



Realizar la estructuración integral del proyecto Línea 2 del Metro de Bogotá, incluyendo los componentes legal, de riesgos, técnico y financiero

Entregable 4
E. Definición de Estrategias para su Sostenibilidad, Mantenimiento y Actualización

Documento No. L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VC



REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VC

CONTROL DE CAMBIOS

ÍNDICE DE MODIFICACIONES

Versión	Fecha	Sección Modificada	Observaciones
A	18-02-2022	-	Versión Inicial
B	08-02-2022	Todas	Observaciones FDN/EMB
C	17-05-2022	-	Complementación por observaciones del Ministerio de Transporte

REVISIÓN Y APROBACIÓN FDN

J. C. Pantoja 18-05-2022
Gerente de estructuración

REVISIÓN Y APROBACIÓN

Revisó: O. Véliz 17-05-2022	Revisó: F. Faria 17-05-2022	Revisó: C.L. Umaña 17-05-2022	Aprobó: J.M. Martínez 17-05-2022
VoBo. Director Técnico	VoBo. Director Financiero	VoBo. Director Legal	VoBo. Director General de Estructuración

TABLA DE CONTENIDO

1. ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO DEL PROYECTO	8
1.1. INTRODUCCIÓN	8
1.1.1. Objetivo y alcance	8
1.1.2. Aspectos particulares asociados con el carácter automático de la L2MB	9
1.1.3. Terminología, acrónimos y abreviaciones	10
1.1.3.1. Terminología	10
1.1.3.2. Acrónimos y abreviaciones	10
1.2. DIRECTRICES DE MANTENIMIENTO	13
1.2.1. Recordatorio de los fundamentos del mantenimiento	13
1.2.1.1. Mantenimiento	13
1.2.1.2. Tipos de mantenimiento	13
1.2.1.2.1. Mantenimiento preventivo	14
1.2.1.2.1.1. Mantenimiento sistemático	15
1.2.1.2.1.2. Mantenimiento condicional	15
1.2.1.2.1.3. Mantenimiento predictivo	15
1.2.1.2.2. Mantenimiento correctivo	15
1.2.1.2.3. Mantenimiento paliativo	15
1.2.1.2.4. Mantenimiento curativo	16
1.2.1.3. Mantenimiento basado en la confiabilidad	16
1.2.1.4. Niveles de servicio	16
1.2.1.5. Confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad (RAM)	17
1.2.1.5.1. Mantenibilidad	18
1.2.1.5.1.1. Definición	18
1.2.1.5.1.2. Medición	18
1.2.1.5.1.3. Consecuencias	19
1.2.1.5.2. Confiabilidad	19
1.2.1.5.2.1. Definición	19
1.2.1.5.2.2. Demostración y comprobación de la confiabilidad	19
1.2.1.5.2.2. Disponibilidad intrínseca y operativa	19
1.2.2. Buenas prácticas de mantenimiento a aplicar	20
1.2.2.1. Gestión de la seguridad	21
1.2.2.2. Nivel de criticidad de los equipos o sistemas	21
1.2.2.2.1. Instalaciones críticas con alto impacto en la disponibilidad	21
1.2.2.2.2. Equipos o sistemas con bajo impacto en la disponibilidad	21
1.2.2.3. Metodos analíticos	22
1.2.2.4. Comunicación	22
1.2.2.4.1. Orden de trabajo	22
1.2.2.4.2. Reunión entre las divisiones de Mantenimiento y de Operación	22

1.2.2.5. Apoyo Logístico Integrado (ILS Integrated Logistic Support)	23
1.2.2.5.1. Definición	23
1.2.2.5.2. Apoyo a la vida útil del sistema desde el diseño hasta la puesta en marcha	25
1.2.2.5.3. Definición del plan de mantenimiento	25
1.2.2.5.4. Documentación de mantenimiento	25
1.2.2.5.5. Equipo de apoyo	26
1.2.2.5.5.1. Sistema de apoyo al mantenimiento	26
1.2.2.5.5.2. Mantenimiento a distancia	27
1.2.2.5.5.3. Herramienta de interfaz de envío entre el centro de operaciones y de mantenimiento	27
1.2.2.5.5.4. Creación de un sistema informático de gestión del mantenimiento (CMMS) adecuado	27
1.2.2.5.6. Capacitaciones	28
1.2.2.5.7. Gestión logística (repuestos, herramientas, consumibles)	29
1.2.2.5.8. Ingeniería de mantenimiento	30
1.2.2.6. Costos	30
1.2.2.6.1. Establecimiento de los costos de mantenimiento de acuerdo con la política y la estrategia de mantenimiento	30
1.2.2.6.2. Gestión de compras	31
1.2.2.7. Operaciones de mantenimiento realizadas por el personal de operación	31
1.2.2.8. Seguimiento del mantenimiento	32
1.2.2.9. Cumplimiento de normas y prácticas reconocidas	32
1.2.2.9.1. Cumplimiento de la norma ISO 9001	32
1.2.2.9.2. Cumplimiento de la norma ISO 14001	33
1.2.2.9.3. Cumplimiento de la norma ISO 45001	34
1.2.2.9.4. Uso del método 5S para la gestión en la obra	34
1.2.2.9.5. Análisis comparativo o benchmarking	34
1.2.2.10. Tipo de gestión del mantenimiento	34
1.2.2.10.1. Metodo de intervencion de mantenimiento correctivo	34
1.2.2.10.2. Metodo de intervencion de mantenimiento preventivo	36
1.2.2.10.2.1 Planificación del mantenimiento preventivo	36
1.2.2.10.2.2 Seguimiento diario	36
1.2.2.10.2.3 Seguimiento semanal	36
1.2.2.10.3. Mantenimiento predictivo	37
1.2.2.10.4. Mantenimiento basado en la confiabilidad	37
1.2.2.11. Gestión de la obsolescencia	37
1.2.2.12. Patio-taller	38
1.2.2.12. Garantía de mantenimiento	38
1.2.2.14. Fase de movilización y preparación para el mantenimiento	40
1.2.3. Sistema de información para la gestión del mantenimiento	40

1.2.3.1. General	40
1.2.3.2. Resumen del sistema	41
1.2.3.3. Estructura y funciones del sistema	42
1.2.3.3.1 Estructura del sistema	42
1.2.3.3.2 Funciones del sistema	43
1.2.3.4. Hardware	49
1.2.3.5. Interfaz del sistema	50
1.2.3.6. Operaciones del sistema	51
1.3. ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO DE LA LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ	52
1.3.1. Objetivos estratégicos y propuesta de política de mantenimiento	52
1.3.2. Principios de fabricación casera o subcontratación	52
1.3.3. Limitaciones de organización y gestión del mantenimiento	54
1.4. PROPUESTA DE ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DE MANTENIMIENTO	54
1.4.1. Principios clave de mantenimiento de la construcción de la organización	55
1.4.2. Organización del mantenimiento y recursos de personal	55
1.4.3. Principios clave y personal de gestión y directorio	56
1.4.4. Responsabilidades de los equipos y recursos de personal	56
1.4.4.1 Entidad de recursos humanos y administración	56
1.4.4.2. Entidad de financiación y compra	57
Finanzas	57
Compras	58
Informática de oficina	58
1.4.4.3. Legal : Entidad Jurídica	58
1.4.4.4. Entidad de Relación con el Público, Autoridades de Transporte y Explotación	58
1.4.4.5. Entidad de gestión de riesgos, calidad y HSE	59
1.4.4.6. Entidades de mantenimiento	59
1.4.4.6.1. Entidad de ingeniería de mantenimiento	60
Tareas principales	60
Misiones del equipo	61
Personal	64
1.4.4.6.2. Entidad de mantenimiento del material rodante (MR)	65
1.4.4.6.3. Entidad de mantenimiento de sistemas tecnológicos electrónicos e informáticos (señalización, telecomunicaciones, PIS y AFC...)	65
1.4.4.6.4. Entidad eléctrica y electromecánica (entidad EEM)	66
Activos de alimentación (PWS)	66
Otros activos EEM: Equipo E&M	66
1.4.4.6.5. Entidad de vías y obras civiles	67
1.4.5. Cuadro recapitulativo de la mano de obra	68
1.5. PLANES PRELIMINARES DE MANTENIMIENTO POR DISCIPLINA	68
1.5.1. Principios	69

1.5.2. Enfoque en los cinco niveles de mantenimiento e intercambiabilidad	69
1.6 MANTENIMIENTO OBRAS CIVILES	73
1.6.1 Mantenimientos a cargo del Concesionario en etapas de construcción y operación	73
1.6.1.1 Túnel	73
1.6.1.2 Estaciones, accesos satelitales y galerías de acceso	73
1.6.1.3 Patio taller	74
1.6.1.4 Viaducto	74
1.6.2 Mantenimientos a cargo del Concesionario únicamente en etapa de construcción	74
1.6.2.1 Vías intervenidas	74
1.6.2.2 Otros	75
1.6.3 Mantenimientos que no estarán a cargo del Concesionario en ninguna etapa del proyecto	75
1.7. ANEXO: NORMAS Y DOCUMENTO DE REFERENCIA APLICABLES	75
2. COMPETENCIAS DE LAS ENTIDADES TERRITORIALES	77
3. DEFINICIÓN DE RECURSOS O FUENTES DE FINANCIACIÓN PARA ADELANTAR EL PLAN DE MANTENIMIENTO O RENOVACIÓN	77

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1. Impactos del material rodante
- Tabla 2. Acrónimos y abreviaciones de mantenimiento
- Tabla 3. Definición de los 5 niveles de mantenimiento
- Tabla 4. Fases del mantenimiento correctivo
- Tabla 5. Principales elementos de los cinco niveles de mantenimiento
- Tabla 6. Normas aplicables
- Tabla 7. Mecanismos de pago por tipo de contrato (pesos 2022)
- Tabla 8. Mecanismos de pago por tipo de contrato (pesos 2021)

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Sinopsis del mantenimiento
- Figura 2. Resumen esquemático del tiempo de respuesta entre fallos
- Figura 3. Elementos de apoyo logístico integrado

Figura 4. Elementos de apoyo logístico integrado

Figura 5. Procesos de mantenimiento Plan, Do, Check, Act (PCDA)

Figura 6. Coordinación entre el LOS, el ICC o el OCC y el personal de mantenimiento para la primera intervención de mantenimiento

Figura 7. Gráfico de fases para la garantía de mantenimiento

Figura 8. Configuración del software MMIS

Figura 9. Desglose funcional de la gestión de costos y presupuestos

Figura 10. Resumen de la interfaz del MMIS

Figura 11. Análisis del valor

Figura 12. Organigrama de mantenimiento

Figura 13. Estimación de demanda de pasajeros que ingresan al sistema como usuarios directos y por transbordo

Figura 14. Ingresos de recaudo por usuarios directos y transbordo

Figura 15. Ingresos por recaudo y pagos al concesionario

E. DEFINICIÓN DE ESTRATEGIAS PARA SU SOSTENIBILIDAD, MANTENIMIENTO Y ACTUALIZACIÓN

1. ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO DEL PROYECTO

1.1. INTRODUCCIÓN

1.1.1. Objetivo y alcance

El objetivo de este documento es presentar el plan preliminar de mantenimiento de la Línea 2 del Metro de Bogotá (L2MB).

El objetivo es establecer una organización eficiente para alcanzar los estándares mundiales en materia de estrategia de mantenimiento: compensación entre el coste de mantenimiento optimizado y los objetivos de desempeño RAMS. Una estrategia de mantenimiento debe estar asociada a una organización correspondiente, con los medios necesarios y suficientes para alcanzar los objetivos establecidos a través de la estrategia de mantenimiento.

Este PMP presenta, según las reglas del arte, la organización que debe aplicarse y los medios que deben asociarse a ella. Por último, se presentan los programas preliminares de mantenimiento por subsistema para precisar qué actividades de mantenimiento se llevarán a cabo por disciplina.

Una organización de mantenimiento eficiente busca la mejor oferta de servicio a los pasajeros: la disponibilidad, la seguridad, la regularidad del servicio, la sostenibilidad de los sistemas, equipos e infraestructuras. También hay que tener en cuenta el control de costos.

Para alcanzar estos objetivos, la organización y las directrices de mantenimiento asumen que el criterio de mantenibilidad debe tenerse en cuenta obligatoriamente desde la fase de diseño del sistema de transporte. Se basa en un apoyo logístico integrado y eficaz, de acuerdo con el mantenimiento basado en datos y en equipos modernos supervisados y operables a distancia, si es posible, para minimizar el tiempo de inactividad de los equipos. Estas opciones técnicas tienen un gran impacto en el dimensionamiento del personal de mantenimiento.

El contenido de este documento se divide en tres secciones principales:

- Poner de relieve las buenas prácticas de mantenimiento que deben aplicarse sobre la base de los fundamentos del mantenimiento, con el fin de comprender bien el concepto de mantenimiento, los niveles, los tipos y el principio de la subcontratación/realizado en interno.
- Describir los principios básicos del mantenimiento de acuerdo con los requisitos del proyecto y basándose en la experiencia adquirida en proyectos similares y en los planes y programas de mantenimiento preliminares. Los principios básicos deben declinarse para obtener la gestión de mantenimiento más eficiente teniendo en cuenta las compensaciones entre las tareas de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo basadas en soportes logísticos integrados.
- Establecer la organización general, las directrices y el estado del arte del mantenimiento de todos los sistemas y equipos (incluyendo la estrategia, la política y los objetivos). Estos conceptos tienen una gran repercusión en la elección de la estructura de organización del mantenimiento que debe establecerse para garantizar la eficacia del sistema de gestión del mantenimiento de la red de transporte. Se presenta un proyecto de estructura de organización del mantenimiento para mantener los sistemas y equipos en perfectas condiciones de operación y

funcionalidad, de modo que se garanticen la confiabilidad, la disponibilidad, la mantenibilidad y los objetivos operativos.

1.1.2. Aspectos particulares asociados con el carácter automático de la L2MB

El metro automático tiene como objetivo aumentar la capacidad de transporte en comparación con el sistema de metro no UTO, con un impacto principal en la producción de kilómetros de material rodante y el uso de la infraestructura.

Por lo tanto, el mantenimiento tendrá que organizarse de forma diferente para hacer frente a las mayores exigencias del uso intensivo del sistema de transporte, al tiempo que se dispone generalmente de menos tiempo por noche para llevar a cabo todos los programas de mantenimiento.

Los principales impactos son los siguientes:

Material rodante

Tabla 1. Impactos del material rodante

Caracterización	Impacto
Intervalo de tren reducido	Más trenes (es decir, mayor producción de kilómetros de la flota)
Aumento de la velocidad	<ol style="list-style-type: none">1. Más producción de kilómetros por coche,2. Desgaste más rápido de las infraestructuras afectadas por el aumento del ciclo de tonelaje * eje / día3. La velocidad aumenta la necesidad de atenuación de las vibraciones, aumentando los equipos de atenuación que son más complejos de mantener.
Capacidad para responder a situaciones excepcionales con horarios de apertura ampliados (eventos, etc.)	Producción kilométrica

El material rodante tendrá una mayor producción de kilómetros, por lo que el patio-taller (taller + zona de transferencia) debe diseñarse de forma ágil para reducir los tiempos de intervención en el material rodante.

Infraestructura

Más allá del aumento de la producción de kilómetros, la velocidad genera mayores tensiones mecánicas en los elementos de la vía y acelera el desgaste, por lo que las campañas de sustitución de los carriles desgastados serán más frecuentes. Se requerirán vehículos de mantenimiento eficientes y adaptados a las características del trazado de la L2MB (incluyendo la sección en túnel).

1.1.3. Terminología, acrónimos y abreviaciones

1.1.3.1. Terminología

Para evitar cualquier confusión, en el presente documento se utiliza la siguiente terminología.

- Las instalaciones de mantenimiento son el término general para designar cualquier equipo de mantenimiento en las redes, los depósitos, las instalaciones de metro utilizadas para el almacenamiento (estabulación), el mantenimiento, el almacenamiento, la reparación, la limpieza de coches, la supervisión de la administración de operaciones y las instalaciones de formación.
- El patio-taller designa los equipos, herramientas, talleres y almacenes útiles para el mantenimiento del material rodante.
- El sistema de transporte cubre el sistema metro en sí con sus distintas características operacionales (UTO, etc.)

1.1.3.2. Acrónimos y abreviaciones

Tabla 2. Acrónimos y abreviaciones de mantenimiento

Acrónimos y abreviaciones	Definición
AC	Aire Acondicionado
AFC	Recogida automática de billetes
ATC	Control automático del tren
ATS	Supervisión automática de trenes
BSS	Subestación a granel
CCTV	Circuito cerrado de televisión
CMMS	Sistema informatizado de gestión del mantenimiento
DT&E	Desarrollo, prueba y evaluación
DTS	Data Transmission System
E&M	Electro-Mecánica
EDMS	Sistema de gestión de documentos electrónicos
EEM	Eléctrica y electromecánica
IET	Tecnología electrónica e informática
FMECA	Análisis modal de fallos y análisis de efectos y criticidad

Acrónimos y abreviaciones	Definición
RH	Recursos Humanos
HSQE	Salud, seguridad, calidad y medio ambiente
HVAC	Calefacción, ventilación y aire acondicionado
IA	Disponibilidad intrínseca
ICC (OCC)	Centro de Control Integrado (Centro de Control Operativo)
ILS	Apoyo logístico integrado
IT	Tecnologías de la información
KPI	Indicador clave de desempeño
LCC	Coste del ciclo de vida
LLRU	Unidad reemplazable de nivel más bajo
LOS	Personal de operaciones de línea
LPS	Subestación de luz y electricidad
LRU	Unidad sustituible en línea
MDT	Tiempo promedio de inactividad
MMIS	Solución/sistema de información para la gestión del mantenimiento
MTBF	Tiempo promedio entre fallos
MTTF	Tiempo promedio hasta el fracaso
MTTR	Tiempo promedio de reparación
MUT	Tiempo promedio de funcionamiento
MWT	Tiempo promedio de espera
NFC	Tecnología de comunicación de campo cercano
O&M	Operación y mantenimiento
OA	Disponibilidad operativa
P&R	Aparcamiento y transporte
PA	Dirección pública
PIS	Sistema de información a los pasajeros
PMP	Plan de Mantenimiento Preliminar

Acrónimos y abreviaciones	Definición
PSD	Puertas mosquiteras de plataforma
PWS	Suministro de PoWer
RAM	Confiabilidad, disponibilidad y mantenimiento
RAMS	Confiabilidad, disponibilidad, mantenimiento y seguridad
RBM	Gestión basada en el riesgo
RCM	Mantenimiento basado en la confiabilidad
REX	Retorno de la experiencia
RTS	Sistema de tráfico por carretera
RS	Material rodante
SCADA	Control de supervisión y adquisición de datos
T&CW	Vía y obra civil
TETRA	Radio troncalizado Terrestre
Tmd	Momento de la detección
TOM	Máquina expendedora de billetes
TPS	Fuente de alimentación de tracción
TVM	Máquina expendedora de billetes
TVS	Sistema de ventilación del túnel
UPS	Sistema de alimentación ininterrumpida
UTO	Explotación de trenes sin vigilancia-
WO	Orden de trabajo

1.2. DIRECTRICES DE MANTENIMIENTO

Antes de presentar los elementos de la estrategia de mantenimiento, la organización y los planes de mantenimiento por disciplina, parece necesario recordar los fundamentos que deben guiar la actividad del futuro mantenedor y las herramientas que deberá desarrollar y aplicar para alcanzar los niveles de desempeño esperados.

1.2.1. Recordatorio de los fundamentos del mantenimiento

1.2.1.1. Mantenimiento

Según la norma EN 13306:2011¹, el mantenimiento es "la combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión durante el ciclo de vida de un elemento destinadas a mantenerlo en un estado en el que pueda realizar la función requerida, o a restablecerlo".

Así pues, el mantenimiento es el conjunto de actividades para mantener o restablecer los niveles nominales de seguridad, desempeño y disponibilidad de un sistema o equipo, con un coste optimizado. La optimización del mantenimiento requiere coherencia entre la definición del sistema y la política de mantenimiento asociada a la organización.

El desempeño en el alcance del mantenimiento de un sistema o equipo requiere el establecimiento de un soporte logístico adecuado. Así, el mantenimiento debe seguir una política que busque prevenir la aparición de fallos y minimizar los costos de mantenimiento y el tiempo de inactividad. Para lograr este propósito, se aplican varios tipos de mantenimiento.

1.2.1.2. Tipos de mantenimiento

Las actividades de mantenimiento se dividen en dos categorías principales:

- Mantenimiento preventivo, también llamado mantenimiento programado. Ofrece una frecuencia de mantenimiento basada, por ejemplo, en la duración, los kilómetros recorridos o las condiciones específicas (*),
- El mantenimiento correctivo, que depende de las averías.

(*) El mantenimiento relacionado con los resultados de las inspecciones preventivas planificadas se considera mantenimiento preventivo condicional, mientras que el mantenimiento correctivo permite recuperar el modo nominal después de las averías, como tarea de mantenimiento no programado.

La siguiente ilustración muestra todos los tipos de mantenimiento.

¹ Esta norma europea especifica los términos genéricos y las definiciones para las áreas técnicas, administrativas y de gestión del mantenimiento. Esta norma puede ser no aplicable a los términos que se utilizan únicamente para el mantenimiento de software

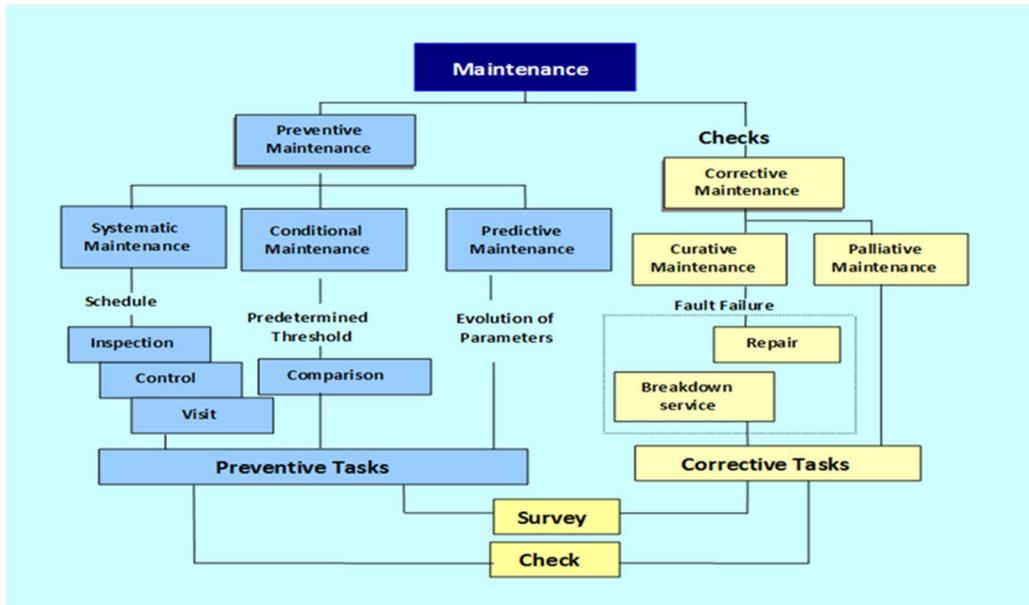


Figura 1. Sinopsis del mantenimiento

Notas:

El mantenimiento correctivo se divide en este esquema en Curativo y Paliativo como términos que se suelen utilizar en el ámbito de la ingeniería de transporte para distinguir 2 tipos de mantenimiento correctivo que requieren una acción posterior al fallo; ya sea inmediata o temporal para mantener el funcionamiento del sistema.

En efecto, estos términos están presentes en la norma francesa NF X60-000², pero no se presentan explícitamente en la norma europea EN 13 306, aunque no es raro encontrar esta distinción en el mundo anglosajón. No obstante, esta última los distingue de la siguiente manera:

1/ Mantenimiento correctivo paliativo o diferido: mantenimiento correctivo que no se lleva a cabo inmediatamente después de la detección de una avería, sino que se retrasa de acuerdo con determinadas normas,

2/ El mantenimiento curativo o correctivo inmediato que se lleva a cabo sin demora tras la detección de una avería para evitarlo.

1.2.1.2.1. *Mantenimiento preventivo*

El mantenimiento preventivo se basa en tres conceptos:

- El mantenimiento programado o sistemático según el plan de mantenimiento.
- El mantenimiento condicional, según la evolución de los criterios de activación del mantenimiento preventivo.
- El mantenimiento predictivo (también llamado mantenimiento proactivo).

Estos conceptos de mantenimiento se describen a continuación.

² Guía sobre la mantenibilidad de los equipos

1.2.1.2.1.1. *Mantenimiento sistemático*

Este tipo de mantenimiento es indicado principalmente por el proveedor del equipo, en base a parámetros, sin control. Se trata de gamas de mantenimiento procedentes de la documentación de mantenimiento estudiada y propuesta por los fabricantes. Son escalables en función de la información recibida. Las tareas se programan en función de parámetros como:

- Tiempo (día, semana, mes, año),
- Número de secuencias en el equipo (kilometraje, bloqueo o liberación, cierre o apertura),
- Intervalo (edad del equipo...).

1.2.1.2.1.2. *Mantenimiento condicional*

Este mantenimiento se basa en el seguimiento de datos específicos, por comparación con umbrales predefinidos. De este modo, las tareas de mantenimiento sólo se activan cuando se alcanza o supera el umbral. El objetivo principal de este tipo de mantenimiento es anticiparse a las averías. Los desencadenantes suelen ser el resultado de una medición, por ejemplo:

- Duración anormal de apertura y cierre de las puertas del tren en comparación con la duración media,
- Tiempo total de funcionamiento de un compresor durante un día.

1.2.1.2.1.3. *Mantenimiento predictivo*

Este tipo de mantenimiento se basa en la información resultante de análisis específicos y se refiere a equipos muy particulares en los que no es posible instalar dispositivos o sensores inteligentes. Los resultados se interpretan mediante reglas para prever las tareas de mantenimiento. Por ejemplo, el mantenimiento del sistema mecánico de una caja de cambios se planifica en función del resultado del análisis del aceite a través de una muestra de equipos o sistemas.

1.2.1.2.2. *Mantenimiento correctivo*

Este tipo de mantenimiento no está programado por naturaleza; se activa por defectos y/o alarmas. Su objetivo es el restablecimiento del funcionamiento normal o parcial.

Hay que tener en cuenta que algunas tecnologías de equipos permiten generar información sobre su propio estado, especialmente cuando se producen fallos, lo que constituye una valiosa ayuda para el diagnóstico.

1.2.1.2.3. *Mantenimiento paliativo*

El objetivo de este tipo de mantenimiento es una acción de mantenimiento correctivo que permita realizar de forma provisional toda o parte de una función necesaria. Comúnmente llamado "reparación temporal", el mantenimiento paliativo consiste principalmente en acciones temporales que deben ir seguidas de acciones curativas. Se trata, por tanto, de restablecer el funcionamiento de los equipos tras una avería, a la espera de las intervenciones curativas.

1.2.1.2.4. *Mantenimiento curativo*

El objetivo de este tipo de mantenimiento es restablecer el sistema en condiciones nominales después de una avería.

1.2.1.3. *Mantenimiento basado en la confiabilidad*

La metodología del Mantenimiento basado en la confiabilidad (Reliability Centrered Maintenance como RCM) se utiliza cuando el sistema está estabilizado y se acumulan datos suficientes para realizar un análisis significativo. Proporciona elementos para lograr la optimización de los costos mediante la eliminación de las tareas de mantenimiento ineficaces y el aumento de la vida útil de los activos. Posteriormente, los costos del ciclo de vida pueden reducirse sin sacrificar el nivel de seguridad y la confiabilidad de los activos.

Un equipo multifuncional de ingenieros y gestores debería estar capacitado para llevar a cabo el análisis RCM

1.2.1.4. *Niveles de servicio*

La siguiente tabla resume los cinco niveles según la norma EN 13306: 2010 ("Terminología de mantenimiento"). Estas tareas se dividen en niveles de complejidad creciente.

Tabla 3. Definición de los 5 niveles de mantenimiento

Niveles	Definiciones	Personal
1	<p>Intervenciones inmediatas y rápidas que requieren procedimientos sencillos.</p> <p>La acción permite restablecer o asegurar la continuidad del servicio.</p> <p>Este nivel se caracteriza por acciones sencillas realizadas con una formación mínima.</p>	Personal con formación mínima
2 ⁽¹⁾	<p>Acciones que requieren procedimientos detallados y/o equipos de apoyo (propiedad integrada o externa).</p> <p>Este nivel se caracteriza por acciones básicas que deben ser realizadas por personal cualificado utilizando procedimientos detallados.</p>	Personal cualificado

Niveles	Definiciones	Personal
3 ⁽²⁾	Operaciones que requieren procedimientos complejos y/o equipos de apoyo portátiles. Este nivel se caracteriza por acciones básicas que deben ser realizadas por personal cualificado utilizando procedimientos detallados.	Personal técnico cualificado
4 ⁽³⁾	Operaciones cuyos procedimientos implican el dominio de una técnica o tecnología específica y/o la implementación de equipos de apoyo especializados. Este nivel se caracteriza por acciones que implican el conocimiento de una técnica o una tecnología y que deben ser realizadas por personal técnico especializado.	Personal técnico especializado
5 ⁽⁴⁾	Operaciones cuyos procedimientos implican conocimientos técnicos, utilizando técnicas o tecnologías especiales, procesos y/o equipos industriales de apoyo. Este nivel se caracteriza por acciones que implican un conocimiento que posee el fabricante o una empresa especializada con equipos de apoyo logístico industrial.	Fabricante o empresa especializada

Notas:

(1) Las operaciones de nivel 2 suelen realizarse in situ. Suelen llevar a cambiar un subconjunto completo que luego se reparará en el taller.

(2) Las operaciones de nivel 3 suelen realizarse in situ. Suelen llevar a cambiar uno o varios elementos de un subconjunto. Estos elementos se reparan después en el taller.

(3) Las operaciones de nivel 4 suelen implicar la reparación in situ de los subconjuntos retirados. La investigación de la avería y el cambio del componente averiado requieren formas y nivel de cualificación muy específicos.

(4) Las operaciones de nivel 5 suelen implicar la renovación de instalaciones o la realización de una mejora importante.

1.2.1.5. Confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad (RAM)

Los objetivos de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad suelen denominarse objetivos de RAM (Reliability Availability Maintainability). Se describen a continuación.

1.2.1.5.1. *Mantenibilidad*

1.2.1.5.1.1. *Definición*

La mantenibilidad se define según la norma EN 13306: 2010 como "Capacidad de un elemento, en determinadas condiciones de uso, de conservarse o restablecerse en un estado en el que pueda realizar una función requerida, cuando el mantenimiento se realiza en determinadas condiciones y utilizando los procedimientos y recursos establecidos".

Esta capacidad de mantenimiento del hardware y el software se refiere tanto al mantenimiento correctivo como al preventivo.

1.2.1.5.1.2. *Medición*

Esta capacidad se evalúa:

- En términos de cantidad, a través de los indicadores de mantenibilidad MTTR (Tiempo promedio de Reparación) y el trabajo de mano de obra asociado. Este indicador depende del tipo de equipo. El MTTR debe calcularse desde el momento en que el operador ha solicitado la intervención hasta que el equipo o sistema se entrega disponible para la operación. Este tiempo incluye el tiempo de reparación real, más el tiempo de movilización de los equipos, la previsión de tiempo para la sustitución del equipo, etc. También depende de la capacidad de prueba y de la accesibilidad del equipo que se haya implementado al diseñar el sistema técnico. Por ejemplo, algunos equipos, como las vías, sólo son accesibles tras la interrupción de la operación. El MTTR se calcula entonces a partir del momento en que el equipo es accesible a los equipos de mantenimiento.
- En términos de calidad, a través de requisitos específicos. Estos requisitos de calidad son principalmente:
 - Las intervenciones en materia de seguridad y ergonomía del personal: las medidas aplicadas deben respetar las leyes y reglamentos vigentes en la fecha de puesta en marcha del sistema.
 - La accesibilidad: los equipos instalados tienen un espacio y un acceso limitados, están integrados en trenes, salas de equipos, armarios o acoplados a lo largo de la línea.
 - El modularidad y la selección de subconjuntos: los equipos se dividen e instalan como subconjuntos funcionales y físicos sencillos teniendo en cuenta la confiabilidad y el coste de las piezas de recambio.
 - La idoneidad para la instalación o el desmontaje: los fabricantes cumplirán los requisitos sobre el peso del equipo y su capacidad de manipulación.
 - La facilidad de limpieza: los componentes de la arquitectura general serán capaces de soportar sin daños el proceso de limpieza.
 - La robustez: refleja la resistencia del material a sucesivas instalaciones y desmontajes.
 - La carga y descarga de software: el software específico del sistema será fácil y rápidamente recargable sin necesidad de disposiciones particulares. Los fabricantes proporcionarán las herramientas para realizar la recarga y los controles y validaciones asociados.
 - La comprobación y la aplicación de los controles.
 - La normalización de los equipos para favorecer la intercambiabilidad.
 - La reparabilidad.
 - La identificación y señalización, etc.

1.2.1.5.1.3. Consecuencias

El cumplimiento de los requisitos de mantenibilidad conduce a la optimización del coste global de mantenimiento de todo el sistema. Estos requisitos proceden de las normas X60-310 ("Guía sobre la mantenibilidad de los equipos") y NF EN 60-706 ("Mantenibilidad de los equipos") y tienen los siguientes objetivos:

- Reducir los tiempos de inactividad del sistema, tanto en duración como en número.
- Reducir el número de operaciones de mantenimiento mediante el uso de componentes de mantenimiento reducidos y la aplicación de un diseño modular.
- Reducir la duración del mantenimiento correctivo desarrollando medios rápidos y seguros para detectar fallos y facilitar las operaciones de retirada o instalación.
- Necesidad limitada de apoyo, en concreto de herramientas y bancos de pruebas específicos para limitar la necesidad de mantenimiento preventivo,
- Minimizar los riesgos para el personal y los equipos durante el trabajo, sea cual sea el nivel de mantenimiento.
- Mantenimiento simplificado gracias a la intercambiabilidad, la modularidad, la máxima accesibilidad, la ausencia de ajustes, la capacidad de limpieza, los pesos y las dimensiones minimizadas.
- Reducir las necesidades de personal de mantenimiento mediante estudios de ergonomía (por ejemplo, fácil identificación de las partes del sistema, accesibilidad, puntos de prueba, conexiones).
- Reducir el riesgo de errores (por ejemplo, no hay posibilidades de conexiones incorrectas).

Se preparará por parte del concesionario un plan de pruebas de mantenimiento para comprobar los requisitos de mantenimiento desde el diseño hasta las fases del proyecto de operación y mantenimiento.

1.2.1.5.2. Confiabilidad

1.2.1.5.2.1. Definición

La confiabilidad es la capacidad de un sistema para realizar una función requerida en unas condiciones dadas durante un intervalo de tiempo determinado.

La confiabilidad se estima teniendo en cuenta el diseño de un sistema, la confiabilidad de sus componentes o la observación y el análisis del comportamiento de sistemas similares utilizados en condiciones parecidas.

1.2.1.5.2.2. Demostración y comprobación de la confiabilidad

Los requisitos de confiabilidad se presentan mediante dos figuras:

- MTBF: Tiempo promedio entre fallos,
- Intervenciones: número de operaciones en un intervalo de tiempo o intervalo entre intervenciones.

1.2.1.5.2.2. Disponibilidad intrínseca y operativa

Los objetivos de disponibilidad intrínseca (IA) están directamente relacionados con los índices de confiabilidad (MTBF) y mantenibilidad (MTTR) mediante la siguiente relación:

$$IA = MTBF / (MTBF + MTTR)$$

Hay que definir los objetivos de confiabilidad y mantenimiento para todos los equipos.

La disponibilidad operativa (OA) está relacionada con la IA, pero también depende de la organización del mantenimiento.

$$OA = MUT / (MUT + MDT) = MUT / MTBF$$

con:

- MUT: Tiempo promedio de funcionamiento (Tiempo promedio de funcionamiento tras el reinicio)
- MDT: Tiempo promedio de inactividad (media del tiempo no operativo).

Estos periodos de tiempo pueden verse en el siguiente diagrama:

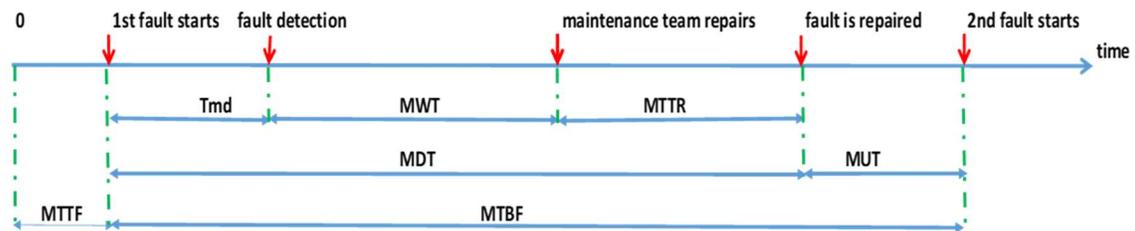


Figura 2. Resumen esquemático del tiempo de respuesta entre fallos

Con:

- Tmd: Tiempo de detección
- MWT: Tiempo promedio de espera (Tiempo promedio de inactividad operativa + Tiempo promedio de inactividad logística)
- MTTR: Tiempo promedio de reparación
- MDT: Tiempo promedio de inactividad
- MUT: Tiempo promedio de subida
- MTTF: Tiempo promedio hasta el fallo
- MTBF: Tiempo promedio entre fallos

Las causas de las averías suelen ser fáciles de encontrar en el 80% de las averías y el 80% de los costos de diagnóstico se destinan al 20% de las averías. En las instalaciones modernas, el diagnóstico supone entre el 50 y el 80% del tiempo de resolución de problemas. La capacidad de comprobación permite agilizar el diagnóstico y la resolución de problemas.

1.2.2. Buenas prácticas de mantenimiento a aplicar

1.2.2.1. Gestión de la seguridad

La seguridad es la capacidad del sistema (instalaciones, estructura organizativa, procesos...) de no generar, bajo unos requisitos determinados, eventos críticos o catastróficos.

Un sistema de seguridad completo debe constar de tres elementos de seguridad:

- Seguridad de las instalaciones.
- Seguridad de la gestión.
- Seguridad del medio ambiente.

La seguridad de las instalaciones y del medio ambiente debe tenerse en cuenta desde su diseño.

La seguridad de la dirección debe definirse formalmente y de forma adecuada antes de establecer la estructura de la organización del mantenimiento.

El proceso de seguridad debe ser supervisado y actualizado con la frecuencia necesaria para garantizar la sostenibilidad de la empresa.

Deben establecerse procedimientos específicos de mantenimiento de la seguridad para los equipos o sistemas clasificados como críticos. Deben seguirse y actualizarse con la frecuencia necesaria para garantizar la sostenibilidad del sistema de transporte y sus equipos o sistemas de seguridad.

1.2.2.2. Nivel de criticidad de los equipos o sistemas

No todas las instalaciones tienen el mismo nivel de criticidad ni tienen el mismo impacto en la disponibilidad del sistema de transporte, en las personas o en el medio ambiente.

1.2.2.2.1. Instalaciones críticas con alto impacto en la disponibilidad

Algunos equipos o sistemas deben permanecer absolutamente en buen estado de funcionamiento, sin riesgo de degradar la calidad del sistema de transporte, lo que llevaría a una pérdida de clientes o a poner en peligro la seguridad de los pasajeros, del personal del sistema de transporte o del medio ambiente.

Estos equipos o sistemas deben ser objeto de una mayor vigilancia con una alta prioridad de mantenimiento. Los equipos o sistemas críticos se identificarán mediante métodos analíticos para definir las normas y procedimientos adecuados para ellos.

1.2.2.2.2. Equipos o sistemas con bajo impacto en la disponibilidad

También hay que identificar rápidamente los equipos que no repercuten en el alcance de los objetivos de disponibilidad. Los trabajos de mantenimiento de estos equipos deben tener una prioridad baja.

1.2.2.3. Métodos Analíticos

A menudo, los conocimientos del personal, la normativa vigente y la documentación de los fabricantes son insuficientes para establecer normas, procedimientos y modos de funcionamiento. Los estudios analíticos serán muy relevantes, utilizando métodos como los siguientes:

- FMECA (Análisis Modal de Fallos y Efectos y Análisis de la Criticidad), véase la norma EN ISO/IEC 17020: 200503 (X50-064), según la cual se pela la instalación en diferentes elementos y se asigna una puntuación por elemento en función de los criterios de inspección.
- RBM (gestión basada en el riesgo).
- RCM (Mantenimiento basado en la confiabilidad).
- Definición de equipos críticos.
- Mantenimiento predictivo.
- Análisis de los costos del ciclo de vida (LCC), es decir, análisis del coste del ciclo de vida de los equipos.

Los estudios de métodos analíticos permitirán:

- Estar más en modo de gestión predictiva y menos en el seguimiento y la repetición.
- Garantizar la sostenibilidad de los equipos y sistemas.
- Garantizar la seguridad de los clientes, los empleados y el equipo.
- Para garantizar la disponibilidad de los equipos o sistemas.
- Ajustar el mantenimiento preventivo definido para cada equipo o sistema (lo que se realiza es sólo lo necesario: ni menos, ni más).
- Reducir los costos de mantenimiento evitando operaciones innecesarias.

1.2.2.4. Comunicación

1.2.2.4.1. Orden de trabajo

La orden de trabajo (documento principal para liberar, seguir y gestionar cada operación de mantenimiento según la norma EN 13460: 2009 "documentación para el mantenimiento") es la base del proceso de mantenimiento que permite una respuesta profesional y organizada. Muestra todos los elementos relativos a la correcta ejecución del mantenimiento: equipos, ubicación, criticidad, etc. Una vez realizada la operación de mantenimiento, el equipo de mantenimiento debe rellenar en la orden de trabajo las acciones realizadas en el equipo o sistema.

El seguimiento de las órdenes de trabajo permitirá a los planificadores de mantenimiento preventivo y a los jefes de equipo:

- Conocer el estado de cualquier tarea de mantenimiento (completa, aplazada, en curso...).
- Medir su eficacia.
- Eliminar las lagunas de información sobre el desempeño.

1.2.2.4.2. Reunión entre las divisiones de Mantenimiento y de Operación

El mantenimiento debe cubrir los requisitos y necesidades del sistema de transporte del operador. Sus beneficios tienen que ser claros, formalizados y gestionados como parte de un contrato de desempeño "cliente / proveedor".

Las divisiones de Operación y Mantenimiento deben compartir los mismos objetivos para los clientes finales, por ejemplo, los pasajeros: esto significa que los requisitos y las necesidades de la operación deben ser expresados formalmente y conocidos por el personal de mantenimiento. Además, deben establecerse reuniones formales y periódicas entre la operación y el mantenimiento.

La legibilidad de las estructuras organizativas de los equipos de operación y mantenimiento también contribuirá a lograr este objetivo y, en particular, las interfaces entre las dos divisiones deben ser claras.

1.2.2.5. Apoyo Logístico Integrado (ILS Integrated Logistic Support)

1.2.2.5.1. Definición

El mantenimiento en el ámbito ferroviario es el conjunto de operaciones que deben realizarse en los equipos/sistemas y sus componentes para garantizar un alto nivel de seguridad y prestaciones de funcionamiento.

Para trabajar en condiciones óptimas de seguridad y eficacia, es necesario disponer de un sistema de apoyo, denominado Apoyo Logístico Integrado o ILS, coherente y reactivo en cada nivel de mantenimiento.

ILS consiste en un paquete de apoyo a un sistema tecnológico complejo en funcionamiento y en la aplicación de un conjunto de procesos y recursos (suministros, adquisición y gestión de repuestos, mantenimiento, herramientas, documentación, formación...).

El objetivo de ILS es garantizar la sostenibilidad del sistema de transporte.

ILS debe estar relacionado con tres aspectos:

- Proporcionar apoyo y recomendaciones en la fase de diseño sobre la mantenibilidad de los equipos.
- Proporcionar toda la información técnica y las recomendaciones del fabricante o del proveedor para todos los equipos a los futuros usuarios; que se añadirán en la organización de mantenimiento antes de la puesta en marcha.
- Disponer de todos los medios, documentación e instrucciones necesarias para mantener la disponibilidad de las instalaciones, en la fase de puesta en marcha.

Este sistema logístico integrado debe estar compuesto por varios elementos que pueden agruparse en tres categorías principales:

- Documentación / proceso, que incluye:
 - El plan de mantenimiento.
 - La documentación de mantenimiento.
 - Los equipos de apoyo a los recursos informáticos (mantenimiento del sistema de apoyo, Sistema de Gestión de Mantenimiento Informatizado o CMMS / CMMS, a distancia, EDMS (Electronic Document Management System) o Sistema de Gestión de Documentos Electrónicos, etc...).
 - La gestión de la configuración (recursos informáticos, hardware y software necesarios para el mantenimiento, mantenimiento del software, capacidad de descarga, plataforma para el desarrollo...).
 - El retorno de la experiencia (REX).
- Logística (aspectos organizativos), que incluye:
 - Los suministros y repuestos (reparables y consumibles).

- Las herramientas (comunes, específicas, herramientas de diagnóstico, todos los medios de diagnóstico, herramientas de medición).
- Los medios de prueba, los medios de calibración.,
- El embalaje, la manipulación, el transporte y el almacenamiento que intervienen en la instalación y la gestión de las piezas de recambio.
- La infraestructura (edificios y recursos asociados, como la energía, las vías de acceso, los refugios...) necesaria para operar y mantener el sistema y los vehículos de mantenimiento.
- RRHH / formación, que incluye:
 - La formación y el equipo de formación.
 - El personal de mantenimiento, que es el primer factor de coste de la explotación y el mantenimiento del sistema.
 - La gestión de la matriz de competencias del personal técnico.

Estos elementos se resumen en el siguiente diagrama:

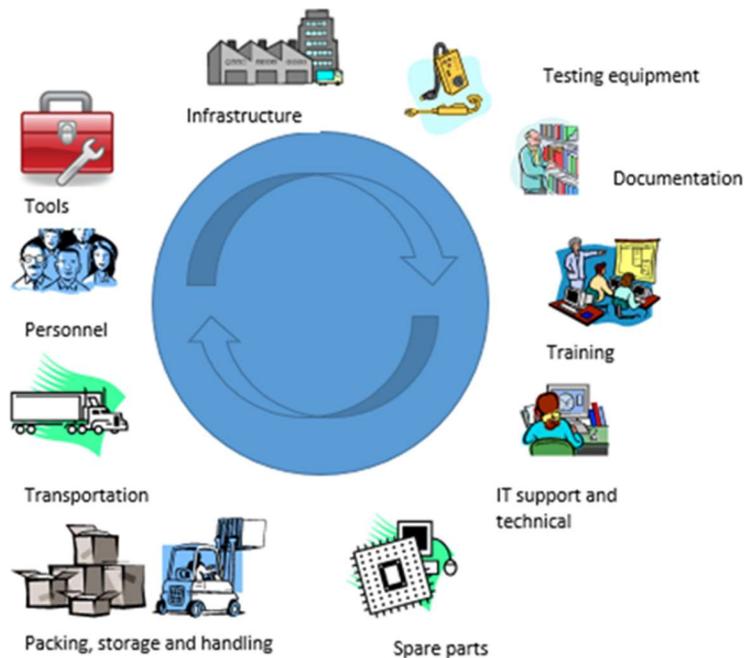


Figura 3. Elementos de apoyo logístico integrado

Estos elementos de apoyo deben ser:

- Definidos y cuantificados en los estudios logísticos, tras la validación de la política de mantenimiento.
- Implementados simultáneamente con el sistema principal de transporte.
- Calificados y validados (entrega, puesta en marcha).

1.2.2.5.2. Apoyo a la vida útil del sistema desde el diseño hasta la puesta en marcha

ILS debe tenerse en cuenta desde las fases de especificación previas y deben supervisarse a lo largo de la puesta en marcha del sistema. ILS permanecerá más allá del final de la garantía. No sólo debe ayudar a cumplir los objetivos contractuales de coste de propiedad, sino que además debe integrar recursos y procedimientos de mejora del proceso a lo largo de la vida de los equipos o sistemas.

1.2.2.5.3. Definición del plan de mantenimiento

Para una gestión eficaz del mantenimiento se requiere una visión general a largo plazo de las operaciones de mantenimiento a realizar, con un plan de mantenimiento.

Debe tener en cuenta los siguientes datos:

- La estructura de árbol de averías del sistema o equipo.
- Ubicación del equipo.
- Tareas de mantenimiento (preventivo y correctivo).
- Lugares de intervención.

Ayuda a tener una visión global, ya que debe contener las referencias a los procedimientos, las competencias del personal, las herramientas y los equipos de prueba, las cantidades de equipos instalados y las piezas de repuesto.

Para garantizar la sostenibilidad de los equipos, hay que definir un plan de mantenimiento a largo plazo por tipos de equipos. El plan de mantenimiento a largo plazo debe tener en cuenta todo el ciclo de vida de cada tipo de equipo o sistema (5, 10, 20, 40... años por venir).

Debe permitir preparar:

- El tipo de inversiones a realizar.
- El importe de las inversiones.
- Los horarios de las grandes indisponibilidades del equipo y del sistema.
- El presupuesto correspondiente.

El plan de mantenimiento del sistema de transporte debe definirse para realizar el mantenimiento durante varias décadas.

1.2.2.5.4. Documentación de mantenimiento

La documentación de mantenimiento será proporcionada por los proveedores de equipos y luego adaptada para el mantenimiento del sistema de transporte. Es escalable en función de los comentarios.

Debe incluir:

- Manuales técnicos descriptivos de los equipos, en particular:
 - Los manuales de instrucciones.
 - Los planes de ejecución.
 - Las instrucciones de uso.
 - Los manuales de mantenimiento del fabricante.
 - La cláusula de garantía del fabricante.
 - Las referencias de las piezas de recambio.
 - La lista y los registros de herramientas específicas.
 - Los procedimientos de seguridad y la lista de equipos de seguridad...
- Referencia de mantenimiento:
 - Los manuales técnicos de mantenimiento.
 - Los procedimientos y modos de funcionamiento.
 - Las especificaciones.
 - Los resultados de diversos estudios de métodos de análisis.
 - Los informes.
 - Los datos relativos a las herramientas de gestión informática disponibles (cuaderno informático y CMMS...).
 - Los registros relacionados con el equipo.
- Lista de piezas de repuesto y sus lugares de almacenamiento.
- Documentos relacionados con la organización del mantenimiento.

La información técnica debe estar disponible para el personal de mantenimiento (gestores, técnicos, operarios, etc.) en el momento y lugar adecuados. Para ello, se establecerá un proceso de gestión de documentos, que se seguirá y actualizará periódicamente según sea necesario. Debe permitir un fácil acceso a la información técnica y una fácil actualización.

1.2.2.5.5. Equipo de apoyo

1.2.2.5.5.1. Sistema de apoyo al mantenimiento

El sistema de mantenimiento de soporte entrega el estado del dispositivo en tiempo real a ICC y a los encargados del mantenimiento. Todas las alarmas se almacenan allí.

Debe proporcionar información sobre:

- Las condiciones de las instalaciones y las alarmas de los equipos.
- Detección de fallos y, en el caso del diagnóstico automático de fallos, debe proporcionar una mayor precisión.
- Sistema de interfaz implicado cuando hay una avería general.

Nota: A cada vagón de material rodante se le adjuntará una información descriptiva para su gestión tanto en línea o en la zona de estacionamiento como durante los periodos de reparación en el taller. Esta descripción debe actualizarse en tiempo real y constituye una visión dinámica de cada vagón de material rodante y su estado.

1.2.2.5.5.2. *Mantenimiento a distancia*

Además de observar el sistema que ofrece el sistema de mantenimiento de soporte, el mantenimiento remoto permite que personal específico previamente definido actúe a distancia sobre algunos equipos (recuperación, conmutación por error, archivos de recuperación, etc.). Debe ser activado y/o controlado a través de dispositivos de telecomunicaciones.

1.2.2.5.5.3. *Herramienta de interfaz de envío entre el centro de operaciones y de mantenimiento*

El mantenimiento formará parte de un proceso global que, en todas sus fases, debe ser proporcionado con un alto nivel de eficiencia.

Estos pasos serán:

- Detección de discrepancias: las anomalías suelen ser detectadas por los usuarios; deben enviarse lo antes posible a un centro de tratamiento; además, algunos equipos podrán auto diagnosticarse.
- Respuestas a las anomalías: las alarmas detectadas se dirigirán al personal correspondiente con el nivel de urgencia y detalle. En esta fase se requerirán las respuestas del equipo de mantenimiento, incluyendo los siguientes informes de progreso:
 - La anomalía se tiene en cuenta.
 - El defecto se está procesando.
 - El fallo ha sido procesado.

Todos estos pasos deben ser organizados entre las diferentes partes interesadas que cooperan para garantizar la disponibilidad del sistema de transporte.

Se definirá una herramienta de envío entre la Operación y el centro de mantenimiento. También deberá permitir las ediciones en papel para el equipo de mantenimiento que se desplace in situ para la resolución de problemas. Si no es así, deberá proporcionar otro tipo de soporte de mantenimiento en tableta (por ejemplo, un terminal de mano).

1.2.2.5.5.4. *Creación de un sistema informático de gestión del mantenimiento (CMMS) adecuado*

La base de cualquier sistema de mantenimiento es almacenar y gestionar los datos actuales e históricos de las instalaciones para todos los niveles de mantenimiento. Por ejemplo:

- Configurar sistemas y equipos.
- Mantenimiento correctivo y preventivo.
- Todos los eventos relacionados con la vida útil del equipo (tiempo de inactividad, tiempo de funcionamiento en modo degradado, tipos de averías, diversas grabaciones del equipo, último cumplimiento de la normativa, etc.).
- Inventario de piezas de repuesto.
- Gestión de diferentes permisos de seguridad.
- Renovación de equipos.

Estos registros deben permitir tomar las decisiones adecuadas en el momento oportuno. Sólo son útiles y relevantes si son precisos y están actualizados. En general, estos datos se almacenarán en una CMMS: una aplicación informática que gestionará una base de datos de todas las operaciones de mantenimiento de una organización. En el caso de un centro de mantenimiento, permitirá a los encargados y planificadores de mantenimiento reconocer fácilmente si el equipo o sistema requiere mantenimiento. También se utilizará para programar el mantenimiento, asignar personal a las tareas de mantenimiento, realizar análisis de costos.

Las ventajas de la CMMS son:

- Mejorar gestión y la reducción de costos (mano de obra. piezas de recambio).
- Mejorar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos.
- Mejora de REX a través de la historia de las operaciones de mantenimiento.
- Mejorar la planificación de las intervenciones preventivas.
- Mejora de la relación preventiva/correctiva de cada equipo.
- Mejorar la gestión de los inventarios (mejor control de la producción mediante inventarios).
- Disponer de trazabilidad de los equipos.
- Disponer de un apoyo a la decisión mediante la realización de indicadores más objetivos. especialmente para las decisiones de renovación de equipos.

1.2.2.5.6. Capacitaciones

Las competencias técnicas del personal contribuyen de manera significativa a la calidad del mantenimiento. Para cumplir este objetivo, hay que definir formalmente las competencias necesarias. Podrían cambiar con el tiempo, en función de las actividades del personal.

Las competencias requeridas necesarias para las tareas asignadas deben compararse constantemente con las competencias efectivas para identificar la brecha entre lo que se necesita y las competencias efectivas; esto debería ayudar a identificar la formación necesaria.

El método de la "matriz de competencias" puede ayudar a controlar las competencias críticas y a identificar al personal técnico de referencia; además, también se utilizará en la gestión diaria del personal de mantenimiento. Debe revisarse anualmente y ayudar a la elaboración del plan de formación.

Los planes de capacitación deben definir:

- La lista de los cursos previstos.
- Los requisitos previos para cada formación.
- Los módulos de formación y fechas de formación.

La formación suele incluir tres fases:

- Adquisición de conocimientos.
- Mantenimiento y actualización de conocimientos.
- Habilitación para los procedimientos relacionados con la seguridad ferroviaria.

El proceso de adquisición y control de las competencias adquiridas debe especificarse con la documentación educativa asociada, por ejemplo, operando en condiciones reales.

1.2.2.5.7. Gestión logística (repuestos, herramientas, consumibles)

La gestión logística consiste en gestionar las piezas de recambio de los equipos y sistemas instalados; es un eslabón esencial para el mantenimiento pues permite garantizar la disponibilidad de los equipos y sistemas de recambio en caso de avería.

El fabricante debe proporcionar al mantenedor una carpeta de diseño de piezas de repuesto con un método de cálculo detallado basado en:

- El tipo de piezas de recambio:
 - Reparable.
 - Consumible.
- Diferentes tipos de necesidades:
 - Mantenimiento preventivo (sistemático, condicional, etc.).
 - Mantenimiento correctivo.
 - Accidentes y daños excepcionales.
- Criticidad de las piezas de recambio, por ejemplo, con el método ABC:

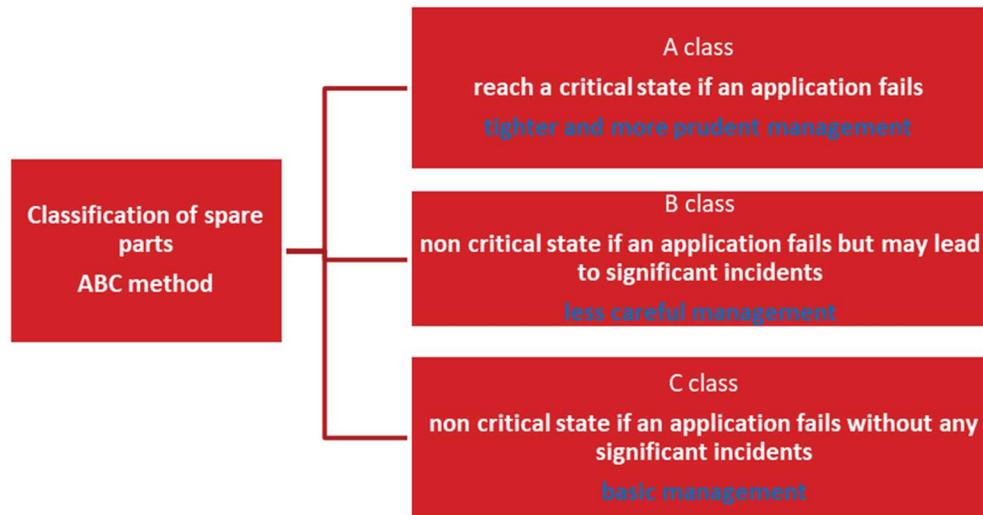


Figura 4. Elementos de apoyo logístico integrado

En general, la clasificación de las piezas de recambio es la siguiente:

- Una clase representa el 20% de las averías y constituye el 80% de los costos.
- La clase B representa el 30% de las averías y supone el 15% de los costos.
- La clase C representa el 20% de las averías y constituye el 5% de los costos.

Las cantidades para ofrecer en stock se calculan teniendo en cuenta:

- El tiempo de reposición entre niveles de stock.
- Una probabilidad de agotamiento de existencias a definir.

Para desarrollar adecuadamente la gestión de las piezas de recambio, la CMMS debe tener las siguientes funciones:

- Gestión de los equipos: inventario, localización, gestión de la información dedicada por tipo de equipo.
- Gestión de inventarios: tiendas, niveles de reordenamiento, catálogo de proveedores.
- Gestión de compras: recambios, presupuestos, solicitudes de compra, pedidos, facturación.
- Gestión de costos y presupuesto: horas de trabajo, inventario, compras, con seguimiento periódico.
- KPI: cuadro de mando para el gestor (base de datos, consultas de estadísticas, alertas...).

Desde un punto de vista práctico, una operación de mantenimiento requiere un elemento de intercambio, tomado de una reserva, a menudo llamada almacén. El almacén debe gestionarse de forma que los elementos se conserven en condiciones que no los deterioren. En efecto, el estado de las piezas de recambio puede afectar a la eficacia del mantenimiento; por ejemplo:

- El suministro de una pieza defectuosa podría suponer una pérdida de tiempo para el equipo de mantenimiento y aumentar el tiempo de inactividad del equipo o sistema.
- Los niveles adecuados de existencias podrían repercutir en la sostenibilidad de un equipo o sistema repeliendo la obsolescencia de los componentes.

Las responsabilidades de cada actor en relación con el almacén deben estar claramente definidas. De lo contrario, podrían producirse fallos en el funcionamiento, lo que supondría una mayor pérdida de tiempo, por ejemplo:

- Piezas de repuesto sucias o herramientas que necesitan ser limpiadas justo antes de su uso.
- Piezas de repuesto o herramientas dañadas durante la última operación de mantenimiento que deban ser reparadas.
- Piezas de repuesto o herramientas que no se almacenan en el lugar adecuado y que llevan a los técnicos a buscarlas.

1.2.2.5.8. Ingeniería de mantenimiento

El equipo de ingeniería de mantenimiento es crucial para cualquier centro de mantenimiento. Garantiza las normas y los métodos.

El estado de los documentos (planes de mantenimiento, procedimientos, listas de comprobación, gestión de la documentación técnica, seguimiento de la normativa, REX, benchmarking, etc.) y de los métodos (establecimiento de procesos de mantenimiento conformes a la norma ISO 9001: 2008 "Sistemas de gestión de la calidad - Requisitos", elaboración de KPI, gestión de herramientas de mantenimiento, etc.) será completo y homogéneo en la división de mantenimiento.

1.2.2.6. Costos

1.2.2.6.1. Establecimiento de los costos de mantenimiento de acuerdo con la política y la estrategia de mantenimiento

El cliente directo para la realización del mantenimiento es la Operación. Las actuaciones de mantenimiento deben cumplir con los requisitos del cliente (confiabilidad, seguridad, calidad, etc.). Sin embargo, la respuesta dada a esos requisitos tiene un determinado coste. Este coste debe ser aceptable para todos los socios.

El presupuesto adecuado debe definirse en función de la estrategia y la política de mantenimiento (objetivos/prestaciones) de la empresa por tipo, naturaleza, ubicación, equipos o sistemas.

A continuación, se presentan en detalle los costos de mantenimiento:

- Por tipo (personal, subcontratistas, suministros).
- Por naturaleza (preventiva, correctiva...).
- Por ubicación (divisiones, departamentos, entidades, equipos, unidades).
- Por sistemas, subsistemas y componentes, entre otros.

La comprensión de estos elementos permite tomar las decisiones de gestión adecuadas en función de un análisis apropiado de los resultados.

Por ejemplo, algunas de las buenas preguntas que la empresa debe formular y responder son:

Según el análisis de las actuaciones, ¿somos eficaces y eficientes?

- ¿Debemos renovar el equipo antiguo?
- ¿Hay que ampliar o reducir el mantenimiento preventivo?
- ¿Hay que subcontratar el mantenimiento de algunos equipos?
- ¿Cuál es el nivel adecuado de piezas de repuesto en el almacén?
- ¿Debemos cambiar nuestra estructura organizativa o cambiar los procesos?

1.2.2.6.2. Gestión de compras

La compra es una función completa que tiene resultados importantes. Por ello, la actividad de compra pertenece la mayoría de las veces a los compradores profesionales.

El comprador debe tener en cuenta no sólo el precio, sino también las especificaciones técnicas correspondientes. Las especificaciones técnicas deben ser elaboradas por los servicios de ingeniería. Aunque el comprador pueda solicitar un ajuste de las especificaciones técnicas, debe tener plenamente en cuenta los requisitos técnicos; de lo contrario, el equipo solicitado podría no satisfacer la necesidad y generar costos de mantenimiento imprevistos. El ahorro inicial podría convertirse finalmente en un gasto adicional a lo largo del ciclo de vida del equipo o sistema.

El nivel de desempeño del mantenimiento estará relacionado con la disponibilidad de piezas de recambio y consumibles. Para optimizar el coste de capital financiero de estas piezas de recambio, será esencial definir para cada una de ellas un nivel adecuado de existencias necesarias, ya que un nivel demasiado elevado de existencias de cobertura resulta caro.

1.2.2.7. Operaciones de mantenimiento realizadas por el personal de operación

Una forma de mejorar la disponibilidad de los equipos es dar la posibilidad al personal operativo in situ y en contacto directo con el equipo (personal itinerante, personal de ventas, etc.) de realizar algunas primeras intervenciones de mantenimiento (nivel de mantenimiento 1), aunque este personal no forme parte del personal de mantenimiento.

Este personal debe recibir primero una formación para adquirir los conocimientos pertinentes y disponer de una documentación de procedimientos adaptada.

1.2.2.8. Seguimiento del mantenimiento

Si el seguimiento de los resultados del mantenimiento es sólo mensual, las acciones correctivas se aplicarán sólo una vez al mes. El ciclo de retroalimentación es lento. Para permitir la mejora continua de la eficacia del proceso de mantenimiento, será esencial seguir los desempeños (sólo se puede mejorar lo que se mide).

La supervisión continua del mantenimiento consiste en hacer un seguimiento de las deficiencias de desempeño antes de que sean inaceptables. Por ejemplo, podría realizarse por horas, o equipo por equipo o por días para seguir el programa de mantenimiento preventivo.

Por ejemplo, el seguimiento diario permite al personal:

- Comprender mejor las dificultades encontradas durante la realización de la operación de mantenimiento (escasez de piezas de recambio, escasez de personal, problemas de formación, etc.).
- Corregir rápidamente los problemas que podrían dar lugar a grandes problemas.

De forma más general, hay que definir una serie de KPI (por ejemplo: cifras de RAM, niveles de piezas de repuesto, volumen de negocio de los RRHH, etc.). Estos KPI se utilizarán como herramienta para garantizar que los servicios de mantenimiento se prestan con el nivel de calidad acordado o superior.

1.2.2.9. Cumplimiento de normas y prácticas reconocidas

1.2.2.9.1. Cumplimiento de la norma ISO 9001

Las actividades de mantenimiento deben realizarse siguiendo la norma internacional ISO 9001 y el enfoque Planificar, Hacer, Comprobar, Actuar para garantizar la mejora continua. En este contexto, hay que tomar todas las medidas necesarias para cumplir los requisitos de esta norma.

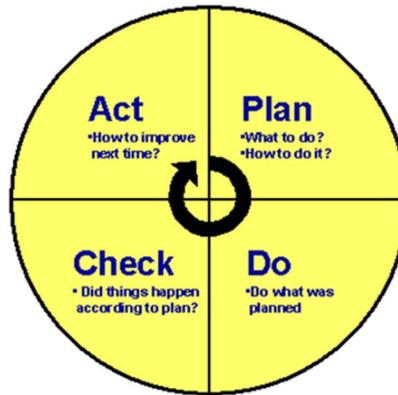


Figura 5. Procesos de mantenimiento Plan, Do, Check, Act (PCDA)

Por ejemplo, habrá que tomar las siguientes medidas

- Desarrollar procedimientos de mantenimiento.
- Validar los procedimientos de mantenimiento.
- Establecer procesos de formación y certificación / habilitación del personal en la realización de estos procedimientos.
- Registrar la trazabilidad de las intervenciones.
- Analizar el REX.
- Cambiar los procedimientos si es necesario después de analizar el REX.

1.2.2.9.2. Cumplimiento de la norma ISO 14001

Las actividades de mantenimiento también deben cumplir las normas internacionales ISO 14001: 2004 "Sistemas de gestión medioambiental - Requisitos con orientación para su uso".

En particular, las actividades no deben generar un riesgo irrazonable y evitar la contaminación, el daño, la interferencia, el peligro u otra cuestión, el ruido o la contaminación.

Esto debe abordarse y detallarse en los documentos de especificación del sistema. Los principales requisitos que deben seguirse son:

- Elegir los materiales que menos energía consumen.
- Elegir el equipo más silencioso.
- Elegir materiales reciclables.
- Elegir materiales que no requieran el uso de productos químicos.
- Elegir materiales que no generen residuos tóxicos y minimizar la producción de residuos.
- Implementar canales de drenaje y reciclaje de residuos, especialmente en lo que respecta a aceites y otros lubricantes, productos químicos como desengrasantes, disolventes y productos de limpieza.

1.2.2.9.3. Cumplimiento de la norma ISO 45001

Las actividades de mantenimiento también deben cumplir las normas internacionales ISO 45001:2018 "Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo - requisitos con orientación para su uso".

1.2.2.9.4. Uso del método 5S para la gestión en la obra

Un proceso de mantenimiento no puede ser realmente eficaz si el personal de mantenimiento encargado del proceso trabaja en un espacio desordenado, en un entorno sucio y con herramientas en mal estado. Trabajar en un entorno adecuado, disponer de la herramienta correcta cuando se necesita es un hecho fundamental que garantiza una estructura de organización perfecta y la calidad de las operaciones de mantenimiento.

El método de las 5S cumple estos requisitos. Representa el nombre de una metodología de organización del trabajo que utiliza una lista de cinco palabras japonesas que son Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke. Traducidas al inglés, dan como resultado cinco objetivos que son:

- Retirar todas las piezas que no estén en uso.
- Organizar el flujo de trabajo de forma fluida y sencilla.
- Limpiar completamente el lugar de trabajo.
- Colocar todo en su sitio.
- Realizar auditorías periódicas.

1.2.2.9.5. Análisis comparativo o benchmarking

El análisis comparativo sirve para medir el proceso. Puede ayudar a identificar, comprender y adaptar las prácticas actuales de otras organizaciones consideradas las mejores en su campo.

En efecto, al principio será pertinente realizar una evaluación comparativa a través de actividades similares. A continuación, será interesante salir de la misma industria y llegar a otras que realicen procesos similares, pero que puedan realizarlos con mayor eficiencia.

1.2.2.10. Tipo de gestión del mantenimiento

1.2.2.10.1. Método de intervención de mantenimiento correctivo

Para garantizar la mejor capacidad de respuesta en materia de mantenimiento, es necesario prever personal de mantenimiento específico en cada equipo para intervenir inmediatamente cuando se detecte una anomalía. Su objetivo es restablecer la disponibilidad del sistema en el menor tiempo posible y en un estado lo más cercano posible a la normalidad para garantizar la continuidad diaria de la operación, especialmente:

- El cumplimiento de todos los requisitos técnicos que contribuyen a la calidad del sistema de transporte.

- La revisión de todas las alarmas proporcionadas por el sistema de mantenimiento de apoyo y la gestión de los envíos.
- La organización del mantenimiento según el plan y los procedimientos de mantenimiento.

La gestión de un proceso de fracaso se divide en tres pasos en la tabla siguiente:

Tabla 4. Fases del mantenimiento correctivo

Fases	Fases del mantenimiento correctivo
Una	Se advierte a ICC de las averías de los equipos. LOS en el ICC o el OCC intentan corregir la situación y preservar el funcionamiento normal. Cualquier acción de LOS se anota en un cuaderno de bitácora.
Dos	Si el LOS no puede restablecer el fallo, el ICC o el OCC llaman al equipo de mantenimiento.
Tres	Si el equipo de mantenimiento no puede restablecer el funcionamiento normal del equipo defectuoso, realiza una reparación temporal durante su horario de funcionamiento normal; luego corresponde a un técnico jefe de mantenimiento reparar posteriormente el equipo o sistema.

Estos pasos se pueden retomar según se indica en la siguiente figura:

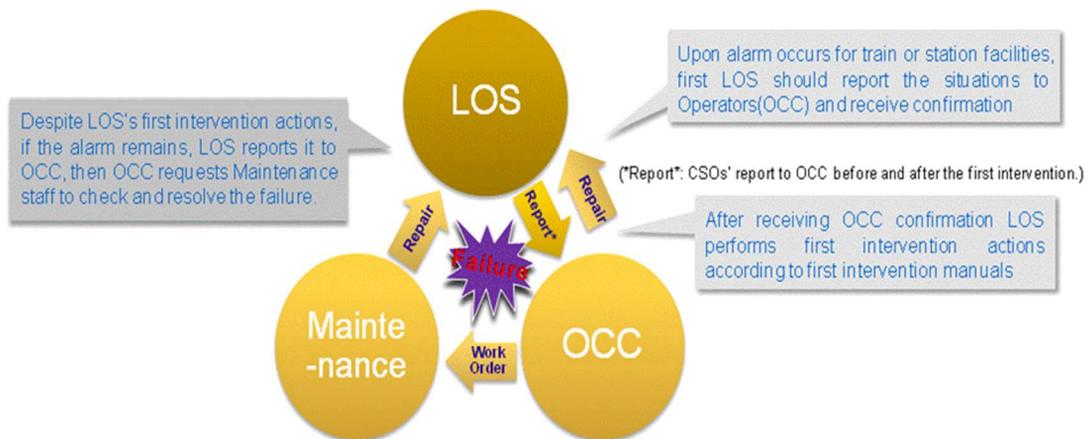


Figura 6. Coordinación entre el LOS, el ICC o el OCC y el personal de mantenimiento para la primera intervención de mantenimiento

Se llevarán a cabo formaciones específicas continuas para LOS antes de cualquier primera intervención de mantenimiento para adquirir las habilidades pertinentes. La LOS estará asistida por manuales de primera intervención. Los manuales describirán para cada instalación los procedimientos de mantenimiento que deben aplicarse.

1.2.2.10.2. Método de intervención de mantenimiento preventivo

1.2.2.10.2.1 Planificación del mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo (véase numeral 1.2.1.2.1) se realiza a intervalos predeterminados o según criterios prescritos; su objetivo es reducir la probabilidad de que se produzcan fallos o se degrade el funcionamiento de los equipos. El mantenimiento debe definirse de fecha a fecha, o para un periodo de funcionamiento.

1.2.2.10.2.2 Seguimiento diario

El seguimiento diario permite conocer mejor las dificultades encontradas durante el mantenimiento: falta de piezas de repuesto, problemas de formación del personal y otros similares.

1.2.2.10.2.3 Seguimiento semanal

El objetivo común es aumentar la eficacia de los procesos de mantenimiento y, al igual que la planificación diaria, la planificación semanal es esencial para realizar el proceso de mantenimiento con plena eficacia. En efecto, permitirá anticipar algunas decisiones importantes en lugar de actuar con prisa día a día. Además, será más fácil anticipar algunas dificultades:

- ¿Tenemos todos los repuestos necesarios?
- Según la urgencia de la operación de mantenimiento a realizar, ¿tenemos las necesidades de mano de obra (cantidad, calidad...)? Si no es así, ¿debemos subcontratar?
- ¿Debemos posponer algún trabajo?
- ¿Pueden agruparse algunos trabajos, reduciendo así el tiempo de desplazamiento y de desmontaje y montaje?

El seguimiento semanal también permite tomar cierta distancia del seguimiento diario mediante el análisis semanal. Será posible obtener elementos de seguimiento como:

- La tasa de desempeño de la planificación semanal,
- La eficacia de las operaciones de mantenimiento interno y externo.

Para que sea útil, el seguimiento semanal debe compartirse con los diferentes actores clave relacionados con el proceso de mantenimiento. Este análisis puede dar lugar a algunas acciones correctivas o de mejora; hay que supervisarlas y medirlas, ya que sólo se puede mejorar lo que se mide.

1.2.2.10.3. *Mantenimiento predictivo*

Los análisis de mantenimiento predictivo son relevantes porque pueden permitir realizar trabajos de mantenimiento justo antes de que se produzca una avería y mejorar así la disponibilidad de los equipos. Cuanto más relevantes sean los análisis, más se podrán realizar las intervenciones de mantenimiento justo antes de que se produzca el fallo.

Además, pueden hacer que se ganen muchos tiempos de funcionamiento de los equipos y que se necesiten menos suministros. Por lo tanto, ayudará a reducir los costos de mantenimiento.

1.2.2.10.4. *Mantenimiento basado en la confiabilidad*

Cuando el sistema está suficientemente estabilizado, es pertinente realizar un análisis del proceso de mantenimiento basado en la confiabilidad (véase numeral 1.2.1.3).

1.2.2.11. *Gestión de la obsolescencia*

En el marco de la gestión de riesgos, el servicio de mantenimiento debe establecer un seguimiento riguroso de la obsolescencia. Los riesgos de obsolescencia son especialmente sensibles para los equipos con fuertes componentes informáticos y/o electrónicos (servidor, computadores, tarjetas de captura, compilador, licencias de software, etc.)

Se debe proporcionar un plan de gestión de la obsolescencia que describa los procesos a seguir para gestionar la obsolescencia. Este plan demostrará cómo gestionar la obsolescencia de manera que se preserven los intereses de operación y mantenimiento y debe incluir como mínimo:

- La forma de tratar los componentes y equipos del sistema susceptibles de quedar obsoletos para conseguir la vida útil prevista del sistema.
- Los elementos que deben seguirse para llevar a cabo el mantenimiento, haciendo hincapié en los equipos informáticos:
 - La sustitución del hardware.
 - La actualización del software.
- Los repuestos estratégicos y no estratégicos.
- Las herramientas que se ven afectadas.
- El proceso que se aplicará para el seguimiento de los activos más vulnerables.

Además, a lo largo de la vida útil del sistema, será importante supervisar sus propios planes de desarrollo, los de los subcontratistas, la cadena de suministro y el mercado comercial en cuanto a la disponibilidad de los componentes y programas informáticos. La división de mantenimiento debe asegurarse de que los subcontratistas proporcionen la información necesaria sobre la obsolescencia de sus productos. Cuando se ponga de manifiesto que un componente está a punto de quedarse obsoleto, la división de mantenimiento debe llevar a cabo las medidas necesarias para identificar / desarrollar, probar y obtener la aprobación interna de componentes alternativos compatibles. Si es necesario, un proceso de validación debe ser dirigido por los ingenieros técnicos y de seguridad.

Para cada parte obsoleta del sistema que se sustituya por piezas nuevas, se debe proporcionar la documentación de los nuevos componentes, las pruebas, las instalaciones y las aprobaciones de las nuevas piezas / componentes / software.

La gestión de la obsolescencia de los componentes no debe limitarse a la gestión de la disponibilidad comercial de los mismos; la obsolescencia debe tenerse en cuenta al principio de la definición del pliego de condiciones del equipo o del sistema. La elección de la arquitectura debe basarse en los estándares reconocidos o futuros del mercado (lenguajes de software, interfaces, etc.).

1.2.2.12. Patio-taller

Las redes de metro deben disponer de instalaciones de depósito y mantenimiento específicas para los fines previstos:

- Estacionamiento, limpieza, reabastecimiento de combustible, mantenimiento, reparaciones ligeras y revisión del material rodante.
- Edificio de almacenamiento de piezas que ofrece zonas de estacionamiento cubiertas para el material rodante e instalaciones de almacenamiento para piezas de repuesto, herramientas y equipos, con control ambiental.
- Almacenamiento, limpieza, mantenimiento, reparación y revisión de los equipos del sistema ferroviario.
- Albergue de los equipos de mantenimiento de toda la red, instalaciones de administración y el personal y organizaciones de control de apoyo para la línea o líneas a las que dan servicio el depósito y las instalaciones de mantenimiento.

La ubicación de las instalaciones de depósito y mantenimiento debe reducir al mínimo la necesidad de funcionamiento muerto (sin ingresos).

El diseño de los depósitos debe proporcionar instalaciones seguras, eficaces y duraderas para la explotación, el mantenimiento, la formación y la administración del sistema ferroviario, incluyendo herramientas y equipos para el mantenimiento ligero (limpieza, revisión, reparaciones menores), el mantenimiento pesado (reparaciones mayores, revisiones) y la sustitución de los equipos del sistema ferroviario suficientes para el uso y las cargas previstas.

1.2.2.12. Garantía de mantenimiento

El objetivo del aseguramiento de la mantenibilidad es definir un proceso que se integre en el proyecto para establecer procedimientos, métodos de prueba y requisitos uniformes para la verificación, demostración y evaluación del logro de los requisitos de mantenibilidad especificados y para la evaluación del impacto del apoyo logístico integrado previsto.

El proceso de verificación, demostración y evaluación del alcance de los requisitos de mantenibilidad se realiza normalmente en tres fases, como se describe en la Figura 7

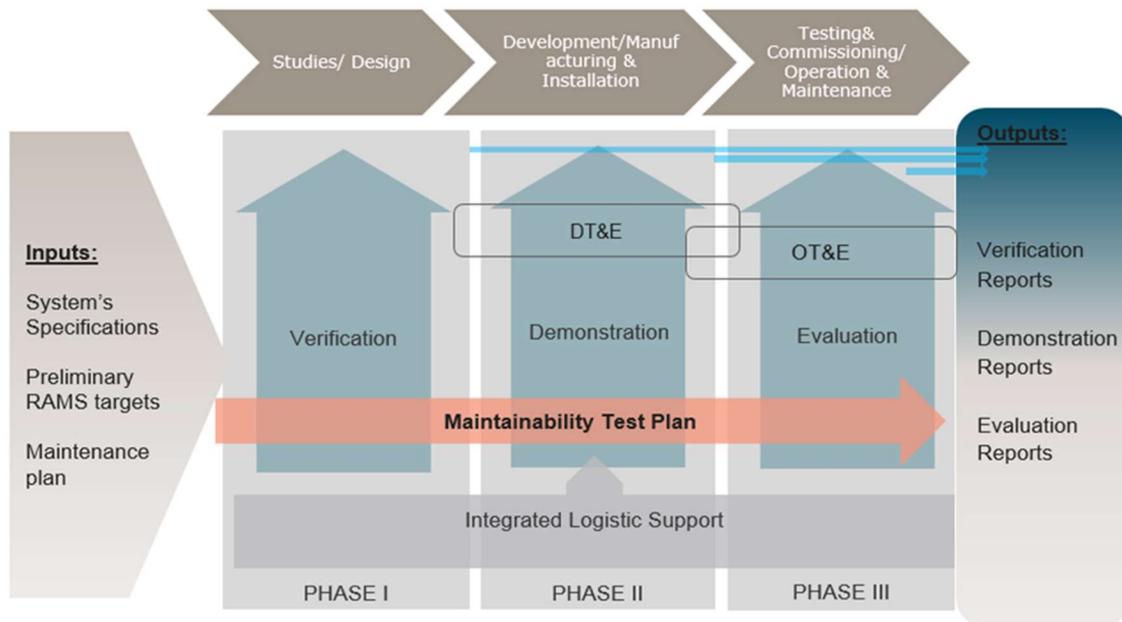


Figura 7. Gráfico de fases para la garantía de mantenimiento

- Fase I: verificación de la mantenibilidad

Durante la fase I, se debe realizar un esfuerzo de verificación incremental que comienza con los estudios iniciales, el diseño y continúa con el desarrollo del hardware desde los componentes hasta el sistema configurado.

- Fase II: demostración de mantenibilidad

El objetivo de esta fase es determinar durante el Desarrollo, Ensayo y Evaluación (DT&E) si se han cumplido todos los requisitos contractuales de mantenibilidad especificados, excepto los señalados en la fase III.

- Fase III: evaluación de la mantenibilidad

El objetivo de esta fase es:

- Evaluar el impacto del entorno operativo, de mantenimiento y de apoyo real en los parámetros de mantenibilidad del sistema
- Evaluar la corrección de las deficiencias mostradas durante la fase II.
- Demostrar las tareas de mantenimiento a nivel de taller cuando corresponda.

1.2.2.14. Fase de movilización y preparación para el mantenimiento

Para disponer de un equipo de mantenimiento operativo de los trenes que circulan sin pasajeros y poder garantizar el cumplimiento de los objetivos de seguridad, disponibilidad y calidad asignados al sistema de transporte, será necesario movilizar equipos de mantenimiento (servicios de puesta en marcha) antes del inicio de la operación.

Los objetivos de los servicios de puesta en marcha son:

- Organizar la estructura de la organización del mantenimiento.
- Finalizar los estudios técnicos y organizativos preliminares de mantenimiento necesarios para poner en marcha la actividad de mantenimiento.
- Ajustar las normas de operación, los procedimientos de funcionamiento y las regulaciones, incluyendo la seguridad, el tráfico, el registro y el seguimiento de los defectos.
- Establecer los criterios de idoneidad de la operación para el servicio.
- Proporcionar la formación necesaria a los equipos de mantenimiento.
- Preparar todas las instrucciones y programas de trabajo de mantenimiento necesarios.
- Establecer los procedimientos iniciales de mantenimiento.
- Familiarizarse con la geografía de la red de transporte y su entorno.
- Evaluar las existencias de piezas de repuesto y equipos necesarios para el mantenimiento.

Un experto en Recursos Humanos debe encargarse del proceso de contratación durante la fase de movilización. La movilización del personal debe ser gradual, empezando por el equipo directivo que se encargará de establecer el proceso de mantenimiento y la organización del equipo. También tendrá como objetivo participar en la contratación de más personal operativo. Este personal recibirá formación sobre las normas y los procedimientos de mantenimiento.

1.2.3. Sistema de información para la gestión del mantenimiento

1.2.3.1. General

El Sistema de Información de Gestión del Mantenimiento (MMIS en inglés para Maintenance Management Information Solution/System) ayuda a la División de Mantenimiento a organizar los trabajos de mantenimiento y proporciona al personal de mantenimiento asistencia en su toma de decisiones. El MMIS se utilizará para alcanzar los objetivos de mantenimiento en el ámbito de:

- Control financiero mediante el conocimiento adecuado de los costos detallados y el uso de los recursos, lo que permite tomar decisiones de compensación adecuadas.
- Resultados técnicos, mediante un seguimiento eficaz de la información técnica.
- Programación y organización eficiente de las actividades.
- Calidad mediante el cumplimiento de los requisitos de trazabilidad ISO y la entrega de información técnica actualizada al personal de mantenimiento.
- Resultados de mejora, a través de indicadores globales adecuados que permiten detectar tendencias y mejorar continuamente el desempeño del mantenimiento.
- Mejora de la disponibilidad y confiabilidad de los equipos mediante una combinación de lo anterior.

La CMMS es uno de los elementos que cumplen los requisitos funcionales de la gestión de la información sobre el mantenimiento, permitiendo al mantenedor adaptar continuamente su actividad en función de los resultados observados. La CMMS es, por tanto, uno de los componentes del MMIS.

1.2.3.2. Resumen del sistema

El MMIS proporciona una plataforma informatizada centralizada que incorpora la gestión de activos, el sistema de planificación y los sistemas de datos y análisis con el fin de permitir un trabajo de mantenimiento oportuno, eficiente, preciso y simplificado. El hardware central estará ubicado en el Centro de Control de Operaciones (CCO).

Los terminales se ubican adecuadamente en las bases de mantenimiento, los depósitos, las estaciones y los talleres de todo el sistema. Además, se han desplegado servidores locales en las bases de mantenimiento y en los depósitos para permitir la continuidad del funcionamiento durante el modo degradado. El MMIS realiza el análisis de los datos relacionados con el trabajo de mantenimiento. Se utilizarán dos métodos de adquisición de datos; los datos se recogen a través de la red o se introducen manualmente en un terminal del MMIS.

El personal de Control de Operaciones tendrá acceso a determinadas funciones y adquirirá información del MMIS.

El MMIS es un sistema completo para la función de gestión del mantenimiento y necesita tener un grado de integración para proporcionar a la alta dirección indicadores de desempeño.

Las principales funciones del MMIS son:

- Seguimiento de la configuración del sistema y gestión de activos.
- Planificación, programación y control del mantenimiento y de las obras nuevas.
- Control de incidencias técnicas y análisis de tendencias.
- Gestión de recursos.
- Gestión de materiales.
- Control de costos y presupuestario.
- Supervisión de la disponibilidad y la confiabilidad.

Los sistemas también deben proporcionar:

- Evaluación de las operaciones y control de la disponibilidad del sistema (por ejemplo, horas de funcionamiento, control de la confiabilidad).
- Incluido el sistema de interfaz de información de mantenimiento del subsistema.
- Interfaz y acceso a la documentación técnica almacenada electrónicamente.

El MMIS se interconectará con otros sistemas, como los sistemas de supervisión, como el SCADA, los módulos de predicción y el sistema de señalización (la interconexión con el material rodante se realizará mediante el enlace de datos a través del sistema de radio). Para apoyar esta función se utilizan otros tres subsistemas. Se trata del Servidor de Base de Datos de Eventos Común (CEDS Common Event Database Server), el Servidor de Información del Tren (TIS Train Information Server) y el Servidor de Archivos Común (CFS Common File Server).

Los objetos que gestiona el MMIS son los siguientes:

- Material rodante.
- OCS.
- Sistema de alimentación.
- Wayside E&M Systems.
- Sistema de señalización.

- Sistema de comunicación.
- Simulador de conducción.
- MMIS (en sí mismo).
- Vía, Civil y otros.

1.2.3.3. Estructura y funciones del sistema

1.2.3.3.1 Estructura del sistema

Los elementos de software del MMIS constarán de las siguientes partes principales:

- Función de mantenimiento:
 - Gestión del mantenimiento
 - Gestión de recursos.
 - Gestión de materiales.
 - Análisis de mantenimiento.
- Interfaz de mantenimiento.

La función de mantenimiento se basa principalmente en el software estándar, que proporciona la generación y el seguimiento de las órdenes de trabajo. La configuración del software se muestra en la siguiente ilustración.

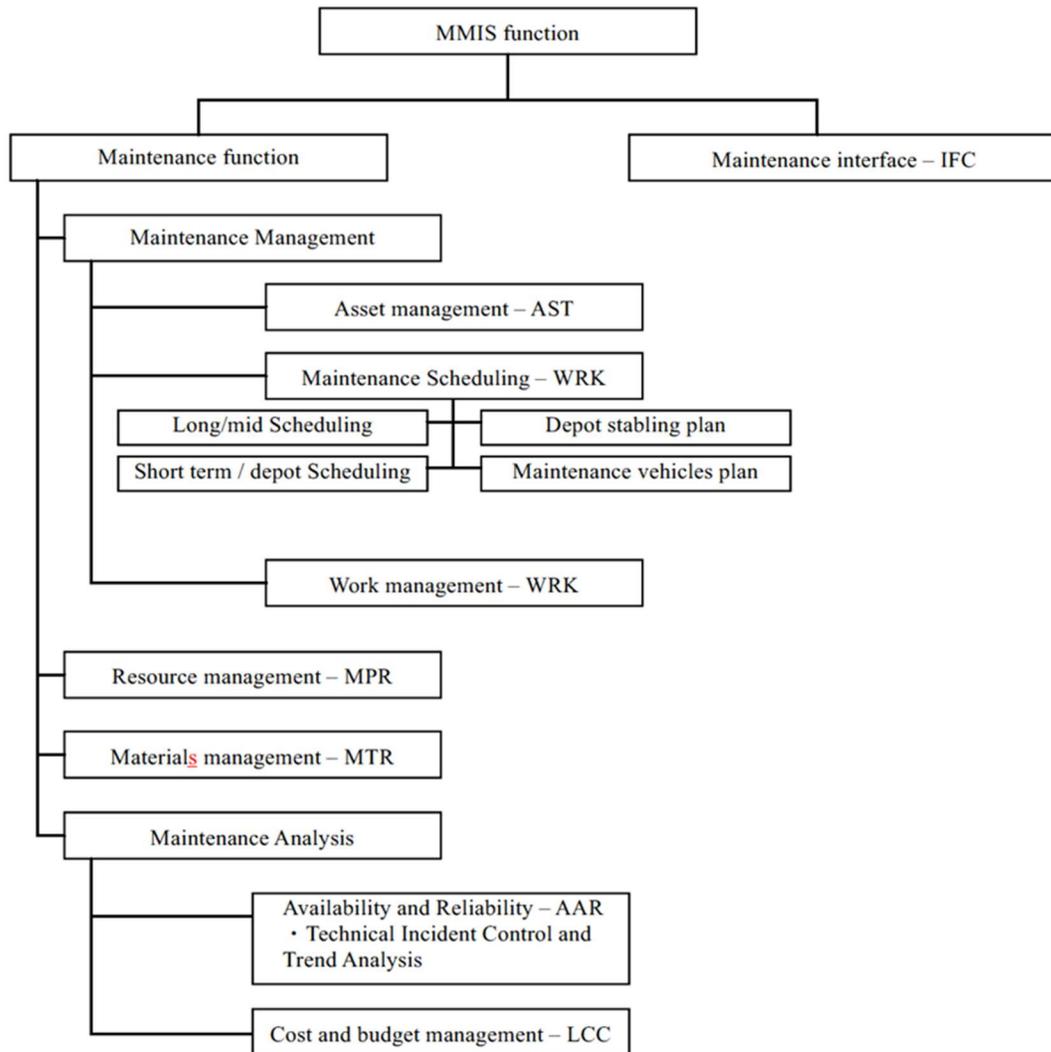


Figura 8. Configuración del software MMIS

1.2.3.3.2 Funciones del sistema

A través de los elementos de software o una combinación de ellos descritos anteriormente, el MMIS realizará o ayudará a realizar las siguientes actividades:

- A. Gestión de activos:

Esta función proporciona una descripción física y técnica de los subsistemas y sus componentes. A lo largo de la vida útil del sistema, mantiene un seguimiento de la ubicación física de los principales componentes y de su estado, incluido el momento en que se almacenan, se descartan o se envían a reparar.

El objetivo de esta función es tener un registro actualizado de los activos gestionados por el MMIS, rastrear las modificaciones en su configuración y hacer un seguimiento de su estado de mantenimiento (estado de la orden de trabajo asociada) de cada elemento significativo (LRU), componente o sistema. La gestión de activos también se utiliza como base para optimizar el coste del ciclo de vida de cada activo.

El MMIS genera la información de gestión de activos. La información incluye información física y técnica sobre cada componente de los subsistemas (incluido el seguimiento de la configuración del sistema "registro histórico de la configuración").

B. Programación del mantenimiento y gestión de recursos:

La función de programación y gestión de recursos de mantenimiento permite la creación de nuevos tipos de tareas de mantenimiento, así como la preparación de órdenes de trabajo estándar para tareas de mantenimiento programadas y no programadas. La planificación, la programación y el control están vinculados a la disponibilidad de repuestos y a los recursos del taller (herramientas, equipos de prueba, vehículo de mantenimiento, grúa, etc.).

Este módulo analiza la disponibilidad de recursos para evitar una planificación conflictiva. También registra el nivel de utilización de los recursos, tanto de los equipos de mantenimiento como de la mano de obra. Los órdenes de trabajo sirven como registros de trabajo, comprobaciones para la vuelta al servicio de los equipos y seguimiento de la calidad. Estas órdenes de trabajo se aplican a cualquier nivel de mantenimiento que se realice en la organización.

La función de programación del mantenimiento incluye las siguientes funciones:

- Programación del mantenimiento a largo/medio/corto plazo.
- Asignación de personal de mantenimiento (listas de personal de mantenimiento).
- Gestión de recursos de mantenimiento.
- Plan de vehículos de mantenimiento.
- Plan de ocupación de las vías.

La información personal del personal de mantenimiento necesaria para la asignación de recursos humanos será gestionada por el MMIS.

C. Gestión de trabajos de mantenimiento:

La función apoya la gestión de los trabajos de mantenimiento. Esta función también permite que los trabajos de mantenimiento se realicen de forma eficiente según el plan previsto en la Planificación del Mantenimiento.

La gestión de los trabajos de mantenimiento debe realizarse mediante la emisión y el seguimiento de órdenes de trabajo.

- Órdenes de trabajo (WO Work Order)

Las órdenes de trabajo son el núcleo de la gestión del mantenimiento. Una orden de trabajo especifica una tarea concreta que debe llevarse a cabo, así como la mano de obra, los materiales y las herramientas necesarias para realizar el trabajo. Cuando el usuario crea una orden de trabajo en el MMIS, inicia el proceso de gestión del mantenimiento y crea un registro histórico del trabajo realizado.

Cada orden de trabajo en el MMIS tiene un estado que indica su posición en el ciclo de procesamiento de la orden de trabajo. Las órdenes de trabajo pueden crearse con diferentes estados dependiendo de la aplicación que se utilice para crearlas o generarlas.

En el MMIS, el proceso de las órdenes de trabajo es el siguiente:

1. La orden de trabajo se genera a partir de la programación del mantenimiento preventivo o de los eventos (alarma) o de la solicitud de trabajo.
 2. Una persona responsable aprueba la orden de trabajo.
 3. Se emite la orden de trabajo ejecutable.
- Especificaciones de trabajo (planos)

El módulo "Planes" de la función MMIS se utilizará para crear especificaciones de trabajo.

Los trabajos de mantenimiento preventivo suelen ser trabajos repetitivos que se realizan para que los equipos sigan funcionando con normalidad. El módulo de Planes permite al usuario crear plantillas estándar de tareas, mano de obra, materiales, herramientas e información de seguridad necesaria para completar un trabajo. El uso de estas plantillas evita la necesidad de introducir repetidamente la información relacionada con el trabajo y la seguridad.

El módulo de Planes incluye:

1. Planes de trabajo - Para crear una descripción detallada de cómo se va a realizar un trabajo.
2. Planes de seguridad - Para crear un plan detallado de cómo dar servicio a los equipos o lugares de forma segura.

D. Gestión de materiales:

La función de gestión de materiales se basa en un sistema estándar de gestión de inventarios. Está interconectada con las órdenes de trabajo y la gestión de activos.

Es una fuente primaria de información para la organización del suministro de repuestos y herramientas.

El MMIS puede identificar e informar automáticamente de los artículos que hay que comprar y recomendar la cantidad de compra. Los artículos por comprar se deciden durante la supervisión de la construcción, y se modificarán durante el funcionamiento.

El departamento de compras ajusta la cantidad de recompra de acuerdo con el aspecto económico del precio proporcionado por los fabricantes.

El MMIS también almacena la lista de fabricantes sobre mercancías calificadas y sustituidas. La lista se actualiza periódicamente en función de los datos del fabricante añadidos o eliminados, que se facilitan desde el Departamento de Control y Garantía de Calidad.

El MMIS puede rastrear el estado de la entrega de la mercancía mediante los números de serie para cumplir con la normativa relacionada con el plan de garantía de calidad.

El precio medio y el último precio de compra se registrarán en el MMIS. A continuación, el MMIS enviará los pedidos a los fabricantes sólo después de que el personal del departamento de compras los haya aprobado.

El personal del departamento de Garantía de Calidad introducirá manualmente la información "Calificado y sustituido" según su criterio.

E. Gestión de la disponibilidad y la confiabilidad:

El MMIS gestionará la información sobre disponibilidad y confiabilidad (AAR Availability And Reliability).

La información del informe anual de actividades incluye lo siguiente:

- Disponibilidad.
- Confiabilidad (confiabilidad de los equipos).
 - MTBF.
 - MTTR.
- Información técnica sobre incidentes y,
- Información sobre el material rodante (fallos en la calidad de la misión).

Además, se recoge y calcula la siguiente información:

1. Número de trenes que circulan diariamente.
2. Kilometraje diario total de cada tren.
3. Registro de defectos.
4. Puntualidad de los servicios con análisis de las causas de los retrasos.

F. Control de incidencias técnicas y análisis de tendencias:

Este módulo realiza el registro y el análisis de las averías y el desempeño del subsistema. Se utiliza como base de datos para el análisis de tendencias y como base de conocimientos para la resolución de problemas.

El análisis de tendencias (análisis de fallos) es el proceso mediante el cual el ingeniero examina el historial de fallos del equipo notificados durante un periodo de tiempo significativo.

Los informes de fallos de los equipos o las ubicaciones pueden utilizarse para buscar tendencias de averías, tiempo promedio entre fallos, etc.

Al correlacionar esta información sobre fallos con otros datos disponibles, por ejemplo, el mantenimiento preventivo programado para un equipo o ubicación, el ingeniero puede desarrollar formas de reducir o limitar las averías del equipo en el futuro.

Por ejemplo, podría querer revisar el programa de mantenimiento preventivo, o podría identificar elementos defectuosos.

El sistema DRACAS (Data Recording And Corrective Action System) es un sistema habitual de notificación en bucle cerrado que requiere que cada fallo notificado se analice desde el punto de vista de la mantenibilidad y la confiabilidad y, si es necesario, se siga con una acción correctiva.

Todos las averías y averías de los equipos y las medidas correctoras se registran en el MMIS.

La hoja de registro del DRACAS se levantará y mantendrá para cada fallo del equipo.

Las hojas de registro del DRACAS se almacenan en la base de datos del MMIS y servirán de apoyo a los ingenieros para su análisis.

G. Gestión de costos y presupuestos:

Este módulo realiza la función de información de gestión de alto nivel, como el análisis estadístico y de recuento, con el fin de supervisar adecuadamente todo el contenido de las obras.

La función de análisis del MMIS ofrece todo un conjunto de funciones de gestión del funcionamiento del sistema. Analiza los datos de cada sistema conectado y, a continuación, obtiene el resultado estadístico de todo el sistema y, además, supervisa el estado de funcionamiento.

El módulo de gestión de costos y presupuestos proporciona a los usuarios del MMIS un conjunto de funciones para:

- Seguimiento de los costos de mantenimiento (de mano de obra, material, herramientas).
- Establecer y seguir el presupuesto de mantenimiento.
- Controlar el coste del ciclo de vida de los equipos (LCC).

A continuación, se presenta el desglose funcional de la gestión de costos y presupuestos:

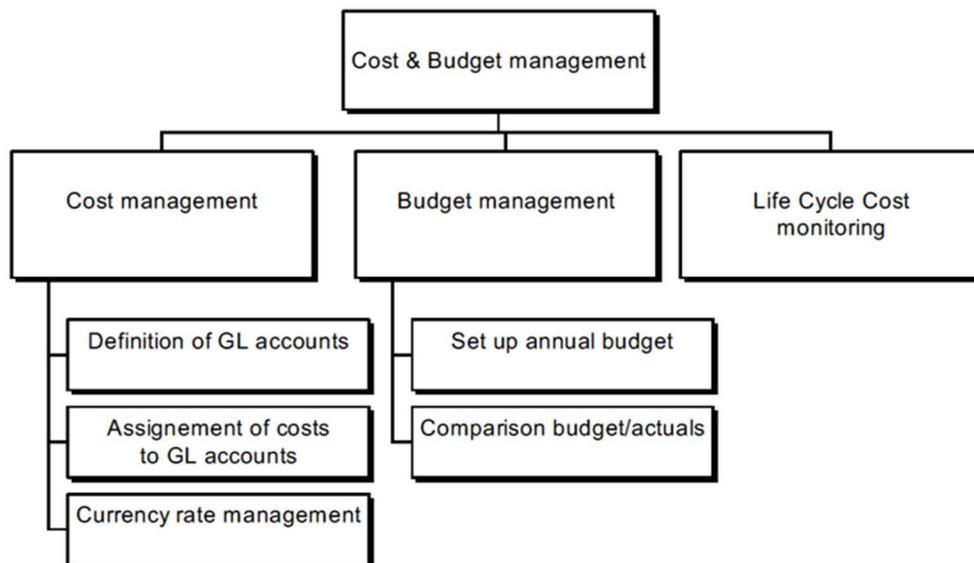


Figura 9. Desglose funcional de la gestión de costos y presupuestos

La gestión de costos consta de las siguientes subfunciones:

- ❖ Definición de las cuentas GL:

El MIS (función contable) gestiona todas las cuentas del GL (General Ledger o libro mayor). Todas las cuentas del libro mayor y los períodos financieros se definen en el sistema contable MIS, y luego se transfieren al MMIS a través de la interfaz MMIS/MIS.

Para poder interactuar con el MIS, el MMIS permite almacenar las cuentas del Libro Mayor.

❖ Asignación de las operaciones de mantenimiento a las cuentas del libro mayor:

Esta función realiza las dos acciones siguientes:

- Asigne cuentas GL por defecto a entidades como WO, órdenes de compra (PO Purchase Order), empresas, etc., basándose en reglas simples como la prioridad entre las cuentas GL asociadas con la ubicación, el equipo, etc.
- Registre las transacciones en las tablas específicas del MMIS con su fecha/hora, cuenta GL de débito, cuenta GL de crédito, importe, etc. Por lo tanto, en una transacción intervienen dos cuentas de tesorería (una cuenta de débito y otra de crédito).

❖ Gestión de los tipos de cambio:

El MMIS permitirá definir los tipos de cambio con una fecha de inicio y otra de finalización.

Los tipos de cambio están en una moneda base (moneda local). Por ejemplo, se pueden introducir los tipos de EURO/moneda local, USD/moneda local, etc.

Las tarifas serán enviadas al MMIS por el MIS a través de la interfaz MMIS/MIS.

La gestión presupuestaria consta de las siguientes subfunciones.

❖ Configurar el presupuesto anual de mantenimiento:

El MMIS debería ofrecer una función para establecer el presupuesto anual de mantenimiento (presupuesto de trabajo preliminar) por ejercicio financiero y cuenta de mayor valor (por ejemplo, departamento) antes del comienzo del año.

Este presupuesto de trabajo preliminar para el año siguiente se basa en los costos de mantenimiento correctivo (CM) del año anterior (ajustados) y los costos de mantenimiento preventivo (PM) programados. Este presupuesto se transmite al MIS a través de la interfaz MMIS/MIS. Tras la revisión del presupuesto por parte del Comité de Revisión del Presupuesto, el presupuesto final aprobado se transmitirá al MMIS desde el MIS a través de la interfaz MMIS/MIS.

El presupuesto aprobado recibido del MIS puede ser de "alto nivel", es decir, global para todas las actividades de mantenimiento. En ese caso, los usuarios del MMIS encargados del presupuesto tendrán que desglosar manualmente este presupuesto global en categorías más detalladas correspondientes a las cuentas del Libro Mayor (por ejemplo, PM, CM, etc.).

También se proporcionará la definición de la versión del presupuesto y la función de datos iniciales correspondiente.

❖ Comparación entre los datos reales y los datos presupuestarios:

El MMIS ofrece una función para comparar los costos de mantenimiento reales con los presupuestados, y permite al usuario investigar las diferencias (afinando la búsqueda a través de la estructura de cuentas del libro mayor). Por

ejemplo: importe de cada código de cuenta GL (departamento), tipo de trabajo (PM, CM, etc.), importe del coste de la mano de obra, importe del coste del material, importe del coste del contrato, importe del coste de la herramienta.

Se pueden utilizar datos adicionales para hacer comparaciones, como la frecuencia de operación de los trenes, los kilómetros de operación de los trenes, las horas de operación de los trenes.

❖ Control del coste del ciclo de vida:

Esta función tiene como objetivo capturar todos los costos relevantes asociados a los equipos a lo largo de su ciclo de vida, ya sea manualmente para los parámetros de costos configurables o automáticamente para los costos activos. Los costos activos se basan en las órdenes de trabajo cerradas.

Esta función calcula el coste total del ciclo de vida (LCC) a lo largo de la vida útil del equipo de forma anual o mensual. Los costos calculados se registran a través del módulo de seguimiento del LCC.

Esta función proporciona también algunos informes para ayudar al usuario en el proceso de identificación de activos "erróneos", así como en la toma de decisiones de sustitución de activos.

Estos LCC incluyen el coste de adquisición, explotación, mantenimiento y, en su caso, eliminación/terminación de la vida útil.

El MMIS calcula periódicamente el LCC para cada equipo creado desde el módulo de gestión de activos. Se trata de un proceso ascendente.

Se tendrán en cuenta los costos de adquisición, funcionamiento, mantenimiento y eliminación definidos en la Estructura de Desglose de Costos (EDC o CBS en inglés para Cost Breakdown Structure) y el número de periodos transcurridos desde la primera instalación del equipo.

El MMIS calcula periódicamente también el LCC medio de cada equipo creado desde el módulo de gestión de activos.

1.2.3.4. Hardware

Los siguientes elementos se integrarán en el MMIS:

- El hardware y el software necesarios para realizar las funciones descritas anteriormente, incluyendo el/los procesador/es principal/es, los terminales, las estaciones de trabajo, los lectores de códigos de barras, el dispositivo personal PDA, las impresoras (para la impresión de informes), los trazadores y los medios de almacenamiento de datos.
- Creación del Sistema de Red Distribuida para el acceso a los datos del MMIS en las cercanías (incluyendo oficinas, áreas de mantenimiento, almacenes y talleres).

El cable entre la sala de equipos y el edificio debe ser de fibra óptica.

- Los enlaces entre los sitios (depósitos y estaciones) deben realizarse a través de canales dedicados en la red común (syDTS de sonido).
- Es necesario recoger cierta información de los sistemas no inteligentes.

Esto incluirá los defectos no detectados por los sistemas informáticos, los trabajos de mantenimiento realizados y las entradas e informes de defectos en las infraestructuras dañadas.

Se proporcionarán facilidades para introducir estos datos de forma conveniente, utilizando códigos de barras y lectores ópticos de códigos de barras cuando sea posible.

1.2.3.5. Interfaz del sistema

El MMIS está conectado con los siguientes subsistemas y obtiene datos de ellos:

- Material rodante: por ejemplo, el sistema de autodiagnóstico de trenes proporciona registros de averías para que los terminales remotos los descarguen.
- Sistema de comunicación: proporciona registros de fallos para que los terminales remotos los registren y accedan a ellos.
- Sistema de control de tráfico y sistema de señalización: proporcionando registros de kilometraje, horas de funcionamiento, alarmas y fallos del sistema de señalización, etc.
- SCADA: proporciona registros de fallos en el suministro eléctrico, etc.
- Banco de datos de archivos tecnológicos y de mantenimiento, que se guardan como archivos electrónicos en el sistema de publicación electrónica.
- Todos los diagramas, esquemas, archivos de mantenimiento y lista gráfica de componentes para uso del departamento de mantenimiento se guardarán en forma de archivos electrónicos. Habrá un sistema de publicación electrónica independiente responsable de la gestión y el desarrollo de estos archivos. No obstante, todos los expedientes podrán ser consultados a través del MMIS. Así, una vez asignado un trabajo, un operador podrá comprobar e imprimir el procedimiento correspondiente. Se instalará una herramienta de búsqueda en el sistema para facilitar la comprobación. Se instalarán monitores e impresoras en la zona de trabajo para uso del personal.

El resumen de la interfaz del MMIS se muestra en la siguiente ilustración:

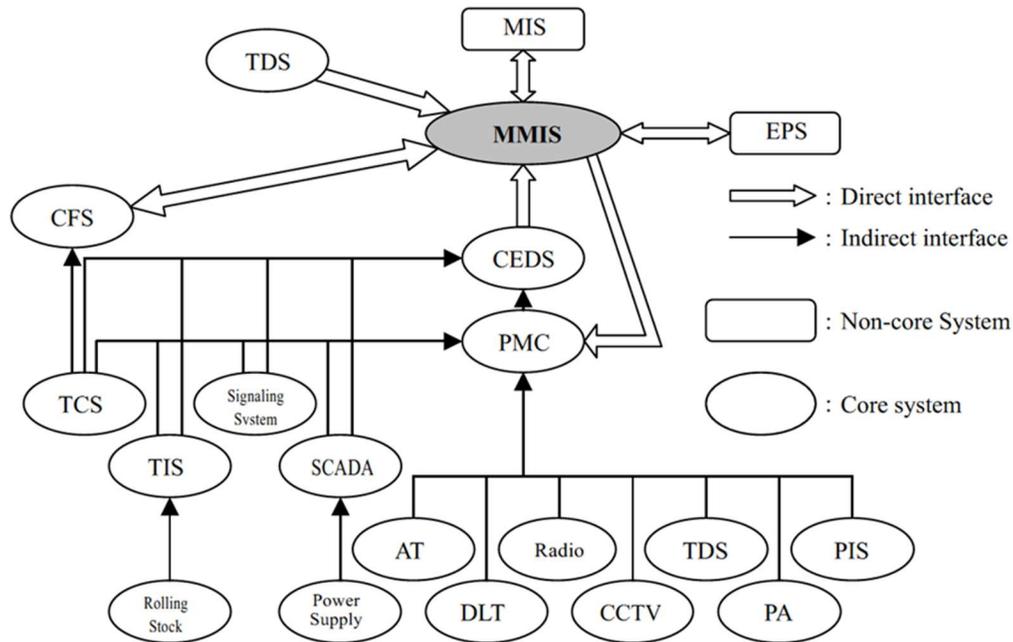


Figura 10. Resumen de la interfaz del MMIS

Los sistemas que intercambiarán información con el MMIS deberán conectarse utilizando el siguiente tipo de interfaz:

- Interfaz de datos LAN: Topología LAN estándar (como Ethernet), que utiliza el protocolo TCP/IP, UDP/IP o de aplicación. Este tipo de interfaz debe utilizarse para la conexión entre el MMIS y otros sistemas.

1.2.3.6. Operaciones del sistema

Las actividades de mantenimiento se llevarán a cabo incluso en el caso de

- El DTS no está disponible (Data Transmission System);
- Pérdida del sistema MMIS.

Deben proporcionarse varios niveles de redundancia para permitir el funcionamiento continuo en modo degradado.

En caso de fallo del DTS, los servidores locales de cada Depósito proporcionarán apoyo a su respectivo Depósito. El servidor local puede emitir órdenes de trabajo e introducir los resultados de las órdenes de trabajo previamente asignadas a ese depósito. Además, en los servidores locales se almacenan los datos relativos a la mano de obra y los materiales/herramientas disponibles en cada Depósito.

En caso de fallo del servidor principal, la funcionalidad completa del MMIS debe proporcionarse cambiando al servidor de reserva. Si ambos sistemas fallan, los servidores locales pueden proporcionar una funcionalidad parcial, como se ha descrito anteriormente. Si se produce una avería total de todos los servidores del MMIS, aún será posible realizar las actividades de mantenimiento. En los lugares clave se almacenarán copias impresas de las versiones actuales de los

manuales de mantenimiento y del plan de trabajo. En el resto de las ubicaciones, se almacenarán copias impresas de las versiones más actuales de los manuales de mantenimiento y de las órdenes de trabajo que sean necesarias para cada ubicación.

Además, debe impartirse formación cuando se revisen los procedimientos de mantenimiento de los equipos críticos.

Debe desarrollarse un procedimiento que permita realizar comprobaciones cruzadas para garantizar que todas las órdenes de trabajo se generan correctamente. Este procedimiento se llevará a cabo periódicamente tras la implantación del sistema para garantizar que se toman las medidas adecuadas para todas las alarmas importantes.

Por ejemplo, se puede considerar la comparación de la lista de órdenes de trabajo emitidas con el registro de las principales alarmas almacenadas en el sistema de supervisión.

1.3. ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO DE LA LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ

1.3.1. Objetivos estratégicos y propuesta de política de mantenimiento

Teniendo en cuenta las especificidades del sistema de transporte, los principales objetivos del mantenimiento pueden formalizarse como sigue:

- Las intervenciones de mantenimiento deben contribuir a mantener la continuidad y la calidad diarias del servicio.
- Las intervenciones de mantenimiento deben mantener el desempeño inicial (disponibilidad, confiabilidad y seguridad) de cada uno de los equipos y sistemas que componen el sistema de transporte.
- Las operaciones de mantenimiento deben contribuir a la sostenibilidad del sistema durante su vida útil.

El concepto de mantenimiento del sistema de transporte se basará en la norma de gestión ISO 9001: 2008, que garantiza:

- La aplicación de una política de mantenimiento centrada en el cliente con el compromiso de todos.
- La calidad y la coherencia del mantenimiento de acuerdo con los procedimientos aplicables y la descripción de las tareas.
- Mantener estable el nivel inicial de seguridad para todo el sistema de transporte, ya que los procedimientos y la descripción de las tareas se han elaborado teniendo en cuenta los requisitos de seguridad y el análisis de riesgos.
- Devolver los REX pertinentes basados en la trazabilidad de las intervenciones de mantenimiento.
- Obtener una ganancia de eficiencia y una reducción de costos mediante el proceso de mejora continua y el tratamiento de los incumplimientos.

1.3.2. Principios de fabricación casera o subcontratación

Las actividades de mantenimiento (correctivo y preventivo) o la reparación de piezas de recambio pueden realizarse de forma interna o subcontratarse.

La elección dependerá de varios condicionantes relacionados con la estrategia, los objetivos, la organización y la estructura de gestión de la división de mantenimiento y también de los requisitos del operador del sistema de transporte sobre el nivel de calidad del servicio.

Por ejemplo, las restricciones podrían ser:

- Falta de competencias para subcomponentes específicos (nuevas tecnologías).
- Pocos números de equipos o sistemas para crear un equipo de mantenimiento (equipo o sistema electrónico específico, etc.).
- Sistema electrónico que requiere un software específico para crear un equipo dedicado.
- El coste de mantenimiento interno es mayor que el de la subcontratación.
- Ausencia de actividades estratégicas (como la limpieza).

Así, la elección de externalizar algunas actividades debe estar en consonancia con las tendencias estratégicas. La política de mantenimiento debe definir qué tipo de actividades de mantenimiento se subcontratan. Los contratos de externalización deben incluir los objetivos de mantenimiento que deben cumplir los subcontratistas.

Por ejemplo, se podría optar por externalizar las actividades de limpieza, iluminación, porque no se consideran estratégicas. La mayoría de las veces, una gran parte de las actividades de mantenimiento podrían mantenerse internamente, ya que serán las actividades centrales de mantenimiento para garantizar la sostenibilidad de la empresa. Las empresas de mantenimiento deberían intentar mantener en casa la realización de las actividades de mantenimiento relacionadas con los equipos críticos (suministro de energía de tracción, señalización, trabajo en la vía, otros).

La estrategia de externalizar o no una actividad de mantenimiento debe medirse con la ayuda del proceso de análisis de valor, como puede verse en la ilustración siguiente:

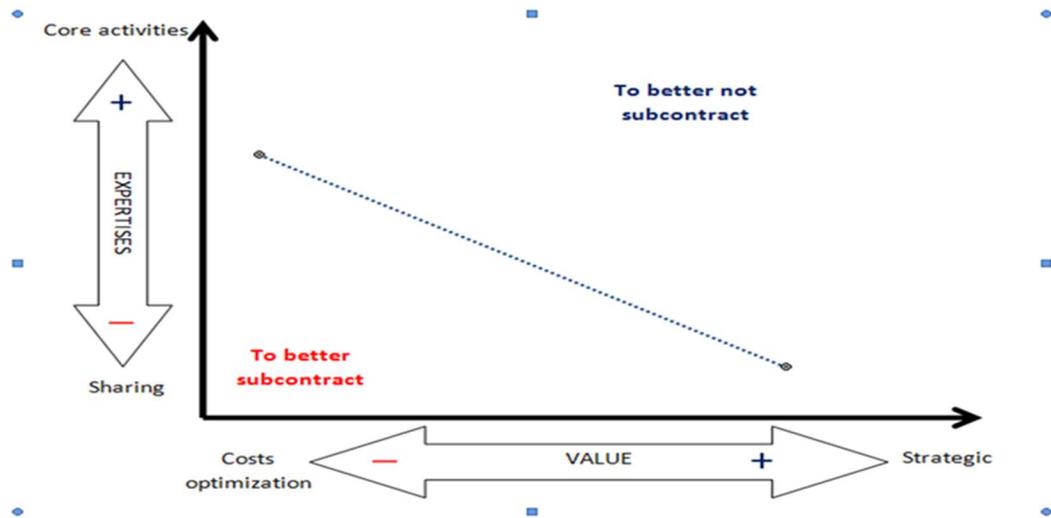


Figura 11. Análisis del valor

Existen varias normas que regulan la externalización del mantenimiento, como la europea: por ejemplo, la NF EN 13269 (noviembre de 2006): "Mantenimiento - Directrices para la preparación de contratos de mantenimiento".

1.3.3. Limitaciones de organización y gestión del mantenimiento

La organización y la estructura de gestión actuales podrían influir en la elección de mantener internamente o subcontratar las actividades de mantenimiento.

Cuanto más polivalentes sean las plantillas de mantenimiento, menos limitaciones tendrá la organización para subcontratar algunas actividades.

Por otro lado, cuando las plantillas son demasiado polivalentes, se corre el riesgo de que las plantillas carezcan de conocimientos profundos para algunas actividades de mantenimiento específicas (reparación de motores, mantenimiento anual de ascensores, otros). La dirección de mantenimiento debe apreciar el equilibrio adecuado entre los niveles de polivalencia y la subcontratación para garantizar su sostenibilidad manteniendo las actividades estratégicas y alcanzar los objetivos de mayor nivel de calidad de servicio de la operación.

1.4. PROPUESTA DE ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DE MANTENIMIENTO

El desarrollo de una estructura de organización del mantenimiento optimizada podría llevarse a cabo en dos soluciones, ya sea que la realización del mantenimiento se dedique respectivamente a la red de metro o se mutualiza para otros modos de transporte.

Las ventajas e inconvenientes de la configuración del mantenimiento mutualizado consisten en:

- Beneficios:
 - Máxima optimización de los recursos.
 - Menos personal de mantenimiento necesario.
 - Necesidad de almacenar menos piezas de repuesto para los equipos y sistemas comunes.
 - Una interfaz clara entre la división de operaciones y la de mantenimiento.
 - Homogeneización de las prácticas de mantenimiento.
 - Reducción de los costos de estructura (servicios administrativos, de ingeniería, etc.).
- Inconvenientes:
 - Habilidades específicas para cada modo de transporte necesarias para algunos equipos y sistemas específicos (RS, señalización, trabajo en la vía, energía de tracción).
 - Dificultad para conseguir algunos licitadores relevantes durante el proceso de licitación.

Las principales ventajas e inconvenientes de la configuración del mantenimiento por modos (por lo que un equipo dedicado al metro) consisten en:

- Beneficios:
 - Independencia total de cada uno de los modos.
 - Más probabilidades de conseguir licitadores relevantes durante el proceso de licitación.
- Inconvenientes:
 - Más proceso de gestión de contratos para emprender.
 - Se necesita más personal de mantenimiento.
 - Múltiples soportes de gestión y equipos (RRHH, otros).
 - Múltiples repuestos y herramientas.

- Aumento de las utilidades de mantenimiento (oficinas, herramientas, etc.).

Consideramos el metro de Bogotá como una solución integrada definida por una única organización de mantenimiento que tiene que materializarse al nivel de los contratos de operación y mantenimiento.

1.4.1. Principios clave de mantenimiento de la construcción de la organización

Para garantizar una organización eficaz del mantenimiento, será necesario aplicar algunos conceptos y herramientas de gestión y mantener las buenas prácticas de mantenimiento mencionadas en el apartado 1.2.2.

El mantenimiento de los niveles 1, 2 y 3 será realizado por los equipos de mantenimiento. La limpieza y el mantenimiento del mobiliario de la estación no están incluidos. Los niveles 4 y 5 podrían subcontratar con subcontratistas locales o proveedores de equipos.

Se considera para este PMP que los cinco niveles están cubiertos por la entidad única de mantenimiento.

1.4.2. Organización del mantenimiento y recursos de personal

El objetivo de la estructura organizativa de mantenimiento es conseguir una empresa moderna de acuerdo con los métodos más avanzados de gestión y comercialización. Para la red de transporte, es necesario contar con una organización fuerte y adaptada para asegurarse de que alcanzará sus objetivos de proporcionar un sistema de transporte seguro y fiable. La siguiente estructura organizativa de mantenimiento puede alcanzar estos objetivos:

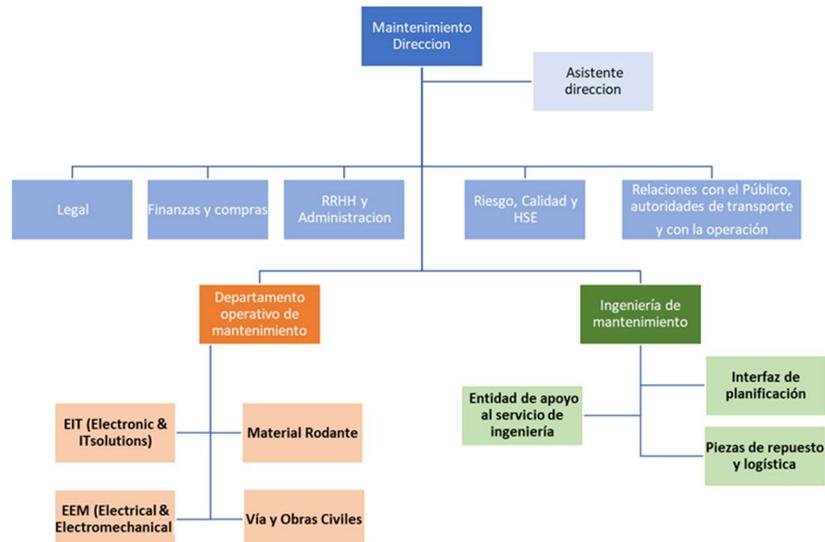


Figura 12. Organigrama de mantenimiento

1.4.3. Principios clave y personal de gestión y directorio

Hay que definir una organización de mantenimiento fuerte y adaptada, que no debe ser sobredimensionada. En efecto, una organización sobredimensionada suele provocar un solapamiento en la definición y distribución de las funciones, una dilución de las responsabilidades y una gestión poco rigurosa. El objetivo debe ser la implantación de una organización eficaz y rentable. Estas organizaciones eficaces deben tener la ventaja adicional de proporcionar líneas de gestión claras y capacitar al personal a todos los niveles para que rinda cuentas de sus actividades. La organización de la gestión debe basarse en una visión coherente de toda la estrategia empresarial. El concepto principal de la organización de la empresa debe centrarse en una cadena de mando corta y una gran implicación de los equipos directivos gracias a la posibilidad de tomar decisiones sobre el terreno. Los procesos de gestión se caracterizarán por dos principios clave que apoyan las estrategias y valores previstos:

- Estructura de gestión simple y lógica,
- Filosofía común y lógica.

Así se creará una organización que, al mismo tiempo, se centrará en las expectativas de las partes interesadas, en el desempeño operativo y en la valoración del empleado individual. De este modo, se creará una organización ágil. Será capaz de ofrecer un mejor desempeño del servicio y de satisfacer las demandas futuras.

La división y la dirección de mantenimiento abarcan todo el abanico de responsabilidades para la producción diaria efectiva del servicio comercial a los clientes. Otras entidades prestarán servicios de apoyo en las áreas de control de riesgos, gestión de la calidad y el medio ambiente, marketing-comunicación, jurídico, recursos humanos y administración y finanzas y compras.

1.4.4. Responsabilidades de los equipos y recursos de personal

1.4.4.1 Entidad de recursos humanos y administración

Esta entidad gestionará los recursos humanos, la formación y las nóminas de la división de mantenimiento. Es fundamental para ayudar a la empresa a alcanzar sus valores fundamentales de trabajo en equipo, creatividad e innovación para que los empleados desarrollen todo su potencial y sean un buen ciudadano corporativo.

Las tareas de la entidad se organizarán de la siguiente manera:

- Comunicación interna: gestión de toda la comunicación (intranet, boletines, comunicación oficial por correo electrónico, etc.) de la dirección a los empleados.
- Contratación: gestionar todas las actividades de contratación en estrecha colaboración con los responsables de línea, así como manejar y asegurar el código de conducta en todos los asuntos legales de personal.
- Salud laboral: gestionar y desarrollar actividades de promoción de la salud y garantizar resultados eficaces y oportunos de estas actividades, es decir, reducir las ausencias, mejorar las condiciones del lugar de trabajo, mejorar las condiciones generales de salud del personal, así como realizar encuestas de satisfacción de los empleados.
- Formación y desarrollo: realización de evaluaciones y análisis de carencias para evaluar las necesidades de formación y desarrollo, así como gestión, realización y desarrollo de actividades de formación y desarrollo.

- Administración salarial: gestión y actualización del proceso salarial y tramitación del pago correcto y puntual de todos los empleados.

En nombre del director general, la entidad de RRHH y administración asegurará, administrará y desarrollará las actividades organizativas y de personal de mantenimiento. Las principales responsabilidades serán:

- Contratar y formar a todos los gestores y grupos de personal para asegurar las capacidades administrativas, operativas y de gestión en el mantenimiento.
- Apoyar y aplicar el proceso de cambio de cultura.
- Asegurar y mejorar la salud laboral y apoyar todas las cuestiones relacionadas con la seguridad.
- Desarrollar y administrar las políticas de RRHH para toda la organización.
- Administrar los salarios y las cuestiones relacionadas con las nóminas.

La entidad apoyará y coordinará todas las actividades relacionadas con los RRHH en toda la organización. Los socios más importantes serán:

- Todos los niveles de gestión en lo que respecta a la contratación, las necesidades de formación y el cambio de cultura.
- Todos los responsables de línea en lo que respecta a la mejora de las condiciones de trabajo y la salud laboral.
- Entidad de control de riesgos, gestión de la calidad y del medio ambiente para apoyar todas las cuestiones transversales de la organización, es decir, los procesos, la formación y el desarrollo, la calidad y la seguridad.
- "Autoridades locales reconocidas" en relación con los convenios, las pensiones y otras cuestiones importantes de organización y personal.
- Director general y jefe de la entidad en lo que respecta a la administración de los salarios.

1.4.4.2. Entidad de financiación y compra

La entidad de financiación y compra se dividirá en tres actividades diferentes:

- Finanzas.
- Compra.
- oficina de informática.

1. Finanzas

Las finanzas tendrían las siguientes funciones:

- Contabilidad de la empresa en funcionamiento.
- Informes mensuales de cada accionista.

- Paquete consolidado para cada accionista.
- Estados financieros sociales y fiscales.
- Registrar y seguir las cuestiones fiscales.
- la gestión del efectivo.

2. *Compras*

La compra tendría las siguientes funciones:

- La gestión de los contratos de seguros.
- El seguimiento de los contratos.
- La compra y el suministro.

3. *Informática de oficina*

El equipo informático de la oficina mantendrá y gestionará los sistemas utilizados por la Compañía Operadora, incluyendo el software de contabilidad, el de programación y el de gestión del mantenimiento. El sistema de tickets no será mantenido por esta entidad de finanzas y compras.

1.4.4.3. Legal: Entidad Jurídica

La Entidad Jurídica se encargará de prestar servicios y asesoramiento jurídico a la empresa, las entidades y los empleados. La entidad jurídica se enfrentará a un gran número de asuntos legales diferentes. Estos asuntos incluyen: el desarrollo de negocios, la gestión de contratos, las transacciones inmobiliarias si es necesario, las reclamaciones de los clientes contra el sistema de transporte por daños y defectos de los productos, los litigios, el derecho laboral, las ventas y los asuntos de arrendamiento si es necesario. Todas estas actividades deben crear el flujo de trabajo de la entidad legal.

Considerando el flujo de trabajo en su conjunto, las principales funciones de la persona jurídica serán:

- Proporcionar asesoramiento y orientación jurídica.
- La tramitación de los casos en los tribunales y la gestión de los litigios.
- Preparación y redacción de la documentación.

1.4.4.4. Entidad de Relación con el Público, Autoridades de Transporte y Explotación

La entidad de Relaciones Públicas, Autoridades de Transporte y Explotación gestionará las comunicaciones corporativas y de relación del Mantenimiento de Metro con todas las partes interesadas y socios.

Las comunicaciones corporativas desempeñarán un papel fundamental en el desarrollo y la mejora de la imagen corporativa de la empresa mediante la planificación y ejecución de programas eficaces de relaciones públicas y

publicidad, al tiempo que se realizan planes de marketing para dar a conocer y promover los servicios con el fin de aumentar el número de usuarios.

La entidad también será responsable del centro de información al cliente y de la página web de “Metro Maintenance”.

La siguiente estimación es la más adecuada y eficiente para la entidad; se ajustará tras la estimación del LCC del sistema de transporte:

1.4.4.5. Entidad de gestión de riesgos, calidad y HSE

Se creará una entidad de gestión de control de riesgos, calidad y medio ambiente para hacer frente a los riesgos asociados al sistema de transporte y su entorno. Su objetivo será ejercer un liderazgo eficaz en materia de salud, seguridad, calidad y garantía medioambiental, así como planificar, desarrollar y gestionar las actividades para cumplir con todos los requisitos de certificación, desempeño, partes interesadas y otros requisitos pertinentes impuestos al Operador y sus actividades.

La entidad de control de riesgos, calidad y gestión medioambiental se encargará respectivamente de:

- Cuestiones de calidad y medio ambiente, incluida la supervisión de los subcontratistas y el seguimiento de los KPI.
- Cuestiones de salud y seguridad (con la ayuda de un supervisor que garantice el seguimiento y las auditorías).

1.4.4.6. Entidades de mantenimiento

La organización establecida para la División de Mantenimiento debe ser el resultado de un análisis multicriterio que considere como principales impulsores clave los siguientes objetivos:

- Las intervenciones de mantenimiento deben contribuir a mantener la continuidad del servicio diario y la calidad de este.
- Las acciones de mantenimiento deben mantener el desempeño inicial (disponibilidad, confiabilidad y seguridad) de cada activo del metro.
- Las acciones de mantenimiento deben contribuir a la permanencia del sistema durante su vida útil.

Las actividades de mantenimiento están orientadas a la gestión de los activos del metro y se dividirá en cinco áreas de actividad principales, con el apoyo de un sólido equipo de planificación y otro de apoyo al mantenimiento. Hay tres razones principales por las que los recursos se dividen de esta manera:

- Cinco áreas de actividad principales diferentes, debido a las diferentes habilidades y experiencia que aplican los empleados.
- Los planes de mantenimiento tienen una base diferente.
- Las actividades de planificación de la producción y el mantenimiento son específicas.
- El apoyo se separa mejor de la actividad de mantenimiento en curso.

Las cinco áreas de actividad principales serán:

- El mantenimiento del material rodante.
- El mantenimiento de la tecnología electrónica e informática.

- El mantenimiento eléctrico y electromecánico.
- La vía y el mantenimiento de la obra civil.
- Los servicios de ingeniería de mantenimiento.

1.4.4.6.1. Entidad de ingeniería de mantenimiento

Para garantizar la coherencia dentro de la política de mantenimiento de toda la división de Mantenimiento, se debe implantar un equipo de ingeniería eficiente y eficaz. Esta entidad se dividirá en diferentes unidades con sus propias responsabilidades y ámbitos de competencia. Cubrirá todos los aspectos técnicos de la gestión de todos los activos y de los talleres de mantenimiento descritos.

Tareas principales

Este equipo dará soporte de forma transversal para organizar y optimizar las tareas de mantenimiento. Aportará apoyo metodológico a todas las unidades de negocio.

Tendrá un papel clave en:

- La planificación de las operaciones de mantenimiento, garantizando su eficacia y ajustando mejor las cargas de trabajo asignadas a los equipos, los requisitos de seguridad y los regímenes de los equipos de mantenimiento preventivo.
- El desarrollo y la calidad de los indicadores kpi.
- La elaboración de informes mensuales y anuales.
- Análisis de incidentes, preparación de informes de investigación y REX.
- Realizar mejoras en los procesos de mantenimiento.
- Interfaz de supervisión con el departamento de operaciones.
- Los estudios de optimización del mantenimiento.
- Apoyo a los estudios de obsolescencia.
- Enlace diario y reunión periódica con la operación.

Estas reuniones con la Explotación deben estar destinadas a proporcionar datos sobre el desempeño del mantenimiento y las averías de los equipos; independientemente de la responsabilidad de las averías, este proceso permite que se analicen todas las incidencias y se planteen siempre acciones de mejora. Este será el intercambio regular de información que permitirá al operador servir mejor al departamento de mantenimiento y mejorar la calidad del servicio de metro.

Las averías se analizarán en la entidad de ingeniería de mantenimiento, si es necesario con el apoyo de los equipos de mantenimiento operativo para evitar que vuelvan a producirse averías y con el fin de mejorar. Estas averías pueden ser de todo tipo y de toda índole:

- Un retraso en la entrega de equipos para realizar el mantenimiento preventivo.
- Una planificación inconveniente de los equipos de mantenimiento, independientemente del nivel de competencia requerido para una tarea.
- Un mantenimiento correctivo fallido.

Los resultados de estos REX, según el defecto, podrían utilizarse, por ejemplo, para actualizar los procedimientos o métodos de trabajo.

Las principales tareas de la entidad para la fase de preparación de la operación y en los dos primeros años de funcionamiento serán combinar:

- Gestión de la calidad para el mantenimiento, certificada con la norma ISO 9001: 2000 y el sistema de gestión medioambiental ISO 14001: 2004.
- El sistema de gestión de documentos y su mantenimiento.
- MMIS para toda la gestión del mantenimiento.
- Una prueba de aceptación en fábrica de los equipos reparados y la interfaz con todos los fabricantes y subcontratistas.
- Mantenimiento continuo en nombre del Director de Mantenimiento.

Misiones del equipo

La entidad de ingeniería de mantenimiento está dividida en tres equipos.

Equipo de interfaz de planificación y programación/operación

El equipo de planificación y programación / interfaz operativa será el "cerebro" de la División de Mantenimiento.

El equipo supervisará la planificación y ajustará la carga de trabajo de cualquier mantenimiento preventivo, equilibrando con precisión las necesidades de las Operaciones y el mantenimiento correctivo por naturaleza no programable. Por lo tanto, debe proceder por ajuste regular con los recursos humanos disponibles, las herramientas adecuadas para el mantenimiento y las limitaciones de accesibilidad para los equipos como la vía (plan de posesión de la vía).

El equipo coordinará todas las actividades dentro de los equipos de mantenimiento; en consecuencia, deberá optimizar el trabajo realizado en cada oportunidad de posesión asegurando que, en la medida de lo posible, se realicen múltiples actividades en el mayor número de activos. Esto minimiza las situaciones en las que se realizan múltiples visitas a una sección de la vía para mantener diferentes activos. Para mejorar la eficiencia del trabajo, el equipo de planificación y programación del mantenimiento trabajará en estrecha colaboración con los demás equipos de mantenimiento y la Operación mediante reuniones semanales; se facilitará la interacción frecuente entre todas las partes mediante reuniones semanales de producción. Por ejemplo, se minimizarán las situaciones en las que parte de un subsistema deba cerrarse una semana para el mantenimiento de la alimentación eléctrica, otra semana para la señalización y una tercera semana para la vía.

Equipo de apoyo / método

Los recursos de apoyo al mantenimiento de ingeniería garantizarán el cumplimiento de las políticas de mantenimiento preventivo y correctivo y velarán por su mejora continua. Este equipo cubre todos los aspectos técnicos de la gestión del sistema de transporte y de los equipos de mantenimiento.

El equipo llevará a cabo cinco actividades principales del ILS:

- Apoyo al mantenimiento.
- Gestión de la documentación.
- Gestión de piezas de recambio.
- La gestión de los contratos y subcontratos de servicios.
- Gestión del MMIS.

Apoyo al mantenimiento

Las principales responsabilidades de apoyo al mantenimiento serán:

- Definir políticas de mantenimiento para mejorar la productividad técnica y económica.

- Definir y supervisar los objetivos técnicos relacionados con la calidad y la eficacia de las actividades de mantenimiento.
- Actualizar todo el apoyo al mantenimiento, como los procedimientos técnicos, los programas informáticos y la metodología, que proporcionan un apoyo total del sistema al mantenimiento, con el fin de permitir que los equipos de mantenimiento operativo de estas actividades se centren en su actividad principal.
- Establecer prácticas de trabajo seguras y examinar el impacto de la seguridad de cada modificación del proceso.
- Auditar la correcta aplicación de las normas y reglamentos por parte del personal de mantenimiento.
- Consolidar los datos de seguimiento recogidos en el CCO (libro de registro de IT...) y en el MMIS para elaborar todos los informes necesarios.
- Participación y análisis de REX.
- Establecer las especificaciones técnicas para la adquisición y las compras.
- En colaboración con la entidad de Recursos Humanos y Administración, desarrollar y realizar la formación técnica interna.
- Establecimiento de un plan de gestión de la obsolescencia para gestionar los riesgos.

Gestión de la documentación

Las principales responsabilidades de la gestión de la documentación serán mejorar y apoyar la gestión de la configuración en el mantenimiento, mediante:

- Garantizar que toda la documentación interna y externa válida esté actualizada y disponible, mientras que toda la documentación no actualizada se archiva o se descarta para aumentar la eficacia y evitar errores.
- Llevar la cuenta de todos los cambios en la documentación y asegurarse de que se notifican las actualizaciones.
- Archivar todas las versiones anteriores de los documentos.

El equipo debe notificar los cambios en la documentación a las entidades de mantenimiento y asegurarse de que se tienen en cuenta los cambios (destrucción local de las versiones anteriores) para evitar errores.
Se debe desplegar un EDMS.

Gestión del sitio

Las actividades de dirección de obra consistirán en el seguimiento de los avances, la supervisión de la entrega de materiales y la realización de controles de seguridad, así como la resolución de cualquier problema que pueda retrasar los trabajos a medida que surjan. Asimismo, se mantendrá en estrecho contacto con los miembros de los trabajadores externos y del equipo de mantenimiento de la obra en todo momento, y actuará de enlace con los ingenieros, topógrafos y planificadores. También se asegurará de que los trabajos cumplen con la normativa de construcción y la legislación de seguridad e higiene, así como con otros requisitos legales.

Almacén de piezas de repuesto / logística y equipo de gestión del mantenimiento subcontratado

Gestión de las piezas de recambio

Otro componente clave de la prestación de mantenimiento debe ser la disponibilidad de piezas de repuesto. La entidad de ingeniería será responsable en relación con la entidad de finanzas y compras:

- Para el suministro y la adquisición de piezas de repuesto y consumibles.
- Para los servicios prestados por contratos externos (subcontratistas, por ejemplo).

Así, la entidad garantizará esos principios rectores:

- Ningún tren o sistema debe dejar de estar disponible para las operaciones de tráfico debido a la falta de repuestos o a la deficiencia de los trabajos del contrato de servicio.
- Las piezas de recambio suministradas o las actividades de los contratos de servicio realizadas serán de los más altos estándares de calidad (especialmente la entrega mediante el control de la aceptación de las piezas de recambio y las revisiones externas).
- La obsolescencia de los equipos se tiene en cuenta y se trata adecuadamente.
- Se garantizará la adquisición de piezas de recambio (incluso para los elementos descatalogados por el fabricante).
- El equipo de capataces se encargará de la disponibilidad de las piezas de recambio y de la gestión de los proveedores, incluida la dirección:
- Del inventario de piezas de repuesto, consumibles y otros materiales.
- La compra y la gestión de los contratos de repuestos, consumibles u otros materiales no cubiertos por los acuerdos de suministro preexistentes.
- El nivel adecuado de existencias de piezas de repuesto.
- Herramientas comunes, incluyendo el seguimiento de la calidad y la calibración, según sea necesario.
- Preparar kits de mantenimiento para los equipos de mantenimiento.

El nivel adecuado de piezas de repuesto debe establecerse en estrecha colaboración con las entidades de mantenimiento operativo. Los gestores de las entidades de mantenimiento controlan el consumo de piezas de recambio y deben hacer provisiones de consumo a corto y largo plazo teniendo en cuenta las actividades de mantenimiento; este trabajo debe realizarse con el posible apoyo de la ingeniería de mantenimiento; esto permite definir las existencias de piezas de recambio adecuadas. Para mejorar la eficacia, estas existencias deben reexaminarse periódicamente. Los datos de las existencias, el umbral de reposición, el consumo y la posible reposición deben gestionarse mediante solicitudes en la herramienta MMIS.

El jefe de almacén también será responsable de coordinar el suministro y el registro preciso del inventario de piezas de repuesto con los equipos de mantenimiento. También será responsable de todas las herramientas comunes, incluido el seguimiento de la calidad y la calibración cuando sea necesario. Los jefes de los equipos de mantenimiento serán específicamente responsables del control y la coordinación de la carga de trabajo, y de las provisiones a corto y largo plazo del consumo de piezas de recambio.

Cuando se detecte la necesidad de designar a otros proveedores por diversos motivos, deberá seguirse un riguroso proceso de contratación: solicitud de precios con especificaciones técnicas, estudio de ofertas (referencias técnicas en el ámbito, cumplimiento de requisitos normativos...) y contratación. El objetivo del proceso, que será gestionado por el supervisor de recambios, es que, una vez adjudicados, todos los contratos sean gestionados y supervisados adecuadamente.

Actividades de mantenimiento subcontratadas

Algunos activos podrían subcontratarse con subcontratistas locales o con los proveedores de los activos y los activos no estratégicos:

- Actividades de mantenimiento de nivel 4 y 5 (reparación de LRUs, mantenimiento de revisión).
- Actividades de limpieza.
- Control ambiental.
- Inspecciones y controles legales subcontratados a una agencia de control.

La división de mantenimiento seguirá siendo responsable de la calidad de las actividades de mantenimiento realizadas por los contratos de servicios. El seguimiento de las actividades de los contratos de servicios será responsabilidad del equipo de ingeniería de mantenimiento (a través del jefe de equipo para el seguimiento diario con escalada hasta el director de mantenimiento si es necesario). Así, para los trabajos realizados in situ (por ejemplo, el mantenimiento de las escaleras mecánicas), el jefe de equipo:

- Planificar la intervención en colaboración con el equipo de planificación y programación/interfaz operativa.
- Comprobar que el trabajo se realiza en el tiempo programado.
- Evaluar el desempeño de los contratos de servicios (calidad del trabajo realizado).

En el caso de los trabajos realizados en un taller externo (por ejemplo, una locomotora), la entidad de ingeniería de mantenimiento:

- Organizar el transporte del equipo.
- Comprobar que el proveedor realiza el trabajo en el tiempo previsto según los plazos contractuales.
- Evaluar la calidad en el momento de la entrega.

Todos los trabajos realizados por los contratos de servicios y otros subcontratistas se registran en el MMIS, donde se incluirán en los procesos generales de información y gestión de la calidad.

Del mismo modo, en cuanto al proceso de contratación, si hay que cambiar de contratista externo por diversas razones, el procedimiento será el mismo.

Personal

El equipo de planificación y el equipo de apoyo / método trabajarán en turno de día.

El equipo de gestión del almacén de piezas/logística y mantenimiento subcontratado trabajará en dos turnos, el gerente en el turno de día. Durante el turno de noche, el supervisor del equipo de mantenimiento podría tener acceso al almacén si fuera necesario.

1.4.4.6.2. Entidad de mantenimiento del material rodante (MR)

El equipo de MR realizará el mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos de material rodante y de los vehículos de mantenimiento de acuerdo con el plan y los procedimientos de mantenimiento. El equipo se encargará de proporcionar a los trenes el nivel de desempeño solicitado (disponibilidad, confiabilidad y seguridad) para la explotación. El equipo también será responsable del mantenimiento de los vehículos utilizados para el mantenimiento de la infraestructura o la explotación en condiciones especiales (tren remolcado).

En el caso de que la estrategia de mantenimiento emprendida sea la de conseguir un mantenimiento mutualizado que actúe para varios modos de transporte, la entidad de mantenimiento del material rodante seguirá siendo por modo debido a su especificidad.

El campo de la habilidad técnica será:

- Material rodante.
- A bordo del ATC.
- Comunicación del tren.
- Vehículos de mantenimiento.

El equipo de primera línea trabajará en dos turnos, mañana y tarde. Llevará a cabo las tareas diarias de mantenimiento correctivo del material rodante con el objetivo de garantizar un alto nivel de disponibilidad de la flota. Permanecerá en contacto permanente con el CCI y representa el primer eslabón de la cadena de mantenimiento para las preocupaciones de RS.

El equipo de segunda línea trabajará en el turno de día y realizará las actividades de mantenimiento programadas, inspecciones y revisiones.

El equipo de control diario trabajará en el turno de noche.

1.4.4.6.3. Entidad de mantenimiento de sistemas tecnológicos electrónicos e informáticos (señalización, telecomunicaciones, PIS y AFC...)

El equipo realizará el mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos de señalización, telecomunicaciones, PIS y AFC de acuerdo con el plan y los procedimientos de mantenimiento. El equipo se encargará de proporcionar a esos equipos el nivel de desempeño solicitado (disponibilidad, confiabilidad y seguridad) para su funcionamiento.

El campo de la habilidad técnica será:

- Automatización de trenes / señalización.
- CCO.
- Sistemas de telecomunicación (radio, redes de transmisión, teléfonos, anuncio de pasajeros, pantalla de visualización, CCTV...).
- AFC (TVM, puertas...).

El equipo de primera línea debe tener múltiples habilidades y trabajará en dos turnos, mañana y tarde. Llevará a cabo las tareas diarias de mantenimiento correctivo en todos los equipos y sistemas de "baja corriente" con el objetivo de garantizar un alto nivel de disponibilidad. Permanecerá en contacto permanente con ICC y representará el primer eslabón de la cadena de mantenimiento para los problemas de señalización, telecomunicaciones, PIS y AFC.

El equipo de segunda línea de automatización de trenes / señalización y telecomunicaciones trabajará en el turno de noche y realizará las inspecciones de mantenimiento programadas en el sistema de señalización y CBTC / ATC / RTS.

El equipo de segunda línea de PIS y AFC trabajará en el turno de día y realizará las inspecciones de mantenimiento programadas en los sistemas PIS y AFC.

En el caso de que la estrategia de mantenimiento emprendida sea la de conseguir un mantenimiento mutualizado que realice varios modos de transporte, entonces las actividades de mantenimiento de la señalización, el CBTC y el ATC seguirán siendo por modo debido a sus especificidades.

1.4.4.6.4. Entidad eléctrica y electromecánica (entidad EEM)

Activos de alimentación (PWS)

El equipo del PWS realizará el mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos de alimentación y de los 3rd carriles en concordancia con el plan y los procedimientos de mantenimiento. El equipo se encargará de proporcionar a los equipos del PWS el nivel de desempeño solicitado (disponibilidad, confiabilidad y seguridad) para su funcionamiento.

El campo de la habilidad técnica será:

- Energía de tracción (TPS): 3rd carriles / sistema libre de cielo / catenaria.
- Potencia de la estación (LPS).
- Alta potencia de suministro (BSS).

En el caso de que la estrategia de mantenimiento emprendida sea la de conseguir un mantenimiento mutualizado que realice varios modos de transporte, las actividades de mantenimiento de la energía de tracción seguirán siendo por modo debido a sus especificidades.

Habrán dos unidades en este equipo del PWS:

- La unidad de primera línea trabajará en dos turnos, mañana y tarde. Llevará a cabo las tareas diarias de mantenimiento correctivo en todos los subsistemas del PWS con el objetivo de garantizar un alto nivel de disponibilidad. Permanecerá en contacto permanente con el ICC y representará el primer eslabón de la cadena de mantenimiento para los problemas de suministro de energía.
- La unidad de segunda línea del PWS trabaja en el turno de noche y realiza las inspecciones de mantenimiento programadas en el sistema PWS. También será responsable de la gestión de la energía de tracción para la posesión de la vía.

Otros activos EEM: Equipo E&M

El equipo de E&M realizará el mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos electromecánicos en concordancia con el plan y los procedimientos de mantenimiento. El equipo se encargará de proporcionar a los equipos electromecánicos el nivel de desempeño solicitado (disponibilidad, confiabilidad y seguridad) para su funcionamiento.

El campo de la habilidad técnica será:

- Escalera mecánica.
- Ascensores.

- Sistemas de climatización.
- Bomba.
- Suministro de agua.
- Iluminación de la estación.

Los equipos trabajarán en dos turnos, mañana y tarde. Llevarán a cabo las tareas cotidianas de mantenimiento correctivo y realizarán las inspecciones de mantenimiento programadas en los sistemas de E&M.

1.4.4.6.5. Entidad de vías y obras civiles

La entidad realizará el mantenimiento preventivo y correctivo en la vía y en las infraestructuras (túnel, viaducto, edificio...) de acuerdo con el plan y los procedimientos de mantenimiento.

El campo de la habilidad técnica será:

- Vía.
- Interruptor.
- Hormigonado.
- Pintura.
- Soldadura.
- De mampostería.
- De fontanería.
- Trabajo del metal.
- Instalaciones sanitarias.
- Pintura.
- Experiencia en ingeniería civil...

Habrán tres equipos en esta entidad:

- El equipo de primera línea de vía trabajará en dos turnos, mañana y tarde. Llevará a cabo las tareas diarias de mantenimiento correctivo en la vía con el objetivo de garantizar un alto nivel de disponibilidad. Estará en contacto permanente con ICC y representará el primer eslabón de la cadena de mantenimiento para los problemas de la vía.
- El equipo de segunda línea de la vía trabajará en el turno de noche y realizará las inspecciones de mantenimiento programadas en la vía.
- El equipo de infraestructuras trabajará en dos turnos, mañana y tarde. Llevará a cabo las tareas cotidianas de mantenimiento correctivo y realizará las inspecciones de mantenimiento programadas en las infraestructuras y los edificios.

En el caso de que la estrategia de mantenimiento emprendida sea la de conseguir un mantenimiento mutualizado que actúe para varios modos de transporte, las actividades de mantenimiento de la vía deben permanecer por modo debido a su especificidad.

La siguiente estimación será la más adecuada y eficiente para la entidad de vías & OC; se ajustará después de la estimación del LCC del sistema de transporte:

1.4.5. Cuadro recapitulativo de la mano de obra

Las siguientes estimaciones se basan en el número de puestos de trabajo que hay que cubrir, las condiciones de trabajo y el índice de absentismo, como vacaciones, formación, enfermedad, otros.

- El trabajo lo realiza una sola persona o varias en turno.
- El turno del personal se define tanto a partir de un número de días de trabajo como de días libres.

Estas necesidades básicas deben completarse con un personal de reserva para gestionar los imprevistos, las vacaciones y los índices de absentismo inherentes a la actividad del futuro mantenedor (enfermedad).

Así, a los resultados presentados hay que añadir una tasa de reserva del 10% y una tasa de absentismo del 3%.

1.5. PLANES PRELIMINARES DE MANTENIMIENTO POR DISCIPLINA

El objetivo de esta sección es proporcionar un plan de mantenimiento preliminar para los equipos y sistemas comunes del transporte urbano del metro UTO.

Los planes de mantenimiento preliminares más comunes se refieren a los siguientes equipos o sistemas:

- Equipo de suministro de energía.
- Puertas de plataforma (PSD).
- Equipamiento industrial / instalaciones de depósito.
- Servicios de mecánica, electricidad y fontanería (MEP):
 - Sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado.
 - Fontanería, sistema de riego y drenaje.
 - Sistema de control de la automatización del edificio, activos del edificio y plan de mantenimiento de la fontanería.
 - Escaleras mecánicas.
 - Ascensores.
- Apertura y cierre de puertas.
- Sistema SCADA.
- Telecomunicaciones:
 - Red multiservicio.
 - Sistemas telefónicos.
 - CCTV.
 - Sistema de Información de Pasajeros (SIP).
 - Dirección pública (PA).
 - Sistema de distribución del tiempo.
 - Sistema de alarma de intrusión y control de acceso.
 - CCO.
 - Sistema de alarma de viento.
 - Sistema de radio.
- Sistema de recogida de billetes.
- Obras y estructuras civiles.

Se definen en este documento.

Los planes específicos de mantenimiento preliminar se refieren a los siguientes equipos o sistemas:

- Material rodante.
- Automatización de trenes / señalización.
- Vías / camino permanente.
- Potencia de tracción.

1.5.1. Principios

El plan de mantenimiento preliminar utiliza las mejores prácticas tecnológicas y técnicas del sector. Se desarrolla para ofrecer tanto la disponibilidad del servicio como la satisfacción del cliente de forma sólida y rentable.

Los planes preliminares de mantenimiento se basan en las bases de datos Systra de diferentes proyectos.

La prestación de mantenimiento se basa en evaluaciones RAM de los distintos activos para garantizar que la cantidad y la naturaleza de las intervenciones de mantenimiento se optimicen y sean rentables.

La estrategia de mantenimiento preventivo se establece para alcanzar los objetivos de confiabilidad y disponibilidad del servicio definidos en las especificaciones de operación y mantenimiento de cada sistema y tipo de equipo. Las tareas de mantenimiento preventivo se planifican y ejecutan de acuerdo con las recomendaciones de los proveedores de equipos y también tienen en cuenta las normas y obligaciones de seguridad y medio ambiente.

La propuesta de plan de mantenimiento preliminar se basa en tres principios clave:

- Logro de los niveles de confiabilidad, disponibilidad y calidad del servicio esperados por el cliente.
- Enfoque holístico y de toda la vida para el diseño, la implementación, el funcionamiento y el mantenimiento de equipos y sistemas.
- Rentabilidad.

Las actividades de mantenimiento deben planificarse detalladamente como resultado de un trabajo extenso y de colaboración entre los diseñadores y los operadores durante la fase de movilización, garantizando que se maximicen los beneficios del trabajo de RAM. Este enfoque permite que los planes se centren en la prestación de la disponibilidad del servicio, no sólo en la medida de los términos de salidas planificadas y operadas requeridas según las especificaciones de Operación & Mantenimiento (O&M), sino también en un sentido más amplio relacionado con la funcionalidad completa, o confiabilidad, del sistema de transporte, incluyendo la disponibilidad de todos los activos (material rodante, ascensores, escaleras mecánicas y AFC...).

1.5.2. Enfoque en los cinco niveles de mantenimiento e intercambiabilidad

En cuanto al enfoque de los cinco niveles y la intercambiabilidad de las unidades de mantenimiento

Para construir el plan de mantenimiento preliminar se utilizan dos supuestos fundamentales:

- Sistemas y subsistemas se han realizado en las reglas del arte para garantizar componentes fiables, mantenibles y con el coste adecuado.
- Todos los sistemas y subsistemas permiten la monitorización a distancia, el diagnóstico y los elementos remotos para la identificación de posibles defectos y fallos que puedan crear una indisponibilidad del equipo; de este modo, las operaciones de intervención pueden planificarse a tiempo con un mínimo de interrupción.

Las unidades intercambiables o también llamadas unidades sustituibles en línea (LRU) y el mantenimiento se tienen en cuenta en la preparación del plan preliminar de mantenimiento y la estructura de la organización del mantenimiento.

La siguiente tabla contiene:

- Recordatorio de los principales puntos de los niveles de mantenimiento mencionados en la norma europea EN 13306: 2010 en la sección 2.1.3.
- Explica puntos concretos del sistema de transporte.
- Y muestra el personal responsable de alcanzar estos niveles de mantenimiento.

El mantenimiento debe describirse en los cinco niveles aplicables al mantenimiento, tanto para las actividades preventivas como para las correctivas.

Este enfoque requiere que los sistemas y subsistemas se diseñen de manera que el restablecimiento del servicio de un equipo sea fácil mediante el intercambio de partes del equipo, la LRU. Por ejemplo, puede tratarse de una pieza electrónica o del compartimento del motor. Estas LRU están a su vez diseñadas para permitir la reparación posterior mediante el intercambio en virtud de la intercambiabilidad de las llamadas unidades constitutivas de nivel inferior o LLRU (Lowest Level Replaceable Units), como un circuito electrónico.

La tabla siguiente presenta los niveles de mantenimiento completados con comentarios y personal de mantenimiento relacionado.

Tabla 5. Principales elementos de los cinco niveles de mantenimiento

Nivel	Definición breve	Comentarios	Personal
1	Intervenciones inmediatas y rápidas que requieren procedimientos sencillos	<p>Las medidas de intervención temprana en caso de avería son realizadas por el LOS (Line Operation Staff): personal de campo, agente comercial... Estas intervenciones se encuadran dentro de las actuaciones rápidas y básicas en caso de emergencia y tienen por objeto mantener el funcionamiento, la seguridad de los clientes y la disponibilidad de las instalaciones de la línea. El personal de la estación informa de sus actuaciones a la CCI. El equipo de mantenimiento mantiene la responsabilidad última de estas intervenciones, coordinadas por el CCI.</p> <p>El personal de operaciones en línea debe recibir primero una formación sobre todos los tipos de tareas de mantenimiento. Hay que desarrollar procedimientos que describan estas tareas y acompañar a LOS en sus primeras intervenciones. Si éstas son insuficientes, el ICC llamará al personal de mantenimiento y el equipo de mantenimiento se hará cargo de las operaciones.</p>	Usuarios: personal de explotación de la línea (LOS) asistido, si es necesario, por personal de mantenimiento
2	Acciones que requieren procedimientos detallados y/o equipos de apoyo (propiedad integrada o externa)	<p>El servicio de desplazamiento es la actividad principal del centro de mantenimiento. Esta actividad del programa tiene como objetivo mantener la seguridad y la disponibilidad de las instalaciones. Este tipo de mantenimiento se realiza directamente en los equipos situados a lo largo de la línea o en lugares de mantenimiento situados más cerca de la línea. Las acciones serán de corta duración (< 3 horas) y se realizan sin perturbar el servicio. Se realizan sin distinción entre intervenciones preventivas o correctivas. Pueden ser, por ejemplo, inspecciones, pruebas, reparaciones y pequeños ajustes.</p> <p>Este nivel no requiere medios técnicos especiales y se basa en las herramientas comunes. En el caso del mantenimiento correctivo, consistirá principalmente en el cambio de unidades físicas estándar in situ, como cofres, cajones y bloques...</p> <p>Las operaciones de mantenimiento se desencadenan bien por el fallo de un componente o bien a raíz del equipo de supervisión remota LRU.</p>	Equipo de mantenimiento

Nivel	Definición breve	Comentarios	Personal
3	Operaciones que requieren procedimientos complejos y/o equipos de apoyo portátiles	<p>Este mantenimiento se realiza principalmente en el taller de mantenimiento. La actividad consiste en mantener la seguridad y la disponibilidad de las instalaciones restableciendo la funcionalidad habitual de los componentes averiados. La operación requiere herramientas específicas, como bancos de pruebas.</p> <p>El equipo del taller apoya proporcionando asistencia técnica.</p> <p>Este nivel de mantenimiento también se realiza en diferentes intervalos de tiempo regulares de las inspecciones del sistema y del subsistema; durante estas inspecciones se realizan tareas de mantenimiento básico; además, se controlan las características de funcionamiento del equipo para garantizar el mejor desempeño.</p> <p>El mantenimiento puede contar con un equipo de recogida de datos y/o una herramienta de diagnóstico portátil para el material rodante o los equipos de infraestructura. A continuación, la información recogida puede cargarse en el MMIS para su posterior análisis detallado. El objetivo es recoger datos a lo largo del tiempo sobre los equipos para poder diagnosticar con precisión, comprender las tendencias y analizar las causas de las averías .</p>	Equipo de mantenimiento
4	Operaciones cuyos procedimientos implican el dominio de una técnica o tecnología específica y/o la implementación de equipos de apoyo especializados	<p>Este nivel se refiere al taller de reparación de LRUs de las operaciones de mantenimiento de los niveles 1, 2 y 3. Para evitar la interrupción de las existencias de LRU, el trabajo se realizará en unos pocos días.</p> <p>Las herramientas necesarias para este tipo de mantenimiento son de tipo industrial.</p> <p>Incluye la revisión y reparación de componentes y equipos básicos (bogíe, cajas de cambios, equipos neumáticos, bastidores electrónicos...) para que estos elementos vuelvan a ser fiables.</p>	Equipo de mantenimiento o subcontratado
5	Operaciones cuyos procedimientos implican experiencia, utilizando técnicas o tecnologías especiales, procesos	<p>Este nivel se refiere al taller de reparación de un subconjunto de LRU (una LLRU), del nivel 4. El trabajo se realiza generalmente fuera de las instalaciones del proveedor original en unas pocas semanas utilizando herramientas especializadas. Permite prolongar la vida útil del equipo mediante la renovación o la realización de una regeneración técnica.</p>	Fabricante de equipos o empresa especializada

Nivel	Definición breve	Comentarios	Personal
	y/o equipos de apoyo industrial		

1.6 MANTENIMIENTO OBRAS CIVILES

Como en el caso del material rodante, el mantenimiento de las obras civiles del proyecto será de carácter preventivo y correctivo.

Las obras civiles y sus sistemas asociados se inspeccionarán diariamente mediante brigadas de personal especializado que registrará sus hallazgos y clasificará las prioridades. Como resultado de tales inspecciones se programará la reposición o la reparación inmediata de los elementos que lo requieran. El mantenimiento de los equipos asociados se hará conforme lo determinen las instrucciones de los fabricantes.

1.6.1 Mantenimientos a cargo del Concesionario en etapas de construcción y operación

1.6.1.1 Túnel

- Revestimiento.
- Andenes laterales.
- Cruces sobre riel para evacuación por costado opuesto.
- Galerías de conexión túnel-pozos de evacuación y bombeo.
- Revestimiento pozos de evacuación y bombeo.
- Escaleras pozos de evacuación y bombeo.
- Edificación superior pozos de evacuación y drenaje.
- Tuberías de conexión al sistema de alcantarillado de la ciudad.
- Tratamientos geotécnicos desde superficie (jet grouting).
- Sistema de detección y extinción de incendios.
- Sistema de drenaje.
- Sistema de instrumentación.

1.6.1.2 Estaciones, accesos satelitales y galerías de acceso

- Elementos arquitectónicos y paisajísticos (pisos, paredes, falsos techos, vidriería, escaleras, mobiliario interior, mobiliario urbano, señalización, arborización).
- Cicloparqueaderos.
- Accesos (expendios, tiqueteadoras, torniquetes).
- Sistemas mecánicos (ascensores, escaleras mecánicas, sistema de ventilación, sistema de detección y extinción de incendios, sistema de aire acondicionado).
- Sistemas eléctricos de media y baja tensión.

- Sistemas de iluminación.
- Sistemas electrónicos y de comunicación.
- Sistemas hidrosanitarios.
- Sistema de drenaje.
- Sistemas de aseo y disposición de basuras.

1.6.1.3 Patio taller

- Cerramiento.
- Materiales de terraplén y empedradización / Taludes.
- Instrumentación geotécnica.
- Elementos arquitectónicos y paisajísticos (pisos, paredes, falsos techos, vidriería, escaleras, mobiliario interior, mobiliario urbano, señalización, arborización).
- Estructuras de edificaciones (sistema anticorrosivo, impermeabilización, pintura).
- Sistema de iluminación.
- Sistemas mecánicos (sistema de ventilación, sistema de detección y extinción de incendio, sistema de aire acondicionado).
- Sistemas eléctricos de media y baja tensión.
- Sistema de iluminación.
- Sistemas electrónicos y de comunicación.
- Sistemas hidrosanitarios.
- Sistema de drenaje.
- Sistemas de aseo y disposición de basuras.
- Vías internas.
- Parqueaderos / Cicloparqueaderos.
- Porterías de acceso.
- Vehículos para movilización de personal.

1.6.1.4 Viaducto

- Concretos.
- Cubierta acústica.
- Señalización.

1.6.2 Mantenimientos a cargo del Concesionario únicamente en etapa de construcción

1.6.2.1 Vías intervenidas

- Afirmado.
- Pavimento.
- Andenes.
- Franja paisajística.
- Ciclorutas.
- Señalización.
- Mobiliario urbano.

El mantenimiento de las vías intervenidas (Transversal de Suba o calle 145, prolongación calles 144 y 146 para acceso al Patio Taller, y vías seleccionadas de acceso a las estaciones) estarán a cargo del IDU una vez el proyecto entre en operación.

1.6.2.2 Otros

- Redes de conexión del sistema de drenaje del túnel al sistema de alcantarillado de la ciudad

El mantenimiento de estas redes estará a cargo de la EAAB una vez el proyecto entre en operación.

1.6.3 Mantenimientos que no estarán a cargo del Concesionario en ninguna etapa del proyecto

- Redes trasladadas de acueducto y alcantarillado (a cargo de la EAAB).
- Redes trasladadas de energía eléctrica (a cargo de CODENSA).
- Redes trasladadas de telecomunicación (a cargo de los operadores ETB, MOVISTAR, TIGO UNE).
- Redes trasladadas de gas (a cargo de VANTI).

1.7. ANEXO: NORMAS Y DOCUMENTO DE REFERENCIA APLICABLES

Tabla 6. Normas aplicables

Estándar	Definición
EN 50126-1:1999	Aplicaciones ferroviarias. La especificación y demostración de la confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad (RAMS). Requisitos básicos y proceso genérico
BS EN 60300-3-4:2008	Gestión de la confiabilidad. Guía de aplicación. Guía para la especificación de los requisitos de confiabilidad
EN 13306:2011	Terminología de mantenimiento
EN 15341:2007	Mantenimiento, Desempeño, Medición, Gestión, Mantenibilidad, Costos, Contratos, Contratos de servicios
EN 13269:2006	Mantenimiento. Directrices para la elaboración de contratos de mantenimiento
EN 13460:2009	Mantenimiento. Documentación para el mantenimiento
EN 60706	Mantenimiento de los equipos.

EN 60706-2:2006	Mantenibilidad de los equipos. Requisitos y estudios de mantenibilidad durante la fase de diseño y desarrollo.
EN 60706-3:2006	Mantenimiento de los equipos. Verificación y recogida, análisis y presentación de datos
EN 60706-5:2007	Mantenimiento de los equipos. Comprobabilidad y pruebas de diagnóstico
EN 31010:2010	Gestión de riesgos. Técnicas de evaluación de riesgos
EN 60300-3-12:2011	Gestión de la confiabilidad. Guía de aplicación. Apoyo logístico integrado
EN 60300-3-16:2008	Gestión de la confiabilidad. Guía de aplicación. Directrices para la especificación de los servicios de apoyo al mantenimiento
EN 60300-3-14:2004	Gestión de la confiabilidad. Guía de aplicación. Mantenimiento y soporte de mantenimiento
EN ISO 9001:2008	Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos
ES ISO 14001:2004	Sistemas de gestión medioambiental. Requisitos con orientación para su uso
EN ISO / IEC 17020: 200503 (X50-064)	Evaluación de la conformidad - Requisitos para el funcionamiento de los distintos tipos de organismos que realizan la inspección
IEEE Std 1474.1 TM - 2004 (R2009):	Requisitos funcionales y de desempeño del control de trenes basado en la comunicación (CBTC)

2. COMPETENCIAS DE LAS ENTIDADES TERRITORIALES

De conformidad con lo previsto en el Acuerdo Distrital 642 de 2016, la Empresa Metro de Bogotá es una sociedad por acciones del orden distrital, con personería jurídica, autonomía administrativa, financiera y presupuestal, patrimonio propio y corresponde a una sociedad cuyo régimen jurídico corresponde al de las Empresas Industriales y Comerciales del Estado, vinculada a la Secretaría Distrital de Movilidad.

Por su parte, el artículo 2 del Acuerdo Distrital 642 de 2016, modificado por el Acuerdo Distrital 761 de 2020, señala que el objeto de la Empresa Metro de Bogotá corresponde a la “(...) *planeación, estructuración, construcción, operación, explotación y mantenimiento de las líneas férreas y de metro que hacen parte del Sistema Integrado de Transporte Público de Bogotá, así como la adquisición, operación, explotación, mantenimiento, y administración del material rodante.*”.

Adicionalmente, el referido artículo, también le atribuye a la Empresa Metro de Bogotá la facultad de “(...) *liderar, promover, desarrollar y ejecutar proyectos urbanísticos, en especial de renovación urbana, así como la construcción y el mejoramiento del espacio público en las áreas de influencia de las líneas del metro, con criterio de sostenibilidad.*”.

Por todo lo anterior, la Empresa Metro de Bogotá es la entidad competente para llevar a cabo la estructuración, construcción, operación, explotación y mantenimiento de la Línea 2 del Metro de Bogotá, al tratarse de un proyecto que se desarrollará dentro del ámbito territorial del Distrito Capital, la cual hará parte del Sistema Integrado de Transporte Público de Bogotá, como se ha mencionado en el presente documento.

3. DEFINICIÓN DE RECURSOS O FUENTES DE FINANCIACIÓN PARA ADELANTAR EL PLAN DE MANTENIMIENTO O RENOVACIÓN

A través de la información técnica desarrollada durante la etapa de factibilidad, se analizó la integración de L2MB con el sistema de transporte público de la ciudad. Para lo anterior, fue necesario plantear y evaluar escenarios de integración tarifaria, proponiendo el más adecuado para el desarrollo del proyecto. También, se evalúan los efectos financieros que dicha integración trae para ambos subsistemas de transporte, así como la identificación de las oportunidades y retos para la sostenibilidad de ambos subsistemas.

De esta manera, se realiza un análisis de sensibilidad en la demanda de la L2MB en escenarios de integración tarifaria ante cambios en las variables que, de acuerdo con los análisis realizados, se consideren pertinentes en este proceso. Por último, se estudian experiencias de integración tarifaria para sistemas de transporte con características comparables al contexto de la Línea 2 del Metro de Bogotá para presentar las principales dificultades y buenas prácticas que se tuvieron, y cómo pueden incorporarse estos aprendizajes en el proyecto.

De acuerdo con lo anterior, mediante la actualización del estudio de la demanda de transporte para la L2MB, elaborado en la fase de factibilidad del proyecto, se determinó el sistema tarifario de transporte público de pasajeros en el Distrito de Bogotá. Ahora bien, a partir de esta información, se calculan los ingresos por la prestación del servicio (tarifas).

Inicialmente, se estima la demanda de pasajeros que sean usuarios directos del sistema y los que ingresan por transbordo, como se observa en la siguiente gráfica.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VC

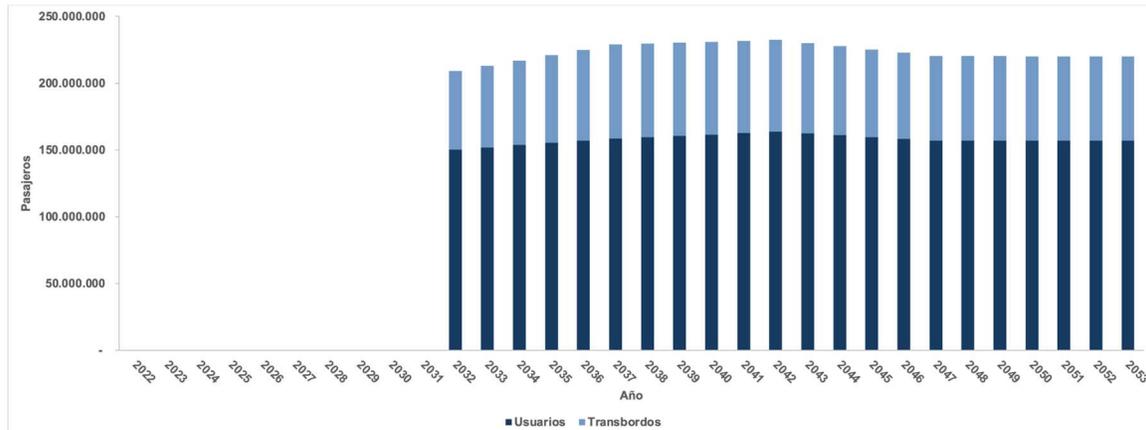


Figura 13. Estimación de demanda de pasajeros que ingresan al sistema como usuarios directos y por transbordo.

Posteriormente, a partir de las tarifas estimadas en precios de 2022, como se puede obtener en la siguiente tabla, se obtiene una proyección de las tarifas la cual corresponde a las proyecciones realizadas por TMSA. Como se mencionó anteriormente, los componentes K y L tienen como fuente de financiación el recaudo por tarifas expuesto en esta sección, así como el FET en caso de requerirse.

Tabla 7. Mecanismos de pago por tipo de contrato (pesos 2022).

Ingresos de recaudo COP (pesos 2022)	
Tarifa metro (general)	\$ 2.650
Adulto mayor	\$ 2.160
Sisben	\$ 1.800
Discapacidad	\$ 2.650
Transbordos intermunicipales	\$ 2.650
Transbordos TM - Metro	\$ -
Transbordos Zonal - Metro	\$ 200

Ahora bien, en pesos constantes de diciembre de 2021 las tarifas corresponden a los siguientes montos. Para determinarlos se utilizó la inflación mensual de diciembre de 2021 que equivale al 0,73%, la cual fue tomada de los datos históricos de inflación del Banco de la República.

Tabla 8. Mecanismos de pago por tipo de contrato (pesos 2021).

Ingresos de recaudo COP (pesos 2021)	
Tarifa metro (general)	\$ 2.631
Adulto mayor	\$ 2.144
Sisben	\$ 1.787
Discapacidad	\$ 2.631
Transbordos intermunicipales	\$ 2.631

Transbordos TM - Metro	\$ -
Transbordos Zonal - Metro	\$ 199

La tarifa promedio ponderada en pesos de diciembre de 2021 (incluyendo transbordos) redondeada a la centena más cercana es de 1.800 COP. Ahora bien, la tarifa promedio ponderada en pesos de diciembre de 2021 (sin incluir transbordos) redondeada a la centena más cercana es de 2.500 COP.

Posteriormente, se calcula la tarifa técnica y la tarifa usuario. La memoria de cálculo se encuentra en detalle en el Anexo 2 Ingresos tarifa - O&M EMB en la hoja "Tarifas" para cada uno de los años. La tarifa técnica se determina como el total de pagos relacionados con la operación y mantenimiento al concesionario (componentes K y L) sobre el total de usuarios que ingresan al sistema. La tarifa técnica promedio redondeada a la centena más cercana equivale a un valor de 900 COP en pesos constantes de diciembre de 2021.

Ahora bien, se calcula la tarifa usuario con transbordo y sin transbordo. Por un lado, la tarifa usuario con transbordo se determina como los ingresos por recaudo de los usuarios incluyendo transbordo sobre el total de usuarios incluyendo transbordo y equivale a un valor de 1.800 COP en pesos constantes de diciembre de 2021 redondeada a la centena más cercana. Por otro lado, la tarifa usuario sin transbordo se determina como los ingresos por recaudo de los usuarios sin incluir transbordo sobre el total de usuarios sin incluir transbordo y equivale a un valor de 2.500 COP en pesos constantes de diciembre de 2021 redondeada a la centena más cercana.

Según lo analizado anteriormente, a partir de la estimación de la demanda de pasajeros (directos y por trasbordo) y de la tarifa del sistema se calculan los ingresos por recaudo totales de la L2MB, como se observa en la siguiente gráfica.

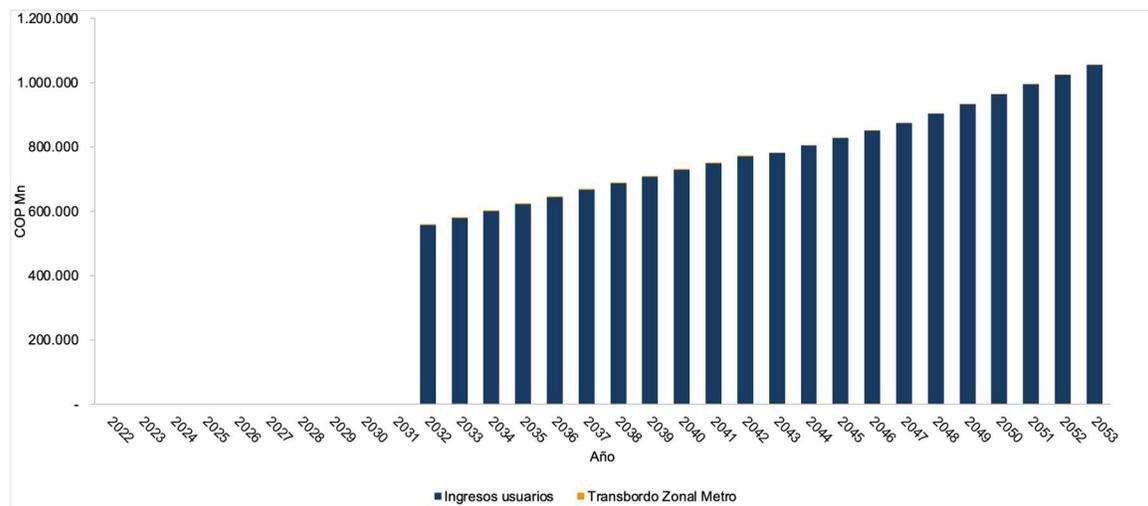


Figura 14. Ingresos de recaudo por usuarios directos y transbordo.

Teniendo en cuenta que en el modelo del concesionario se calculan los componentes K (Fijo) y L (Variable) de los mecanismos de pago definidos, estos deben ser cubiertos con ingresos adicionales del sistema. En particular, al no estar cubiertos dentro de los recursos de cofinanciación, estos son pagados con los recursos provenientes del pago de pasajes por parte de los usuarios, tanto por abordajes, como por transbordos. Adicionalmente, existe un costo adicional en el agente recaudador el cual tiene una tasa fija de 1,569% sobre los ingresos de recaudo, al realizar la diferencia entre los ingresos por recaudo y los costos de recaudo se obtiene el recaudo neto después de costos, el cual tiene un valor total de 17.100.054 COP MM en precios corrientes.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VC

Ahora bien, teniendo en cuenta el diferencial entre el recaudo neto después de costos por las validaciones y los transbordos de la L2MB, y los costos asociados a los pagos realizados al concesionario de operación y mantenimiento que corresponden a los componentes K (Fijo) y L (Variable) de los mecanismos de pago definidos, se identifica que los pagos por componentes cubren la operación del sistema bajo el presente escenario de modelación de la demanda, lo cual significa que no se requieren aportes del Fondo de Estabilización Tarifaria (en adelante FET), para garantizar el sostenimiento del proyecto durante el plazo de la concesión. No obstante, el FET se debe mantener como respaldo, en caso de no llegarse a recaudar lo proyectado.

En la siguiente gráfica se presentan los ingresos por recaudo y los costos de operación y mantenimiento del sistema.

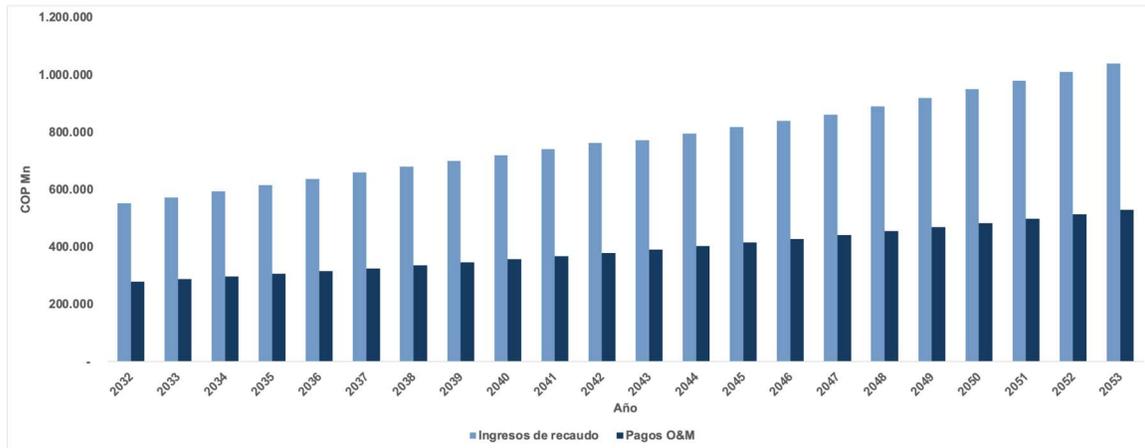


Figura 15. Ingresos por recaudo y pagos al concesionario Escenario Diseño.

Bajo este pronóstico de demanda, no se requerirían recursos del FET. Finalmente, con la proyección de demanda del proyecto y la totalidad de los pagos asociados al componente de Operación y Mantenimiento estimados producto de la estructuración técnica, se puede determinar la tarifa técnica del proyecto como la fracción entre los pagos a realizar sobre la cantidad de abordajes al sistema para un periodo en particular.