corrientes de carga.
- Continuidad de tierra.
- Ensayo de aislamiento.

4. Medidas electrónicas

- Señales de sensores.
- Protocolos de comunicación.
- Rizado (ripple) de fuente.

- Parámetros de PLC o control.

5. Ensayos funcionales

- Simulación de entradas y salidas.
- Activación de actuadores.
- Prueba de secuencia.

6. Ensayos de seguridad

- Prueba de diferenciales.
- Paro de emergencia.
- Sistema de enclavamientos.

7. Resultados y conformidad

- Aprobado / No aprobado.
- Reparaciones o ajustes necesarios.

8. Firma y validación

- Técnico, inspección, responsable de puesta en marcha.

2.39.4. Herramientas de medición usadas en puesta en marcha

- Multímetro.
- Osciloscopio.
- Cámara termográfica.
- Comprobador de aislamiento.
- Medidor de tierra.
- PC con software de programación/diagnóstico.

2.40. RELACIÓN ENTRE INFORMES, SOFTWARE Y PUESTA EN MARCHA

El proceso completo se entiende como una cadena:

1. **Captura de medidas** (instrumentación).
2. **Registro y documentación** (informe técnico).
3. **Digitalización y almacenamiento** (software).
4. **Análisis y toma de decisiones** (KPIs y revisiones).
5. **Mejora del mantenimiento** (ajustes en gamas, tiempos y recursos).

Todo informe sirve como:

- Evidencia documental.
- Base para auditorías.
- Línea de referencia para predictivo.
- Información para el histórico del equipo.