

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA



**“DESCRIPCIÓN Y PROPUESTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE
TIEMPOS DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO I1
APLICADO A LOS TRENES ALSTOM METRÓPOLIS 9000 DE LA
LÍNEA 1 DEL METRO DE LIMA”**

TESIS

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

MENDOZA GUERRA, ESTEFANI GABRIELA

Villa El Salvador

2017

Dedicatoria

La presente tesis está dedicada a todas las personas que desean aprender sobre sistemas ferroviarios.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida. A mis padres por su apoyo incondicional y motivación cuando lo necesitaba. A mis abuelos por su constante preocupación por mí. A mi hermano por sus consejos. A mi asesor por guiarme en la realización de mi tesis.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	ix
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	11
1.2. Justificación de la tesis.....	13
1.3. Delimitación de la investigación.....	14
1.3.1. Espacial. -	14
1.3.2. Temporal:.....	15
1.4. Formulación del problema.....	15
1.5. Objetivos.....	16
1.5.1. Objetivo General.....	16
1.5.2. Objetivos Específicos.....	16
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	17
2.1. Antecedentes.	17
2.2. Marco Teórico.	31
2.3. Marco Conceptual	63
CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA	69
3.1. Descripción del proyecto	69
3.2. Procesos de optimización propuestos.....	70
3.3. Revisión y consolidación de resultados	83
CONCLUSIONES	96
RECOMENDACIONES	98
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99
ANEXOS	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Configuración del tren.....	37
Figura 2: Bogie tracción	44
Figura 3: Planos de las ruedas	44
Figura 4: Eje y caja de grasa.....	45
Figura 5: Elementos de suspensión	45
Figura 6: Biela de reacción	46
Figura 7: Agujeros de purga del reductor	47
Figura 8: Antenas ATP	47
Figura 9: Bajo bastidor, par de apriete en cajas.....	48
Figura 10: Panel Neumático	48
Figura 11: Ubicación de llave aislamiento neumático	49
Figura 12: Panel de mantenimiento, activación y desactivación de equipos neumáticos	49
Figura 13: Puertas de acceso del tren Alstom Metrópolis 9000	50
Figura 14: Comprobación de reapertura por detección de obstáculos.....	51
Figura 15: Ubicación del EED y EAD.....	52
Figura 16: Filtros de aire	52
Figura 17: Caja interior del tren Alstom Metropolis 9000.....	53
Figura 18: Extintor.....	54
Figura 19: Pictogramas	55
Figura 20: Caja de dotación.....	56
Figura 21: Cesis.....	56
Figura 22: Pantalla de mantenimiento red MVB.....	57
Figura 23: Límite de carbón de pantógrafo	57
Figura 24: Elementos de pantógrafo	59
Figura 25: Resistencia de freno	59
Figura 26: MiniProf.....	71
Figura 27: Elementos de suspensión.....	72
Figura 28: Radio Tetra.....	74
Figura 29: Útil de Obstáculo para puertas Alstom	75
Figura 30: Extracción de filtros.....	76
Figura 31: Pasillo de intercirculación exterior	76
Figura 32: Armario de dotación Mb2.....	78
Figura 33: Pulsador del Cesis	78
Figura 34: Aviso de seguridad.....	79
Figura 35: Cuernos externos y banda de contacto	79
Figura 36: Resistencia de frenos ubicado en techo.....	81
Figura 37: Indicador CMH antes de la implementación de procesos.	87
Figura 38: Indicador CMH después de implementación de procesos	89
Figura 39: Horas Hombre antes y después de la implementación de procesos.....	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Dimensiones de los trenes Alstom Metrópolis 9000 y Ansaldo Breda	36
Tabla 2: Dimensiones de los Trenes Alstom Metrópolis 9000	38
Tabla 3: Tipo de Mantenimiento según kilometraje recorrido	40
Tabla 4: Contenido de actividades de mantenimiento según clasificación	41
Tabla 5: Frecuencia de los tipos de Mantenimiento Preventivo realizado en un año, en los trenes Alstom Metrópolis 9000.....	42
Tabla 6: Actividades de Mantenimiento realizadas en la I1	43
Tabla 7: Contenido de actividades I2.....	60
Tabla 8: Contenido de actividades I3.....	61
Tabla 9: Implementación de mejoras realizadas en la Actividad I1	82
Tabla 10: Interpretación del Indicador CMH	84
Tabla 11: Base de datos de Actividad I1 antes de la Implementación de Procesos.....	85
Tabla 12: Base de datos de la Actividad I1 después de la Implementación de Procesos.....	88
Tabla 13: Comparación de Horas Hombre por tren antes y después de la Implementación de procesos.....	90
Tabla 14: Resultado económico de la Implementación de la Optimización de la Actividad I1	91

ÍNDICE DE FÓRMULAS

Ecuación 1: Cálculo de Horas- Hombre	83
Ecuación 2: Cálculo de Coeficiente de Utilización de Horas Hombre (CMH).....	83
Ecuación 3: Tiempo Medio Entre Fallas	93
Ecuación 4: Tiempo Medio Para Reparación	93
Ecuación 5: Tiempo Promedio Para Falla	93
Ecuación 6: Disponibilidad	94

ABREVIATURAS

DCS	Sistema de Comunicación de datos móvil
HVAC	Climatización
PMR	Persona de movilidad reducida.
MICEF	Monitorización Inteligente y Control Electro-neumático de freno.
MGS2	Sistema Electro-neumático de control de antideslizamiento.
MVB	Bus de comunicaciones del vehículo.
IRIS	Sistema de información a pasajeros.
RIOM	Módulo remoto de entradas / salidas.
EAD	Mando de socorro exterior
EED	Mando de socorro interior
TAC	Cable del tacómetro
TS	Sensor tren stop
AA.AA	Aire acondicionado
LSP	Línea superior de Plataforma
UT	Unidad de Tracción
DDU	Pantalla de visualización de datos
TDP	Tubería de depósito principal.
GMV	Grupo Motor Ventilador
L1ML	Línea Uno Metro de Lima.
I1	Intervención 1
IM	Intervención mayor.
CESIS	Registrador de incidencias
HM	Hombre Muerto
ATP	Protección Automática del Tren
EPP	Equipo de Protección Personal
RAE	Real Academia Española.
MV	Media vida.
OH	Overhaul

INTRODUCCIÓN

Diariamente la población de Lima es víctima del terrible tráfico, permanecen horas sentados antes de poder llegar a sus centros de labores, realizar sus actividades y regresar a sus hogares, como respuesta a esta problemática surge Línea 1 del Metro de Lima, que ofrece un servicio de transporte a través de los trenes ALSTOM Metrópolis 9000 y Ansaldo.

Cada día la demanda del servicio aumenta, más limeños ven el servicio como una excelente opción para dirigirse a su centro laboral. La gran demanda de clientes obliga a reprogramar más viajes en horas punta con la finalidad de satisfacer al cliente, lo cual reduce los intervalos de circulación de los trenes a cada 7 minutos.

A diario el servicio transporta alrededor de 370,000 clientes, uniendo 9 distritos, inculcando una cultura Metro llena de valores y actividades productivas. Este proyecto de transporte día a día está comprometido con ofrecer el mejor servicio, cumpliendo con el horario y al mismo tiempo ofreciendo confort en el viaje (durante el uso del servicio) este confort va directamente relacionado al buen mantenimiento que reciban los trenes, siendo el área encargada de realizar el mantenimiento el Área de Material Rodante. El Área se encarga de ejecutar las actividades necesarias según el kilometraje recorrido del tren, para que los trenes puedan funcionar en óptimas condiciones.

Los mantenimientos son realizados en el Área por personal especialista en mecánica, electrónica, electricidad y neumática. La flota de trenes ALSTOM que recién llevan 5 años de operación, requieren un mantenimiento especial debido a la demanda de clientes y la necesidad de tener más trenes en operación para el servicio en la línea y evitar la saturación de los trenes (sin sobrepasar la capacidad de 1200 clientes) durante las horas de prestación de servicio al público.

La estructura que se ha seguido en este proyecto se compone de 3 capítulos. El Primer Capítulo comprende el Planteamiento del Problema, el Segundo Capítulo el Desarrollo del marco teórico y el tercer capítulo corresponde al desarrollo de la tesis.

El autor.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

La empresa Concar, operadora de Línea 1 del Metro de Lima tiene 2 tipos de trenes: 19 trenes Alstom Metrópolis 9000 y 5 trenes Ansaldo, debido a la alta demanda del transporte, es necesario alcanzar la mayor disponibilidad posible de los trenes (24 trenes), durante la mayor cantidad de tiempo que sea posible.

Día tras día el servicio de transporte por medio del tren tiene más demanda. Durante el servicio en hora punta se puede observar como las personas intentan ingresar a la fuerza para poder llegar a su destino (trabajo, hogar) y viajan de manera incomoda, ya que sobrepasan la capacidad de personas en el tren (Anexo 1). Para cubrir la demanda se necesita más trenes en el servicio y solo hay 2 opciones: Comprar más trenes (la compra demora aproximadamente 1 año) o aumentar la disponibilidad de los trenes (con la finalidad que más trenes circulen en la vía principal).

Por otro lado en el Taller de Material Rodante, los trenes ALSTOM son trenes modernos pero que debido al desconocimiento del personal técnico en sistemas ferroviarios (Trenes) y falta de suministros, hace más lento la realización del mantenimiento preventivo de la Actividad I1, los suministros del tren son cuantiosos debido a su tamaño, por eso es necesario tener un stock en el almacén que pueda abastecer según la programación semanal de los mantenimientos preventivos de Actividad I1, sin embargo en ocasiones ha faltado suministros para culminar con el mantenimiento.

También se observó la falta de coordinación con el área de operaciones y área de conducción. Por política de la empresa los técnicos no pueden conducir los trenes (así el recorrido sea mínimo), es por eso que para realizar maniobras en el tren y dar mantenimiento a los pantógrafos es necesario coordinar con el Área de Transporte para que envíen un conductor a realizar las maniobras, lo cual genera demora en el mantenimiento.

Los mantenimientos preventivos de la actividad I1 supera 1 turno (8 horas diaria) debido a la demora en los procesos de mantenimiento de los trenes, por eso es necesario identificar las actividades de mantenimiento que demandan más tiempo para poder implementar mejoras y reducir el tiempo que demora la realización de la actividad I1 en los trenes Asltom Metrópolis 9000. Las actividades en bajo bastidor se realizan sin coordinación y no se aprovecha en hacer la máxima cantidad de actividades en determinada ubicación, las actividades en caja son reiterativas lo cual implica más tiempo pero si se implementará algún útil para realizar las actividades se realizaría en menos tiempo y en techo por falta de línea de vida es necesario trasladarse de plataforma en plataforma y no de manera continua en todo el recorrido del tren. La actividad I1 tiene duración de realización en tiempos muy irregular se realiza cada 30 días aproximadamente, a pesar que se tiene 8 técnicos realizando el mantenimiento. Debido a la demanda y la necesidad del servicio el tren

Alstom, era llevado a línea principal sin el cambio de pastillas de freno, o el cambio de filtros en aire acondicionado para poder cumplir con la cantidad de recorridos programados por el Área de Operaciones; luego se hacía una Orden de Trabajo para realizar las actividades pendientes que faltaron dentro del mantenimiento preventivo de actividad I1.

Ante esta situación la Empresa Concesionaria Concar, solicitó al Fabricante (Alstom) soporte técnico para optimizar los procesos de mantenimiento a través de un equipo multidisciplinario conformado por ambas partes. Este equipo elaboró una propuesta técnica para la optimización del mantenimiento I1. La autora participó en este proyecto y el presente trabajo refleja los resultados obtenidos.

1.2. Justificación de la tesis

La problemática a afrontar es que cada día se incrementa la demanda del servicio en la Línea 1 del Metro de Lima, obligando a programar más viajes en hora punta con la finalidad de satisfacer al cliente, lo cual reduce los intervalos de circulación de los trenes a cada 7 minutos. En la actualidad se transporta diariamente alrededor de 370,000 clientes, uniendo 9 distritos, cumpliendo un servicio seguro y puntual. Estas cualidades dependen del buen mantenimiento que reciban los trenes, siendo el área encargada de realizar el mantenimiento el Área de Material Rodante, donde se ejecutan las actividades previstas según el kilometraje recorrido del tren, para que los trenes puedan funcionar en óptimas condiciones.

Actualmente los trenes son nuevos y llevan casi 5 años de servicio, por lo tanto, no han tenido paradas de gran magnitud, y las reparaciones leves se han realizado durante turno noche, lo cual no afecta el servicio. Debido a que los trenes Alstom representan el 79.16% del total de la flota se enfocara el análisis de la actividad de Mantenimiento I1 en estos trenes.

Para la presente tesis se escogió la actividad I1 porque se realiza con mayor frecuencia que las otras actividades de mantenimiento preventivo contempladas (ocho Mantenimientos I1 al año) y además demanda 8 horas de trabajo (sin considerar horas muertas) y es condicionante para las demás actividades de mantenimiento.

Luego de realizar la evaluación de los procesos de optimización se va a poder tener indicadores veraces y que van a permitir determinar si se alcanzó los resultados esperados (reducción de tiempos en la actividad de mantenimiento preventivo I1) o si será necesario realizar otros procesos; también se podrá determinar si habrá mayor disponibilidad de trenes o será posible la realización de la actividad de mantenimiento I1 dentro de un turno y con el total de actividades realizadas.

Por lo tanto, se pretende mejorar el cumplimiento total del servicio del Metro 1 de Lima, a través de la reducción de tiempos en el mantenimiento preventivo I1 ya que los mantenimientos se realizan superando 1 turno (8 horas diarias), además; se desea innovar (analizar y proponer mejoras) a los procesos de mantenimiento de la actividad I1 con la finalidad de tener la mayor cantidad posible de trenes Alstom disponibles a cumplir con el servicio.

1.3. Delimitación de la investigación

- 1.3.1. Espacial. - Se realizará en las instalaciones del Patio Taller en el área de mantenimiento: "Material Rodante", que pertenece al proyecto Línea 1 del consorcio Concar, conformado por Graña y Montero (GyM) y Graña y Montero Ferrovías.

1.3.2. Temporal: Comprende el periodo desde junio del 2014 hasta febrero del 2017.

1.4. Formulación del problema

La presente tesis propone optimizar los procesos de mantenimiento preventivo dentro de la Política de Calidad implementada por la empresa Concar (concesionaria de la Línea 1 del Metro de Lima). Específicamente se tratará de las actividades de mantenimiento contempladas dentro de la Intervención 1 (I1) especificadas en el Manual de mantenimiento del fabricante, que corresponde a los sistemas dispuestos en caja, bajo bastidor y techo, con lo cual se pretende innovar ciertos procedimientos a determinar durante el desarrollo de la tesis utilizando los instrumentos y/o equipos necesarios.

El problema general en la presente tesis es: ¿Cómo optimizar los tiempos de los procedimientos en la actividad de mantenimiento I1 a un tiempo mínimo posible? y además se contemplan los siguientes problemas específicos:

a. ¿En qué consisten las actividades de mantenimiento preventivo que se realizan en la Intervención I1?

b. ¿Cómo comparar los tiempos de las actividades de Mantenimiento Preventivo I1 en bajo bastidor, caja y techo antes y después de la Optimización de tiempos?

c. ¿Qué mejoras se obtendrán en los procedimientos de mantenimiento preventivo analizados de la Actividad I1 orientadas a la optimización de tiempos?

d. ¿Cómo evaluar los resultados esperados usando indicadores de tiempo y cuadros comparativos según información registrada en las cartillas del Mantenimiento Preventivo I1 antes y después de las propuestas para la optimización de tiempos?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Optimizar los tiempos de Mantenimiento Preventivo I1, mediante el estudio y propuesta de cambios en las actividades de los procesos de mantenimiento de los trenes Alstom Metrópolis 9000 con la consiguiente reducción de tiempos necesarios para las actividades de mantenimiento en estudio.

1.5.2. Objetivos Específicos

- a. Conocer en qué consisten las actividades de mantenimiento preventivo que se realizan en la Intervención I1 - sistemas eléctricos, mecánicos, neumáticos y electrónicos del tren Alstom Metrópolis 9000.
- b. Llegar a comparar los tiempos de las actividades de Mantenimiento Preventivo I1 en bajo bastidor, caja y techo antes y después de la Optimización de tiempos.
- c. Llegar a proponer diversas mejoras a los procedimientos de mantenimiento preventivo analizados de la Actividad I1 orientadas a la optimización de tiempos y recursos humanos.
- d. Poder evaluar los resultados esperados usando indicadores de tiempo y cuadros comparativos según información registrada en las cartillas del Mantenimiento Preventivo I1 antes y después de las propuestas para la optimización de tiempos.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes.

Cavero, G. y Fernández, P. (2015) indican en su tesis de pregrado “Gestión de transporte sostenible y diseño geométrico de ciclo vía que interconecte la estación Aramburú del Metropolitano y la estación San Borja Sur del Metro de Lima” el desarrollo de una ruta alternativa que conecte las estaciones con mayor demanda en el Metropolitano y el Metro de Lima. En la tesis se desarrolló los conceptos relacionados con la movilidad sostenible y uso de la bicicleta como transporte urbano, identificó los puntos de atracción que se encuentren dentro de la zona de estudio, recopiló la base de datos de la demanda de usuarios del Metropolitano y el Metro de Lima de las estaciones que se encuentran dentro de la zona de estudio, realizó una encuesta de origen-destino a los usuarios de las estaciones Angamos y Aramburú del Metropolitano y las estaciones La Cultura, San Borja Sur y Angamos del Metro de Lima, calculó la demanda a futuro de los ciclistas que usarán la ciclovía propuesta y realizó el diseño geométrico de la ciclovía que conecte la estación Aramburú del Metropolitano y la estación San Borja Sur del Metro de Lima.

Este estudio es una gran alternativa en función al cuadro comparativo que se realizó en la tesis; si bien la bicicleta recorre 0.5 km más y a una velocidad de

25km/h, mientras que el bus tiene una velocidad de 50 km/h, los tiempos para llegar al destino son de 14 minutos y 15 minutos respectivamente, además el uso de la bicicleta no genera costo y comparando con un auto particular es muy económico.

Garrido, J. (2014) Coordinador de Mantenimiento del Metro de México, el autor indica en su informe técnico que los mantenimientos preventivos realizados a cada tren según su kilometraje, en este caso el tren N° 5 (576-577), señalando que actividades se realizaron, entre las actividades más elementales y esenciales figuran: lubricación, revisión de pernería, pruebas de funcionamiento. Estos mantenimientos fueron realizados en las unidades motrices 576-577, con una frecuencia muy variable siendo la menor frecuencia 712 km, la mayor frecuencia 8,637 km y una media de 6,000 km. Gracias a este reporte histórico se puede observar que la motriz 576-577 tuvo 13 intervenciones de mantenimiento preventivo entre febrero 2014 y abril 2015 (realizando las actividades necesarias a 6 meses, 8 meses y 12 meses), aún falta mejorar la frecuencia ya que no hay una frecuencia estandarizada.

El estudio se observa una frecuencia irregular en los mantenimientos, esto puede disminuir la vida útil del tren.

Bazan, I. (2014) ante la identificación de fallas en el sistema ferroviario planteó un nuevo enfoque de gestión en Metro de Santiago, que nace de su condición de eje estructural del transporte público capitalino y que se hace cargo del impacto que la eventual interrupción de su servicio produce en la ciudadanía. En ese sentido, se realizó importantes modificaciones en el área de Mantenimiento, Operaciones y Comunicación a Pasajeros, en función a los análisis internos y las sugerencias planteadas por el Comité de Expertos. En sus acciones de urgencia en el área de mantenimiento se consideró: Revisión de sistemas de respaldo de energía para control de trenes, inspección exhaustiva de los componentes de las vías, contratación de primer grupo de personas para reforzar la inspección técnica de los contratos y acelerar las homologaciones de repuestos; refuerzo del programa de

limpieza integral de locales y equipos técnicos, también se revisarán vías, escotillas y canaletas. También dieron énfasis a sus operaciones: Optimizar la coordinación con el transporte público en superficie, estableciendo planes de acción ante contingencias previamente acordados. Finalmente alcanzaron la comunicación directa y mejorada con el cliente, en la búsqueda de desarrollar un sistema de alerta inmediata a pasajeros ante la interrupción del servicio de Metro a través del mejoramiento del sistema de sonorización de estaciones y el diseño de una aplicación con la finalidad que los clientes accedan y puedan continuar su viaje. El objetivo es que los pasajeros cuenten con información sobre los recorridos de buses que les permita continuar su viaje, en caso de interrupción del servicio y así la ciudadanía pueda planificar oportunamente su viaje utilizando otros medios.

El artículo del diario “La Tercera” de Santiago de Chile indica la importancia de maximizar todos los recursos posibles para facilitar la vida al ciudadano que se transporta día a día, con la implementación de una aplicación para Smartphone que indique la situación a modo real de todos los medios de transporte. Una aplicación similar podría ser considerada para los casos del Metropolitano y Metro de Lima, para que los limeños pueden realizar sus viajes sin interrupción y de la mejor manera posible.

Pastor, C. (2014) afirma que el mantenimiento de la rodadura afecta directamente a la seguridad de los vehículos ferroviarios y también supone elevados costos de reparación. A través de su metodología que consiste en la recopilación de información; análisis de datos mediante distintas herramientas (AURA Wheel, R, etc.); definición de indicadores; seguimiento y acompañamiento en la puesta en marcha de modificaciones; análisis de mejoras, análisis de sus indicadores técnicos (parámetros de perfil y diámetro, tasas de desgaste, operación reperfilado) e indicadores económicos (duración en kilómetros de la rueda, frecuencia de reperfilado y costo de mantenimiento) propuso modificar la frecuencia y criterios de reperfilado, además del giro de las unidades (material rodante) dando como resultado un desgaste más homogéneo y menor pérdida de diámetro en torno.

Este estudio nos indica con el fin de evitar un descarrilamiento, la importancia de hacer un seguimiento periódico a las ruedas ferroviarias ya que, por las particularidades de funcionamiento del Metro en Lima, éstas están sujetas a un exigente trabajo y potencial presencia de rupturas.

Montesinos, J., Beltrán P., y Pastor, J. (2012) utilizan el método ANP con beneficios, oportunidades, costos y riesgos (BOCR), el cual fue propuesto por [Saaty, 2005]. El ANP con (BOCR) es una herramienta de decisión multicriterio para tratar los problemas complejos con múltiples atributos. Se inició con descomponer el problema jerárquicamente, construyendo una jerarquía de control y una red BOCR. La jerarquía de control contiene el objetivo del problema, los criterios estratégicos (si son necesarios) y los cuatro méritos: Beneficios (B), Oportunidades (O), costos (C) y riesgos (R). Este estudio es la continuación de trabajos previos basados en AHP y ANP. En él se presenta un método para priorizar actuaciones de mejora de mantenimiento ferroviario usando modelo basado en ANP-BOCR para analizar la influencia entre criterios. Los resultados muestran cambios en las prioridades y en el grado de importancia/influencia de los criterios. Los resultados fueron relevantes para el Decisor en cuanto el ANP-BOCR mostró que parte de los criterios considerados tenían influencias muy pequeñas. Los resultados han sido satisfactorios para el decisor al ajustarse parcialmente a su percepción inicial. Después de un análisis detallado el decisor consideró que los resultados eran consistentes con su experiencia y conocimiento del problema. El decisor también encontró atractivo el estudio, aparte del valor de los resultados, por la reflexión sobre el problema que le obligo a hacer. El método ANP-BOCR produce una lista ordenada de proyectos, descartando los menos interesantes de forma eficiente, produciendo una lista de proyectos clave similar a la de AHP. Una de las ventajas de trabajar por ranking es que no es necesario comprobar que todas las alternativas son óptimas del Principio de Pareto. Una alternativa no óptima del Principio de Pareto nunca se ordenará por delante de su óptimo, pero sigue siendo preferible a otras alternativas con peor valoración. El estudio señala que ANP-BOCR se puede implementar en los Metros (Sistemas Ferroviarios) y

actualmente se está implementando mediante La Cultura Metro, los orientadores ubicados en la estación, el sistema de pago, cumplimiento del servicio sin retraso y la búsqueda de calidad en los mantenimientos.

El Instituto Nacional de Cualificaciones y el FSE Fondo Social Europeo (2012) se enfocan como objetivo realizar operaciones de montaje y mantenimiento en material rodante ferroviario, en las áreas de mecánica, neumática e hidráulica, ajustándose a procedimientos y tiempos establecidos, consiguiendo la calidad requerida y en condiciones de seguridad. Al inicio dividieron según codificación: UC0629_2: Mantener motores Diesel; UC0630_2: Mantener sistemas de suspensión y frenos de material rodante ferroviario; UC0631_2: Mantener sistemas de transmisión, apoyo, rodaje y elementos de acoplamiento de material rodante ferroviario. En cada código clasificaron: Realizaciones profesionales (RP) y criterios de realización (CR); cada RP menciona CR (criterios de realización), por ejemplo el trazado y marcado de las piezas se realizan con los útiles adecuados, aplicando las técnicas establecidas, y con la precisión requerida (son todas las consideraciones a tener en cuenta) con la finalidad de indicar la actividad a realizar: desmontar, ajustar, instalar. En el contexto profesional, se consideró: Medios de producción (Puentes grúa, elementos de elevación, tornos de ruedas de material rodante ferroviario, bancos de pruebas, sistemas de diagnóstico de ultrasonidos); productos y resultados (Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo de los sistemas de transmisión, apoyo, rodaje y elementos de acoplamiento de material rodante ferroviario, desmontaje y montaje de elementos o conjuntos mecánicos); información utilizada o generada (Manuales técnicos del fabricante, con planos parciales donde se dan valores originales. Planos totales. Listados de repuestos a utilizar). En Capacidades (C) y criterios de evaluación se refiere a: Describir el comportamiento de los diferentes elementos hidráulicos y neumáticos, utilizados en los sistemas de material rodante ferroviario para conseguir su correcto funcionamiento. Analizar el funcionamiento de los sistemas de suspensión, frenos y otros sistemas hidráulicos y neumáticos (accionamiento de puertas, retrovisores, entre otros), de material rodante

ferroviario para identificar su correcta operación; además de los conocimientos que implica cada actividad: hidráulica neumática, electrotecnia, termodinámica, etc.

Las codificaciones UC0629_2; UC0630_2; UC0631_2; son para dividir los mantenimientos según sistemas del Motor Diesel, en el Programa de Mantenimiento preventivo de los trenes Alstom Metrópolis 9000 también hay codificaciones pero numéricas con la finalidad de identificar los sistemas mecánicos, eléctricos, neumáticos y electrónicos del tren, los dos primeros números señalan el equipo del tren y los tres números después del punto señala la actividad que se realizara en el equipo del tren, por ejemplo: 13.004 el 13: señala equipo pantógrafo y 004 indica la actividad a realizar en este caso pesado del pantógrafo.

Argüeso, A. y Tamborero, J. (2012), señalan que la conservación preventiva de las vías férreas es un aspecto clave en la prestación del servicio ferroviario y que incide directamente en la calidad de dicho servicio. Las operaciones de mantenimiento preventivo pueden ser realizadas tanto de forma manual como mecánicamente, en función de la actividad programada. También señala los riesgos a los que están expuestos el personal de mantenimiento: Caídas a distinto nivel, caídas al mismo nivel, vuelco de la maquinaria (debido a sobrecarga de la maquinaria, incorrecta distribución de carga, etc.), contactos eléctricos directos de la maquinaria y operarios con catenaria o elementos en tensión, atrapamientos, aplastamientos, golpes, cortes o abrasiones con materiales o producidos por maquinaria diversa; con la finalidad de evitar accidentes propuso: medidas específicas de prevención y protección general, una de las medidas más importantes es solicitar el corte de la alimentación eléctrica de la instalación ferroviaria con objeto de eliminar el riesgo en origen. Para la desconexión eléctrica de la instalación será necesario aplicar las cinco reglas de seguridad: 1º.) Desconectar las fuentes de alimentación: Apertura de seccionadores e interruptores. 2º.) Prevenir cualquier posible realimentación: Establecer métodos de consigna (candados, llave, etc.). 3º.) Verificar la ausencia de tensión mediante pértigas de comprobación. 4º.) Poner a tierra y en cortocircuito la instalación. 5º.)

Señalar la zona afectada por los trabajos. Además hizo énfasis a los equipos de protección individual necesarios para la realización de los distintos trabajos según evaluación de riesgos. Los EPI más importantes a utilizar son: Guantes de protección (mecánica, eléctrica, térmica y frente a cortes), zapatos de seguridad aislante, gafas, casco con barbiquejo y arnés; según actividad a realizar.

El estudio realizado señala los pasos necesarios de la desconexión eléctrica, los cuales son necesarios para realizar el mantenimiento a los trenes Alstom, que son aplicados en el taller de Material Rodante, estos procedimientos están registrados de manera lógica y secuencial en el Instructivo de desalimentación, alimentación y aterramiento de los trenes Alstom Metrópolis 9000.

Atlas, F. (2012) usa la robusta herramienta SCADA (Sistema de Control y Adquisición de Datos), que brindó las soluciones a las necesidades comentadas en el proyecto de tesis “Sistema de Gestión Ferroviario (Aplicado al Material Rodante)” del metro de Buenos Aires, donde por medio de determinados puestos de trabajo ubicados estratégicamente y conectados a una red de comunicación dentro de la propia compañía, posibilitan la interacción entre los procesos de “Operación” y “Mantenimiento del Material Rodante”, dando como resultado: Medición de tiempo de respuesta de frenado de una formación frente a una señal de parada de emergencia: logrando simultáneamente la señal de disparo de emergencia y por ejemplo la velocidad de rotación de los ejes de un coche (tomando la señal del velocímetro de cabina); la medición de energía eléctrica consumida durante el período de máxima (u hora pico), para determinar los requerimientos de un convertidor/inverter adecuado para la formación; detección de sobretensiones y caracterización de las mismas en catenarias/tercer riel para el diseño de protecciones de equipos y detección de sobretensiones en catenarias para la determinación inductancias parásitas del sistema de alimentación.

El estudio utiliza SCADA al igual que la Línea 1 del Metro de Lima, esta herramienta robusta se puede observar en el Centro de Control, que es el

área que se encarga de monitorear a modo real el recorrido de todos los trenes Alstom y Ansaldo en vía principal.

García, V. (2012) aplica una metodología de cálculo en el diseño de componentes ferroviarios de un vehículo destinado al control y mantenimiento de vía férrea y catenaria. El vehículo ferroviario, objeto de estudio, es una dresina de nueva generación desarrollada por la empresa Maquivías, S.A. de España. En este proyecto, se pretende dar a conocer la metodología de diseño empleada en las empresas tecnológicas del sector ferroviario para tres tipos de componentes: bastidor, rueda y eje motor. Su proyecto consistió en proponer un vehículo ferroviario (dresina) óptimo, confiable y más moderno (con mejoras de diseño) para atender las eventuales fallas ocurridas en el metro de Madrid ya que desde la aparición de la Alta Velocidad Española (AVE) en 1992, la red ferroviaria de alta velocidad de España se ha visto incrementada notablemente con 2.665 km en servicio y muchos otros en diferentes fases de construcción. Gracias a los cálculos realizados, se conocen las uniones más solicitadas (cargas) en cada uno de los componentes de la dresina.

El estudio propone un diseño innovador que es necesario para aprovechar el gran kilometraje de vías férreas que hay en España, en Lima existen estudios para el diseño e implementación de más vías férreas, con la finalidad de alcanzar un transporte masivo sostenible de calidad en la ciudadanía limeña.

Casas, J. (2012) adapta una herramienta informática y establece un modelo de cálculo de costos de mantenimiento en función de la variable clave, la fiabilidad. A través de la teoría de cálculo de costos LCC (“Life Cycle Cost” o, en castellano “Costo de Ciclo de Vida”) definió el costo global de una instalación o equipo durante su ciclo de vida completo, incluyendo costos de adquisición y de explotación (y eliminación en su caso). En el caso del sector ferroviario, toma una especial importancia el costo del mantenimiento, tanto a la hora de la venta de este servicio o a la hora de la comparación entre diferentes ofertas. Además, hoy en día es de especial importancia en

concepto de fiabilidad en este sector, ya que cada vez aparece más en el pliego de condiciones de los equipos. Por ello, el desarrollo de una metodología de análisis de costos de mantenimiento en función de la fiabilidad y la necesaria preparación de una herramienta informática de cálculo resultaría de gran interés para administraciones, operadores/mantenedores, fabricantes, la comunidad investigadora y en general, el conjunto del sector. El mantenimiento del material rodante es un sistema muy complejo con un número de componentes muy elevado y que no deben tratarse por igual, luego de un arduo análisis comparativo, finalmente se estableció la relación entre la fiabilidad y el mantenimiento, esto lleva a que la fiabilidad es una variable fundamental para la explotación óptima de la flota de vehículos.

El estudio permite la estimación de costos para cada tipo de mantenimiento realizado en los trenes, pero no es suficiente con determinar el costo total del mantenimiento, ya que no asegura la realización del mantenimiento, hay factores logísticos importantes a considerar, por ejemplo: tiempos de tránsito (tiempo de demora de una importación), equipos especiales o insumos que siempre deben estar en stock del almacén, etc. Se debería considerar los procesos logísticos en el “Costo de Ciclo de Vida” para aumentar la etapa de explotación.

Zapata, A. (2011) menciona que los vehículos ferroviarios o trenes se caracterizan por tener un guiado automático, proporcionado por el contacto entre rueda y riel. Así, gracias a la geometría del riel y de la rueda, el tren transcurre de forma estable y seguro por la vía. Durante su uso, las ruedas de los trenes tienden a desgastarse debido al contacto con los rieles. Un desgaste excesivo puede llegar a reducir la forma del perfil de la rueda con el consiguiente riesgo de accidente por descarrilamiento. Plantea como objetivo general analizar a nivel instrumental y operacional el mantenimiento que aplica actualmente el Metro de Medellín a las ruedas ferroviarias, Además de contar con la perfiladora de ruedas, el personal del metro cuenta con el MiniProf. Luego de analizar cinco instrumentos de mantenimiento, se sugiere la implementación de un sistema de monitoreo con tecnología de

visión artificial o de escaneo láser, ya que estos sistemas ayudan a reducir notablemente los tiempos de intervención y por ende los costos de mantenimiento. El estudio nos respalda la posibilidad de utilizar el MiniProf para los trenes Alstom Metrópolis 9000 y reemplazar el uso de regletas que impide tener datos exactos; el uso del MiniProf es posible que permita un mejor análisis de la situación de las ruedas ferroviarias del tren Alstom.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (2011) menciona que trabaja bajo la premisa: “Invertir en mantenimiento, Invertir en seguridad” y proponen un cuadro comparativo de mejoras en la productividad y seguridad en Metro de Madrid, indicando que el mejorar la productividad implica establecer instalaciones más seguras, así mismo la mejora del mantenimiento de los trenes afecta de manera positiva directamente en la seguridad del usuario, señalando que: (a) Un mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo del material móvil (Mantenimiento ciclo corto y Mantenimiento ciclo largo) implica instalaciones más seguras que permiten eliminar o minimizar los riesgos; (b) La mejora de la fiabilidad de los trenes disminuye los accidentes tanto en número, como en gravedad, y (c) Mejor prestación de servicio (menor número de averías, trenes más limpios, funcionamiento de sistemas de climatización,..) en definitiva trenes más seguros implica importancia de la percepción del trabajador de la seguridad, tanto del personal de mantenimiento como de los conductores.

El estudio debería considerar la capacitación del personal en sistemas ferroviarios, con la finalidad de identificar sus cualidades y capacidades de los técnicos para luego hacerlos especialistas en determinados equipos del tren.

Soublette, G. (2011) la prioridad en su tesis “Sistemas de recuperación de energía para la Línea 1 del Metro de Santiago” es investigar sobre distintas opciones de sistemas de recuperación de energía, basados en diferentes tecnologías de acumuladores de energía, con el objetivo de mejorar el nivel de tensión en la Línea 1 del Metro de Santiago sin tener que recurrir a la instalación de nuevas subestaciones de rectificación.

Metro de Santiago, en la búsqueda de mejorar su capacidad de transporte en la Línea 1, reemplazará su actual sistema de conducción automática SACEM (Système d'aide à la conduite, à l'exploitation et à la maintenance), el cual localiza los trenes mediante secciones discretas de las vías conocidas como circuitos de vía, por un sistema de control en el que los trenes están constantemente comunicando su posición, velocidad, aceleración y sentido, CBTC (Communication Based Train Control).

Esto significa contar con un sistema que es capaz de determinar con mayor exactitud el posicionamiento de los trenes en la línea, con lo que se logra reducir la distancia mínima entre trenes, pudiendo circular más trenes en la línea.

Se determinaron factores relevantes que tienen incidencia en la capacidad de regeneración de energía de los trenes, también se estudiaron métodos para determinar la energía que puede regenerar un solo tren para, a partir de lo anterior, calcular el total de energía regenerada y por último determinar la cantidad de energía regenerada que es efectivamente reutilizada.

Se estudiaron distintas tecnologías de acumuladores de energía que son aplicables en un sistema de recuperación de energía, mostrando algunos resultados de su funcionamiento en otros metros. Para finalizar se muestra cómo implementar un modelo de simulación que incorpora el sistema de recuperación de energía, pudiendo de esta manera simular el efecto de su implementación. Actualmente en el Metro de Lima la Línea 1 tiene implementado el sistema de recuperación de energía en la catenaria, funciona cuando los trenes están en vía principal. Los trenes al traccionar o frenar generan y consumen energía eléctrica, lo cual permite aprovechar los picos de tensión.

Vilchez, M. (2010) inicia describiendo la situación del transporte en Lima “El desarrollo económico y social de las grandes metrópolis está estrechamente ligado al mejoramiento de los sistemas de transporte. La congestión, la falta de una buena infraestructura vial, un sistema de transporte gobernado por camionetas rurales (combis) que generan desorden, la falta de autoridad,

entre otros problemas, impide el crecimiento económico y social de nuestras ciudades.

Ante estos problemas, nació la idea de desarrollar el presente trabajo, el cual brinda alcances para la aplicación del Tren Eléctrico como una solución al problema del transporte”. Esta idea surge tomando como ejemplo los países desarrollados, los cuales tienen implementado un sistema de transporte masivo en amplios kilómetros de riel. Vílchez, M. propone se adicionen 42 trenes además de los 5 trenes Ansaldo, para poder prestar el servicio con las frecuencias adecuadas, además menciona 7 Líneas de Metro con el objetivo de alcanzar un Sistema Integral de Transporte Público de Pasajeros para el futuro y mejorar la situación del transporte; sin embargo con el crecimiento abismal que ocurre en la ciudad de Lima se considera que deberían de realizar más Líneas de Metro y adquirir más trenes para brindar un buen servicio con una frecuencia mínima que sea inferior a 7 minutos.

David, J. (2010) menciona uno de los accidentes más graves en trenes de alta velocidad que se haya producido y que sucedió en Eschede (Alemania) en 1998, provocando más de 100 muertes y numerosos heridos. La causa de este accidente fue una grieta que se propagó en la llanta hasta producir la rotura en servicio de la rueda. A partir de entonces, se prohibió, para trenes de alta velocidad, el uso de ruedas con bandas elásticas que amortiguaban ruidos y vibraciones. David, J. describe brevemente los defectos que aparecen en ruedas ferroviarias, sus causas y consecuencias y señala que los planos se forman por el bloqueo de una rueda con el tren en movimiento y son origen de otros defectos (térmicos, fatiga, etc.) ante la problemática propuso la detección de planos en ruedas ferroviarias por análisis de ultrasónico del Contacto - Rueda y comparó las adquisiciones sobre un mismo carril pero a diferentes frecuencias de emisión (0.5 MHz, 1 MHz y 2.25MHz), concluyendo que la frecuencia de 1MHz era la apropiada para esta aplicación ya que presenta la mejor relación señal /ruido a la máxima distancia de inspección. Este estudio señala la tecnología adecuada para inspeccionar e identificar alguna fisura o plano en la rueda ferroviaria, es necesario identificar la tecnología adecuada en las ruedas ferroviarias del

tren Alstom Metrópolis 9000 del Metro de Lima según las condiciones del servicio y poder actuar de manera oportuna ante un defecto en la rueda.

Arias, L., Carbone, A., y Sambrano, M. (2010) establecieron e implantaron dentro de Alstom un proceso para la validación y evaluación de procesos críticos de mantenimiento de los trenes a partir de los conocimientos obtenidos en la experiencia. Para alcanzar los objetivos específicos se diseñó un proceso de validación verificando que cumpla con la Norma ISO 9001. Se estableció un sistema de evaluación para obtener resultados objetivos, medibles y comparables. Se validó la adecuación de la herramienta In Situ, realizar los ajustes necesarios y se elaboró entregables (informes) para la Dirección de Calidad y Medio Ambiente. Como resultados se obtuvo el conocimiento del nivel de calidad de las reparaciones de cada taller, filtrado de acuerdo al proceso realizado. Se identificó los puntos donde se está fallando. Tanto la Dirección de Calidad como el jefe del taller identificaron en qué aspecto y específicamente en qué ítem se presentan fallas o áreas de mejora, además de que conocieron el nivel de criticidad de las mismas. Conocimiento del progreso en el nivel de calidad del proceso/taller. El resultado final de la validación permitirá realizar comparaciones del nivel de calidad entre distintos períodos, procesos y talleres lo que facilitará realizar el seguimiento y conocer el progreso a lo largo del tiempo. Este estudio permite determinar la frecuencia de las actividades de mantenimiento preventivo; es decir cada cuanto tiempo se realizara: inspección visual, lubricación, ajuste de pernos, regulación de válvulas, etc, cumpliendo con el nivel de Calidad exigidos por el ISO 9001.

Scannone, A. (2008) su tesis de “Estudio de diseño ecológico del tranvía de Angers” tiene como objetivo evaluar el impacto ambiental del tranvía en diversos aspectos tales como análisis en materiales utilizados, la reciclabilidad, declaración de sustancias nocivas y el análisis de ciclo de vida del tranvía Angers ubicado en la ciudad de Angers, en Francia.

El tren Alstom utiliza lubricantes e insumos especiales, es necesario hacer un plan de gestión de almacén, traslado y guardado de estas sustancias, con la finalidad de evitar accidentes laborales.

Martínez, R. (2007) propuso un modelo de gestión integral de mantenimiento basado en riesgo para las Vías férreas de la C.A. Metro de Caracas; su metodología empleada consistió inicialmente con la selección de un tramo de la vía considerado crítico dado sus condiciones y características propias en cuanto a envejecimiento y degradación se refiere, considerando este como el sistema de estudio, posteriormente se procedió a seccionar este tramo en sectores de vía homogéneos considerando estos como subsistemas que integran el sistema estudiado, seguidamente se procedió a la validación y corrida de un Análisis de Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad partiendo de una base de datos previamente levantada, revisada y validar con apoyo de opinión de expertos en el área, obteniendo así un primer reporte de proyección correspondiente al comportamiento del tramo seleccionado con su respectivo análisis de Sensibilidad. Así mismo, posterior a lo expuesto se procedió a realizar un análisis de riesgo, tomando como premisa para su estimación la probabilidad de ocurrencia de un evento determinado en un tramo específico y sus consecuencias asociadas y basadas primordialmente en el número de usuarios afectados ante un evento ocurrido específico y determinado, con la finalidad de establecer un orden de prioridad en cuanto a la toma de decisiones referidas al mantenimiento de las vías férreas de la empresa, así como la logística que esta infiere. El estudio enfoca las vías férreas, las cuales deben estar en excelentes condiciones para asegurar un servicio de calidad, es fundamental que las vías férreas estén libres de obstáculos u objetos porque podría ocasionar un descarrilamiento.

Urdaneta, A. (2006) diseñó un Plan de Mantenimiento para el material rodante (vehículo M1 de Siemens AG.) del Metro de Maracaibo, así como también estimó la cantidad de personal requerido, materiales y repuestos necesarios para llevar a cabo una de las actividades de mantenimiento, con

el fin de lograr la mayor disponibilidad de los vehículos durante la prestación del servicio de transporte. La tipología de mantenimiento utilizada fue el mantenimiento programado. Sus resultados obtenidos fueron para un servicio continuo: clasificación y descripción de las actividades necesarias para la realización de mantenimiento, con un personal de 30 entre (inspectores, instrumentistas, eléctricos y mecánicos).

Este estudio respalda que el Mantenimiento Programado o preventivo, es una opción para reducir costos; al mismo tiempo que implica muchos factores (tiempos, personal, insumos, herramientas) alcanzar la optimización, lo cual será evaluada en el presente trabajo.

2.2. Marco Teórico.

a. Conceptos Básicos de Mantenimiento.

Para Manzini, R, (2010) el mantenimiento es el “conjunto de actividades que deben realizarse a instalaciones y equipos, con el fin de corregir o prevenir fallas, buscando que estos continúen prestando el servicio para el cual fueron diseñados” Como los equipos no pueden mantenerse en buen funcionamiento por sí solos, se debe contar con un grupo de personas que se encarguen de ellos, conformando así las Áreas de Mantenimiento en las empresas.

Así también para Bruce,R. (2012) “El mantenimiento es la combinación de todos los aspectos técnicos, acciones administrativas y de gestión durante el ciclo de vida de un equipo con la intención de mantener, o restaurarlo a un estado en el que se puede realizar la función requerida”. Entre los tipos de mantenimiento está el mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo y mantenimiento predictivo. La tesis se enfoca en los procedimientos de mantenimiento preventivo contempladas en la actividad I1 de los trenes Alstom Metrópolis del Metro 1 de Lima.

b. Mantenimiento Preventivo.

Este mantenimiento consiste en la realización de inspecciones periódicas sobre los equipos, teniendo en cuenta que todas las partes de un mecanismo se desgastan en forma desigual y es necesario atenderlos para garantizar su buen funcionamiento [Cuartas, L, 2008].

El mantenimiento preventivo se hace mediante un programa de actividades (revisiones y lubricación) con el fin de anticipar fallas en el equipo. Tiene en cuenta cuales actividades se deben realizar sobre el equipo en marcha o cuando esté detenido [Manzini, R, 2010].

Cuando un sistema es propenso al deterioro, el mantenimiento preventivo puede reducir los costos de mantenimiento y mejorar la disponibilidad del sistema. Para tal sistema, el objetivo del gestor de mantenimiento es de estimar la prevención óptima del programa de mantenimiento [Ben-Daya, M, 2009].

La implementación de un plan de mantenimiento preventivo se justifica por la gran cantidad de ventajas que se obtienen de su aplicación, pudiendo mencionarse los siguientes:

- Menor tiempo perdido, hay menos paros imprevistos.
- Disminuye los costos de reparaciones y de los defectos sencillos realizados antes de los paros imprevistos.
- Disminuye los pagos por tiempo extra de los trabajadores de mantenimiento en ajustes ordinarios y en reparaciones en paros imprevistos.
- Identificación del equipo que origina gastos de mantenimiento exagerados, pudiéndose así señalar las necesidades de un trabajo de mantenimiento correctivo para el mismo, un mejor adiestramiento del operador, o bien, el reemplazo de máquinas anticuadas.
- Mayor seguridad para los técnicos y mejor protección para el taller.
- Conocer anticipadamente el costo por mantenimiento.

- El mantenimiento preventivo es la opción a la reducción de gastos, pero eso dependerá mucho del equipo al cual se aplique este tipo de mantenimiento, por ejemplo, no siempre es conveniente aplicar el Mantenimiento Preventivo a los motores eléctricos de baja potencia. En estos casos, conviene rodarlos hasta lo último debido a que su mantenimiento resultaría muy costoso.

Según [Moblely, R., 2004], los elementos necesarios para el establecimiento de un programa de mantenimiento preventivo son:

- Cada equipo identificado por el número de serie y tipo de producto.
- Registros de mantenimientos de los equipos.
- Información de incumplimiento por parte de un problema / causa / acción.
- Datos de la experiencia en equipos similares.
- Intervalos y recomendaciones del procedimiento según el fabricante.
- Manuales de Servicio.
- Consumibles y piezas reemplazables.
- El personal de expertos.
- Instrumentos de prueba adecuados y herramientas.
- Instrucciones claras con una lista para ser firmados.
- Cooperación.
- Usuario.
- Apoyo a la gestión.

Cuando se requiera la documentación para atender los trabajos de mantenimiento, un sistema básicamente simple es aquel que satisfaga los requisitos esenciales que proporciona respuestas a cuatro preguntas [Dunlop, L ,1990]:

- ¿Qué se dará mantenimiento?
- ¿Cómo se realizará el mantenimiento?
- ¿Cuándo se realizará el mantenimiento?
- ¿Es eficaz el mantenimiento?

c. Mantenimiento Predictivo.

El mantenimiento predictivo es un proceso que requiere tanto la tecnología y las habilidades humanas. Usará una combinación de todos los diagnósticos disponibles y los datos de rendimiento, historial de mantenimiento, registros de operador y los datos de diseño para hacer decisiones oportunas acerca de los requisitos de mantenimiento de equipo pesado [Kobbacy, K. 2008].

d. Mantenimiento Correctivo.

Es aquel mantenimiento encaminado a corregir una falla que se presente en un determinado momento. Su función principal es poner en marcha el equipo lo más rápido posible y al mínimo costo posible. Para que este mantenimiento tenga éxito se deberá estudiar la causa del problema, estudiar las diferentes alternativas para su reparación y planear el trabajo con el personal y equipos disponibles [Cuartas Pérez, L. 2008].

e. Indicadores

Se usa un indicador (de la palabra griega "indicare", que significa señalar, anunciar, notificar) para medir o evaluar una característica particular de interés. Por ejemplo, con un instrumento o indicador, como un velocímetro, la aguja en la escala indica la velocidad de un vehículo, con cierto grado de precisión. Específicamente, el indicador se entiende como la variable que se mide y visualiza en la aguja, en este caso la velocidad del vehículo, medida en kilómetros (o millas) por hora (km / h o mph). La velocidad se muestra como una posición de la aguja en la pantalla, pero también podría ser ilustrada de otras formas, por ejemplo, con dígitos, colores, imágenes o incluso sonidos.

Un indicador es una variable, o una combinación de variables, seleccionada para representar una cuestión más amplia o característica de interés.

Esta definición subraya la importancia de los indicadores para reflejar una cuestión o una característica específica (como la sostenibilidad) o un problema (como la seguridad del tránsito). El término "más amplio" se utiliza ya que a menudo no es posible medir directamente un problema o problemas. Aquí más amplio significa "más allá de lo que se puede captar completamente en una sola medida". Se incluye la palabra "seleccionado", ya que los indicadores nunca son representaciones puras o neutras en cuanto al valor; Son seleccionados por diversas razones, y por lo tanto inevitablemente tienen aspectos subjetivos a ellos, ocultos o no. El elemento central de un indicador es la unidad por la que se mide el indicador. La variable debe tener un vínculo conceptual claro con el fenómeno (tal como "velocidad" es una dimensión clave de viajar en algún lugar en el espacio y el tiempo) para ser su indicador. Una variable se define de nuevo como una representación operacional (digamos, km / h) de un atributo (digamos, velocidad), que puede asumir valores diferentes (por ejemplo, de 0 a 200 km / h). Un indicador suele ser una variable cuantitativa, como la velocidad, la concentración o el costo, pero no es necesario. [Gudmundsson,H. Ralph P., Marsden G. , Zietsman J. ,2016]

f. Indicador de productividad

La productividad laboral consiste en el aumento o disminución de los rendimientos originados de las variaciones de trabajo, el capital, la técnica y cualquier otro factor.

La productividad es la relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción. También puede ser definida como la relación entre los resultados y el tiempo utilizado para obtenerlos: cuanto menor sea el tiempo que lleve obtener el resultado deseado, más productivo es el sistema. En realidad, la productividad debe ser definida como el indicador de eficiencia que relaciona la cantidad de recursos utilizados con la cantidad de producción obtenida [Definición en ABC].

g. Trenes de Material Rodante

En el taller de Material Rodante se realiza el mantenimiento de los trenes Ansaldo y Alstom Metrópolis 9000. Los trenes Alstom Metrópolis 9000 son traídos desde España y los trenes Ansaldo Breda son tecnología italiana.

Ambos modelos de tren, tienen una programación de mantenimiento, la cual se realiza considerando las diferencias de sus características técnicas, para determinar la cantidad de suministros a utilizar según necesidad.

En el siguiente cuadro comparativo se observa las características principales de los trenes Alstom y Ansaldo.

Tabla 1: Dimensiones de los trenes Alstom Metrópolis 9000 y Ansaldo Breda

DETALLE	ALSTOM		ANSALDO	
	Motriz	Remolque	Motriz	Remolque
Cantidad de bogies	2	2	2	2
Cantidad de vagones	4	1	4	2
Cantidad de motores	4	0	2	0
Cantidad de ejes	16	4	16	8
Cantidad de ruedas	32	8	32	16
Cantidad de pastillas de freno	32	8	64	32
Distancia entre ejes [mm]	2000	2000	2200	2200
Diámetro rueda nueva [mm]	840	840	820	820
Diámetro mínimo rueda [mm]	770	770	760	760
Ancho de vía (trocha) [mm]	1435	1435	1435	1435
Separación de ruedas [mm]	1360	1360	1360	1360
Carga máxima por eje [ton]	14	14	12	12
Peso máximo con motor [ton]	7,5	5,3	8	5,05
Longitud total [mm]	3440	3440	3900	3700
Ancho total [mm]	2550	2550	2700	2650

Fuente: Alstom 2012

En el cuadro se aprecia que el tren Alstom Metrópolis 9000 est  conformado por 5 coches (4 coches motriz y un coche remolque) y el tren Ansaldo est  conformado por 6 coches (4 coches motriz y 2 coches remolque).

h. Especificaciones Técnicas del Tren Alstom Metrópolis 9000.

Cada uno de los trenes ALSTOM Metrópolis 9000 que recorren la Línea 1 del Metro de Lima está conformado por cinco coches denominados Ma1-Mb1-R-Mb2-Ma2, donde:

- Ma1 y Ma2 son coches motores (cada coche posee 4 motores, es decir: un motor por eje) con puesto de conducción. Disponen, cada coche motor, de 1 enganche de unión automático en el extremo de cabina (para realizar la unión mecánica, neumática y eléctrica con otra unidad de tren de la misma serie suministrada por ALSTOM Metrópolis 9000 o mecánica y neumática con los trenes existentes).
- Mb1 y Mb2 son coches motores intermedios con pantógrafo (encargado de recibir los 1500 Vcc de la catenaria).
- R es un coche remolque intermedio (sin motor, no posee tracción).

La configuración t pica del tren Alstom Metrópolis 9000 se muestra en la Ilustración 1 (Ver Anexo 2).

Figura 1: Configuración del tren



Fuente: Alstom (2012)

Este material rodante (tren) deriva de la gama Metrópolis de ALSTOM. Transporte, caracterizado por la estructura de la caja fabricada con perfiles estándares de aluminio. Las partes de la estructura sujetas a mayores sollicitaciones son de acero. Las ventanas forman una banda continua de

vidrio entre las puertas. La composición es modular, especialmente bajo bastidor, constituido por módulos grandes y bastante autónomos o independientes. Estos trenes están concebidos para prestar servicio comercial en la Línea 1 del Metro de Lima [[Manual de Generalidades](#)].

Las dimensiones principales del tren Alstom quedan indicadas de forma genérica en la Tabla N° 2.

Tabla 2: Dimensiones de los Trenes Alstom Metrópolis 9000

Dimensión	Alstom	
	Motriz	Remolque
Distancia entre ejes [mm]	2000	2000
Diámetro rueda nueva [mm]	840	840
Diámetro mínimo rueda [mm]	770	770
Ancho de vía (trocha) [mm]	1435	1435
Separación de ruedas [mm]	1360	1360
Peso máximo con motor [ton]	7.5	5.3
Longitud total [mm]	3440	3440
Ancho total [mm]	2550	2550

Fuente: Alstom (2012)

El tren Alstom Metrópolis 9000 se divide claramente en tres zonas de trabajo: Techo, Caja y Bajo bastidor.

En cada zona hay un conjunto de equipos indispensables que requieren de un correcto mantenimiento para conseguir un eficiente funcionamiento del tren ALSTOM y cumplir con la satisfacción de los clientes según capacidad del tren [[Manual de Calado](#)].

i. Funcionamiento del tren Alstom Metrópolis 9000.

El tren ALSTOM Metrópolis 9000 para funcionar requiere de una tensión de 1500 Vcc. Estando en línea eleva el pantógrafo a través del compresor

auxiliar, alimentando con 1500 Vcc a los convertidores estáticos los cuales generan una tensión de 400 Vac, 220 Vac y 72 Vcc para poder alimentar los equipos del tren, tales como: el compresor principal (trabaja a 400 Vac) que genera una presión de 8 bar a 10 bar para alimentar de aire al sistema de frenado y suspensión; los sistemas de ventilación (trabaja a 400 Vac) de los equipos electrónicos de potencia (marca ONIX); iluminación de coches 220 Vac, climatización 400 Vac, y carga batería 72 Vcc.

Una vez alimentados los equipos con el convertidor estático y teniendo aire comprimido, se realiza el test de funcionamiento que consiste en una serie de pruebas en: puertas, iluminación, niveles de frenado, aire acondicionado, comunicación, etc. Si no se registra averías durante las pruebas de funcionamiento, el tren está en condiciones de recorrer la línea.

El tren cuenta con un sistema de ATP (Protección Automática del Tren) con la finalidad de maximizar la seguridad de funcionamiento durante su recorrido.

j. Mantenimientos que se realizan en el área de Material Rodante

Los trenes son un medio de transporte masivo de personas, por lo tanto es muy importante cumplir con los mantenimientos según recomendación del fabricante en función del kilometraje recorrido.

En el Área de Material Rodante de la Línea 1 del Metro de Lima, se realiza el mantenimiento preventivo de los trenes Alstom Metrópolis 9000 según el kilometraje recorrido.

Es fundamental registrar el kilometraje de cada uno de los trenes para poder programar los mantenimientos respectivos.

A mayor kilometraje se realizará un mantenimiento con más cantidad de actividades, por lo tanto, se realizará en un rango de tiempo mayor.

Para determinar el tipo de mantenimiento que se realizará, se considera el kilometraje recorrido según lo que se muestra en la Tabla N° 3.

Tabla 3: Tipo de Mantenimiento según kilometraje recorrido

Tipo	Frecuencia (Km)
I1	12,500
I2	37,500
I3	75,000
IM1	150,000
IM2	300,000
IM3	600,000
OH1	900,000
OH2	1,200,000
MV	1,800,000
OH3	2,400,000

Fuente: Alstom Documentación (2012)

Se debe considerar una tolerancia de 10 % respecto al kilometraje al realizar el mantenimiento de los trenes ALSTOM Metrópolis 9000 por recomendación del fabricante [Plan de Mantenimiento SPA].

k. Actividad de Mantenimiento I1

La I1 (Intervención 1) es un conjunto de actividades de mantenimiento preventivo (definidas por el fabricante) que se realiza a los trenes Alstom Metrópolis 9000 cada 12,500 km de recorrido. El trabajo de mantenimiento de Tren Alstom Metrópolis 9000 es realizado por técnicos mecánicos, eléctricos, neumáticos y electrónicos; los técnicos realizan trabajos en bajo bastidor (parte baja del tren), caja (dentro del tren al interior de los coches) y techo (sobre el techo del tren) [Manual de Generalidades].

Los mantenimientos realizados en el tren Alstom Metrópolis 9000, tienen una cartilla elaborada donde dividen los equipos del tren según coche, número de

actividad y mediante un check se señala que se realizó la actividad. Esta actividad I1 se realiza retirando el tren de la vía principal para darle mantenimiento en el taller de M.R. durante el día por facilidad de suministros, maniobras y con presencia de personal técnico del fabricante.

En el siguiente cuadro se puede resumir el contenido de las actividades de los mantenimientos preventivos.

Tabla 4: Contenido de actividades de mantenimiento según clasificación

Intervención 1 (I1)	Intervención 2 (I2)	Intervención 3 (I3)
Inspección visual	Inspección visual + Limpieza de los componentes de bajo bastidor.	Inspección visual + Limpieza de los componentes bajo bastidor + limpieza de AA.AA y medición;
Inspección visual	Es decir I1+ limpieza.	es decir I1+I2 + AA.AA y medición

Fuente: Elaboración Propia

Durante el año se realiza diferentes actividades de Mantenimiento (I1, I2, I3, etc.), según los mantenimientos realizados al año en los trenes Alstom Metrópolis 9000, se obtiene el siguiente cuadro de resumen, en el cual se puede observar que durante el año se realiza aproximadamente 8 (ocho) Actividades de Mantenimiento I1. Esto permite determinar que el estudio del Mantenimiento Preventivo de la Actividad I1, será más beneficioso.

En el siguiente cuadro se puede visualizar a que frecuencia son realizadas en el Taller de Material Rodante las actividades de mantenimiento preventivo (I1, I2, I3 e IM1) en los trenes Alstom Metrópolis 9000 durante el año:

Tabla 5: Frecuencia de los tipos de Mantenimiento Preventivo realizado en un año, en los trenes Alstom Metrópolis 9000

Tipo	Kilometraje (Km)	Frecuencia (Tiempo)
I1	12,500	30 días
I1	25,000	30 días
I2	37,500	30 días
I1	50,000	30 días
I1	62,500	30 días
I3	75,000	30 días
I1	87,500	30 días
I1	100,000	30 días
I2	112,500	30 días
I1	125,000	30 días
I1	137,500	30 días
IM1	150,000	30 días

Fuente: Concar (2013)

Actividad de Mantenimiento Preventivo I1

En la siguiente Tabla se indica las actividades de Mantenimiento I1, en forma ordenada, según su ubicación en el tren (bajo bastidor, caja y techo) y sealando el equipo que será intervenido (pantógrafo, ruedas, panel neumático, etc.)

Tabla 6: Actividades de Mantenimiento realizadas en la I1

Actividad	Equipo	Descripción de actividades en Bajo Bastidor
02.174	Caja Exterior	Comprobación general de fijaciones, verificando marcas de par de apriete.
03.007	Reductor	Comprobación de los agujeros de purga de agua en las tapas laberínticas.
03.026	Bogíes	Inspección visual del cableado de bogíes.
03.101.	Eje	Inspección visual del eje.
03.102	Caja de grasa	Inspección visual de caja de grasas.
03.104.	Rueda	Inspección visual de la rueda.
03.106	Suspensión	Inspección visual de los elementos suspensión y fijaciones.
03.111.	Biela de Tracción	Inspección visual (daños, articulaciones y fijaciones mecánicas) de la biela de reacción
03.125	ATP	Inspección visual de los soportes de las antenas, estado de antenas, fijaciones y cableado.
07.022	Panel neumático	Comprobar estado visualmente. (I1) Transductores
07.024	Panel neumático	Accionar la maneta y verificar la ausencia de fugas.
07.042	Panel neumático	Accionar la maneta y comprobar la indicación en cabina.
Actividad	Equipo	Descripción de actividades en Caja
02.173	Pasillo de Intercir.	Inspección visual del pasillo de inter circulación.
04.003	Puerta acceso	Inspección del funcionamiento de las puertas de acceso.
04.004	Puerta acceso	Test de detección de obstáculos.
04.005	Puerta acceso	Verificación del funcionamiento de los sistemas de seguridad (Mandos de socorro interior y exterior y detectores de posición de puertas EED y EAD).
05.004	Caja Interior	Verificar estado de las ventanas.
05.006	Caja Interior	Comprobar el estado y fijaciones de los asientos.
05.023	Caja Interior	Comprobar el estado de la dotación del tren reglamentaria. Sustituir o reponer los elementos en caso necesario.
05.024	Caja Interior	Inspección de extintores.
05.025	Caja Interior	Inspección y reposición de pictogramas si es necesario.
05.026	Caja Interior	Inspección de los revestimientos interiores.
06.001	Climatización	Sustitución de los filtros de aire.
09.049	Cesis	Extracción y análisis de los registros de la caja negra.
12.006	TCMS	Comprobación del correcto funcionamiento del sistema, así como de la comunicación con todos los equipos.
Actividad	Equipo	Descripción de actividades en Techo
13.001	Pantógrafo	Verificación del estado de las bandas de contacto y de los cuernos extremos.
13.002	Pantógrafo	Verificación del estado de conexiones flexibles, cables, trenzas y uniones atornilladas.
13.004	Pantógrafo	Control de funcionamiento.
13.009	Pantógrafo	Examen visual general de las piezas principales (bastidor, sistema articulado) en búsqueda de piezas deformadas, fisuradas o con choques.
14.016	Cadena de Tracción	Inspección general de resistencia de freno.

Fuente: Elaboración Propia

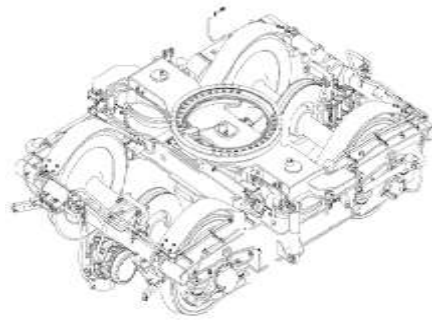
Descripción de actividades de Mantenimiento I1 en bajo bastidor

A continuación, se describe las actividades de mantenimiento Preventivo I1 en bajo bastidor, según la codificación establecida en el manual del fabricante:

03.026. Inspección visual del cableado de bogíes.

Asegurarse de que todos los componentes de fijación estén presentes, en buen estado y que los cables estén fijados con seguridad al bogie. Sustituir o reapretar las fijaciones según la necesidad.

Figura 2: Bogie tracción



Fuente: Alstom (2010)

03.104. Inspección visual de la rueda.

Examinar la pestaña de la rueda, la base y la llanta en busca de daños como planos, fisuras, cavidades, zozobra y otros defectos.

Figura 3: Planos de las ruedas



Fuente: Alstom (2010)

03.101. Inspección visual del eje

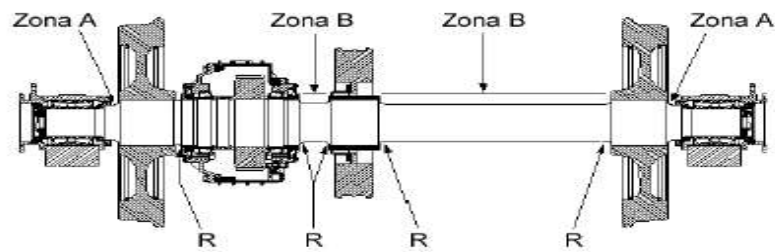
Examinar las áreas visibles del eje (A) y (B) buscando signos de corrosión, muescas, rayaduras y estrías (principalmente en cambios de sección).

A y R: radios de transición.

03.102 Inspección visual de caja de grasas.

Examinar en la caja grasa, torques de los pernos. Si esta movido la marca de par de apriete.

Figura 4: Eje y caja de grasa

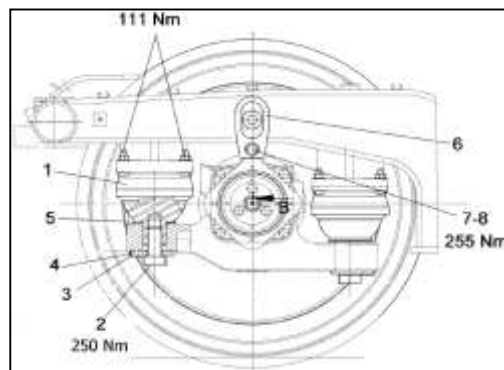


Fuente: Alstom (2010)

03.106 - Inspección visual de los elementos suspensión y fijaciones.

- Verificar visualmente el estado general del muelle cónico.
- Asegurarse de que todas las fijaciones estén en su lugar y en buen estado.
- Reapretar o sustituir cualquier fijación floja o perdida.

Figura 5: Elementos de suspensión

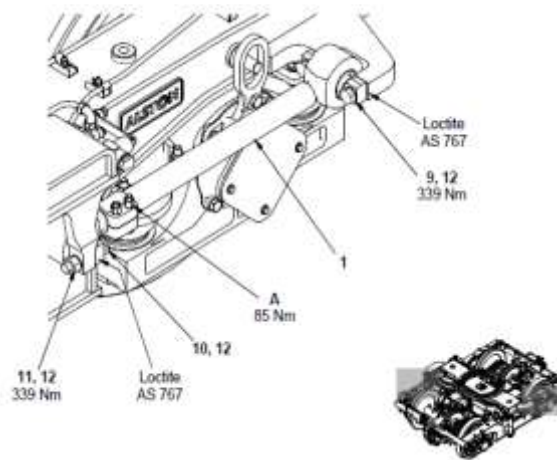


Fuente: Alstom (2012)

03.111. Inspección visual (daños, articulaciones y fijaciones mecánicas) de la biela de reacción

- Inspeccionar visualmente la seguridad de las fijaciones de la biela de tracción. Reapretar o sustituir las fijaciones flojas o perdidas.
- Verificar el estado de los rodamientos esfero elásticos. Informar sobre cualquier signo de daño corrosión.

Figura 6: Biela de reacción



Fuente: Alstom (2012)

03.007 - Comprobación de los agujeros de purga de agua en las tapas laberínticas (I1).

- Verificar que los agujeros de purga de agua de las tapas laberínticas estén limpios. Desbloquear en caso de necesidad.
- En caso de obstrucción de agujeros de purga, usar útil para su limpieza.

Figura 7: Agujeros de purga del reductor



Fuente: Alstom (2012)

03.125 - Inspección visual de los soportes de las antenas, estado de antenas, fijaciones y cableado. (I1)

- Verificar la presencia y la seguridad de las antenas en el soporte. Sustituir o reapretar las fijaciones según la necesidad.
- Verificar las antenas ATP en busca de daños debidos a impactos.

Considerar: Tacómetro y sensor tren stop.

Figura 8: Antenas ATP



Fuente: Alstom (2012)

02.174 - Comprobación general de fijaciones, verificando marcas de par de apriete. (I1)

- Realizar una comprobación general de las fijaciones bajo bastidor, verificando las marcas de par de apriete.(Anexo 3)
- Verificar el estado de los cierres de los cofres.

Figura 9: Bajo bastidor, par de apriete en cajas

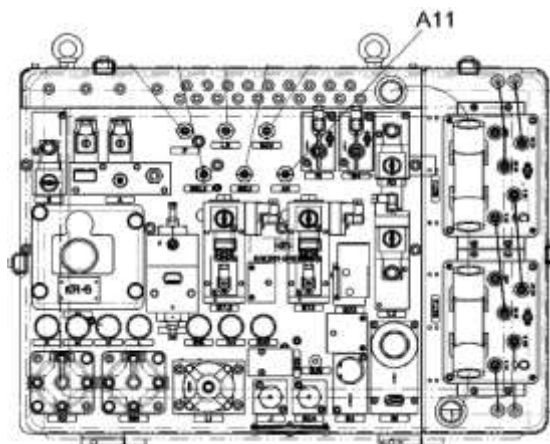


Fuente: Propia

07.022 – Comprobar estado visualmente. (I1) Transductores

- Comprobar el estado exterior de cada uno de los transductores. Ubicados en los paneles de freno de los coches Ma, Mb y R.
- Comprobar el correcto estado de los cables y conectores (Anexo 4).

Figura 10: Panel Neumático

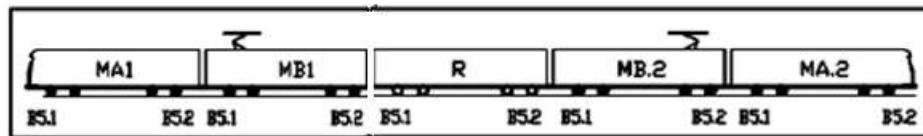


Fuente: Alstom (2010)

07.024 – Accionar la maneta y verificar la ausencia de fugas.

- Accionar la maneta siempre hasta el tope de su zona de giro. Las posiciones intermedias deterioran la junta (e1) y el contra cojinete (e2), y podrían provocar que la llave dejase de ser hermética.
- Con la presión de servicio máxima permitida, controlar la hermeticidad verificando la ausencia de fugas, escuchar presencia de ruido.

Figura 11: Ubicación de llave aislamiento neumático

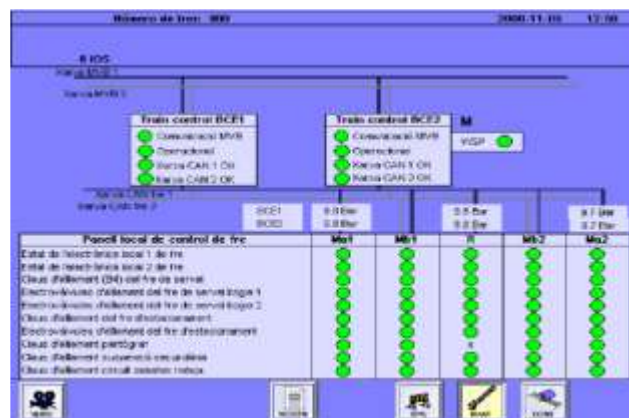


Fuente: Alstom (2010)

07.042 – Accionar la maneta y comprobar la indicación en cabina. (I1)

- Acceder a las llaves de paso del tipo DH-12-T-E-S1 de KNORR, ubicadas en los paneles de freno de todos los coches.
- Para cada llave de paso, girar la maneta, provocando la activación de su correspondiente micro.
- Comprobar que la señal procedente del micro de cada llave de paso es recibida en la correspondiente pantalla de la DDU en cabina.

Figura 12: Panel de mantenimiento, activación y desactivación de equipos neumáticos



Fuente: Alstom (2010)

Descripción de actividades de Mantenimiento I1 en caja

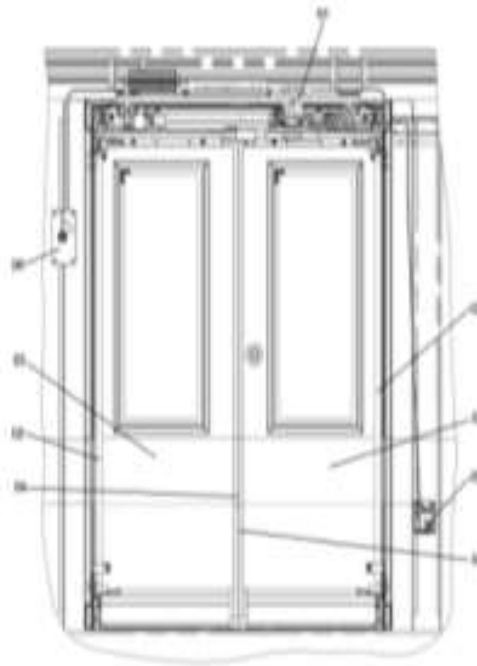
Estas actividades se realizan con tren habilitado. Es la inspección interna de los coches de los trenes Alstom Metrópolis 9000

04.003 - Inspección del funcionamiento de las puertas de acceso.

Abrir manualmente la puerta y ejecutar una orden de cierre de puerta, comprobando los siguientes puntos:

- a) La regularidad del movimiento de las hojas de la puerta y la ausencia de ruidos anormales y puntos duros.
- b) El tiempo de cierre, que debe ser de 2.5 segundos.
- c) El cierre completo de la puerta, con amortiguación en el tope fin de carrera.
- d) El correcto funcionamiento del sistema de enclavamiento y de la alineación de las hojas con la cara del coche al final del cierre.

Figura 13: Puertas de acceso del tren Alstom Metrópolis 9000



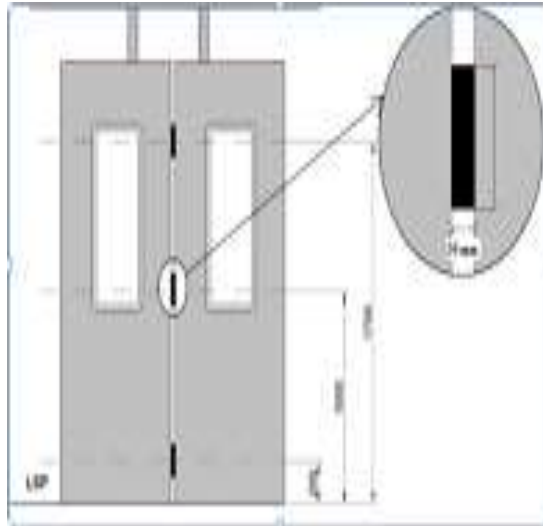
Fuente: Alstom (2010)

04.004 - Test de detección de obstáculos.

- Abrir la puerta de acceso.

- Colocar galga 30 mm (3 cm), posicionado tal y como se muestra en la Figura 14, en las siguientes cotas respecto a la LSP (Línea Superior de Plataforma): 200 mm, 1,000 mm y 1,700 mm.

Figura 14: Comprobación de reapertura por detección de obstáculos

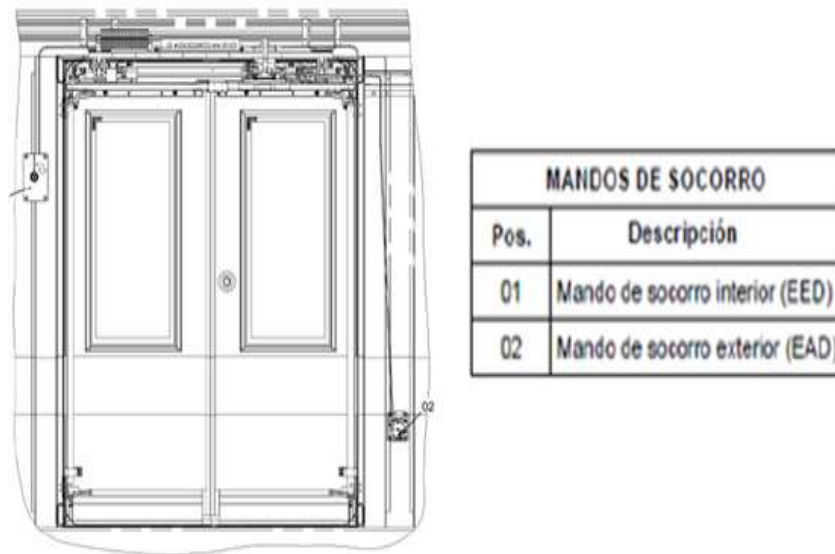


Fuente: Alstom (2010)

04.005 - Verificación del funcionamiento de los sistemas de seguridad (Mandos de socorro interior y exterior y detectores de posición de puertas EED y EAD).

- Activar manualmente el mando de socorro interior, luego cerrar puertas en general desde DDU.
- Activar manualmente el mando de socorro exterior, luego cerrar desde DDU.

Figura 15: Ubicación del EED y EAD

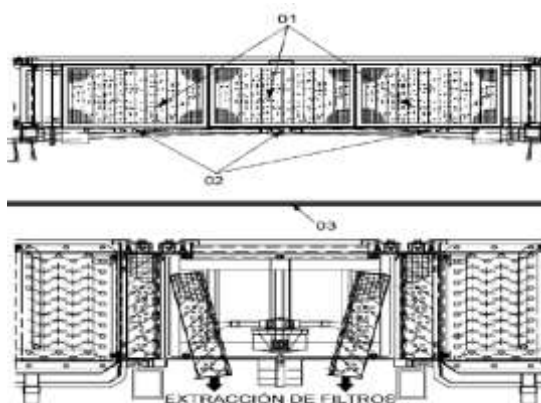


Fuente: Alstom (2010)

06.001 - Sustitución de los filtros de aire.

- Posicionar los filtros y empujarlos hasta su ubicación en el interior del equipo compacto de manera inversa a la realizada para su extracción.
- Cerrar los cierres rápidos a presión.
- Subir las trampillas del revestimiento de techo.

Figura 16: Filtros de aire



Fuente: Alstom (2010)

02.173 - Inspección visual del pasillo de inter circulación.

- Controlar visualmente el estado de los perfiles de aluminio del fuelle, que no estén rotos.
- Controlar visualmente la fijación del tejido del fuelle, que no esté desencajado de su moldura de aluminio.
- Controlar visualmente el estado del tejido del fuelle, que la tela no presente rajaduras y/o agujeros.

05.004 - Verificar estado de las ventanas.

- Revisar visualmente el estado general de las ventanas de cada coche, prestando especial atención a posibles grietas en los cristales que puedan provocar futuras roturas en las ventanas.
- Comprobar el estado del film anti-vandálico.
- Comprobar el estado de los elementos decorativos

05.026 - Inspección de los revestimientos interiores.

Que no presenten ralladuras, quemaduras o deterioros de importancia. En caso de encontrarlos, proceder a su reparación. En caso de no ser posible la reparación, reemplazar los elementos dañados.

Figura 17: Caja interior del tren Alstom Metropolis 9000



Fuente: Propia

05.006 - Comprobar el estado y fijaciones de los asientos.

Realizar un examen visual en busca de:

- a) Tornillos o tuercas flojas (reapretar o sustituir fijaciones, aplicando LOCTITE 243 a las roscas).
- b) Roturas de los carenados (para reparación ver ficha 05.008, Anexo 5).
- c) Manchas y suciedad en general (Limpiar con trapo seco o aspiradora).

En caso de no ser posible la reparación de algún asiento, proceder a su sustitución.

05.024 - Inspección de extintores.

- Localizar la ubicación de todos los extintores de la UT (un extintor en cada coche).
- Limpiar el extintor, verificando el buen estado general del conjunto y el correcto precintado.
- Verificar la presión del manómetro (debe estar en la zona verde, o por encima de ella).
- Verificar la fecha de caducidad, la cual debe ser posterior a la de la siguiente inspección programada de extintores. En caso de que no se llegue a dicha fecha, debe sustituirse el extintor.

Figura 18: Extintor



Fuente: Propia

05.025 - Inspección y reposición de pictogramas si es necesario.

- Comprobar que no falta ninguna inscripción.

- Verificar el correcto estado de las señales.
- Comprobar que las señales no presentan signos de deterioro.
- En caso de que algún pictograma falte o esté dañado, colocar uno nuevo.
- Prestar especial atención a las indicaciones de seguridad.

Figura 19: Pictogramas

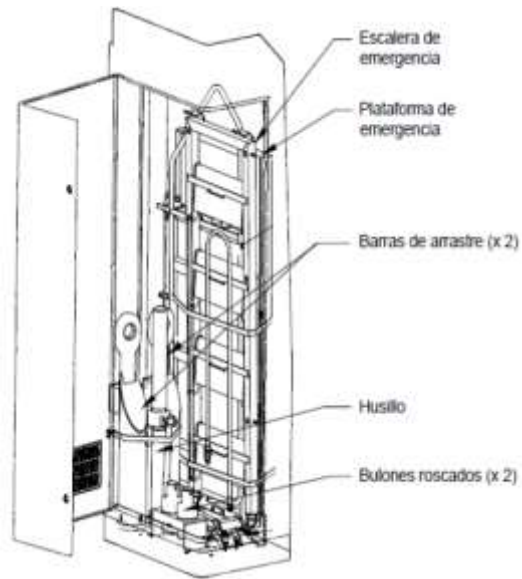


Fuente: Propia

05.023 - Comprobar el estado de la dotación del tren reglamentaria. Sustituir o reponer los elementos en caso necesario.

Comprobar la existencia y el correcto estado de la dotación, tanto de la cabina de conducción (coches Ma1 y Ma2), como la incluida en los correspondientes armarios de dotación de los coches Mb1 y Mb2, así como de cualquier otro elemento de dotación reglamentario.

Figura 20: Caja de dotación



Fuente: Alstom (2010)

09.049 – Extracción y análisis de los registros de la caja negra.

- Conectar cable Ethernet a la laptop.
- Ingresar al icono UCESLIM
- Descargar datos del CESIS.

Figura 21: Cesis

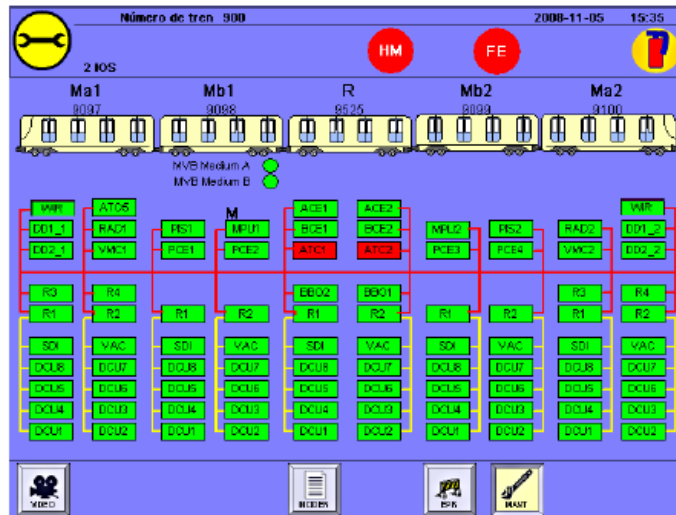


Fuente: Alstom (2010)

12.006 - Comprobación del correcto funcionamiento del sistema, así como de la comunicación con todos los equipos.

Acceder a la siguiente pantalla de mantenimiento en la DDU: Pantalla L1S_MVB de "Mantenimiento de la red MVB" (y de las líneas serie RS485).

Figura 22: Pantalla de mantenimiento red MVB



Fuente: Alstom (2010)

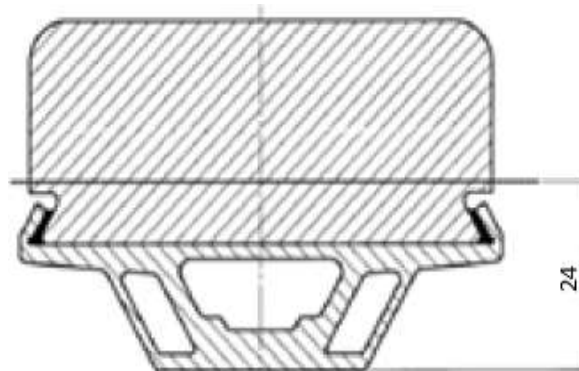
Descripción de actividades de Mantenimiento I1 en Techo

Son actividades que requieren maniobra del tren, con el fin de tener acceso directo al pantógrafo desde la plataforma superior.

13.001 - Verificación del estado de las bandas de contacto y de los cuernos extremos.

- Inspección visual de las bandas de contacto en busca de daños y desgaste.
- Comprobar con detenimiento el estado de las bandas de contacto (01). El desgaste de las bandas de contacto debe ser uniforme.

Figura 23: Límite de carbón de pantógrafo



Fuente: Alstom (2010)

13.002 - Verificación del estado de conexiones flexibles, cables, trenzas y uniones atornilladas.

- Verificar el montaje y apriete correctos de las fijaciones.
- Comprobar la presencia de grasa entre patas y conexiones. Engrasar si es necesario (usar grasa contacto de cobre o similar).
- Verificar que el estañado de las patas de fijación de las trenzas es correcto.
- Comprobar la ausencia de tornillos de fijación dañados y que tengan un asiento fijo, especialmente en el caso de la fijación de los frotadores y las uniones de la mesilla.
- Reapretar o cambiar fijaciones en caso necesario.

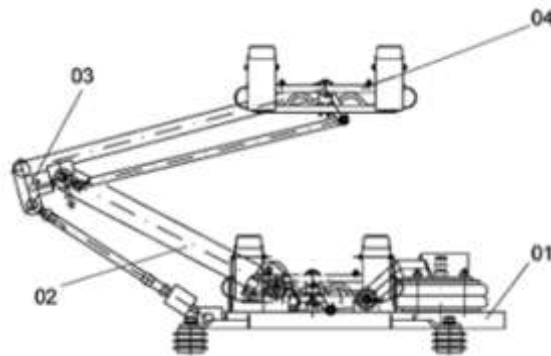
13.004 - Control de funcionamiento.

- Verificar un funcionamiento regular sin sacudidas del pantógrafo, realizando sucesivamente varios ciclos de elevación-descenso.

13.009 - Examen visual general de las piezas principales (bastidor, sistema articulado) en búsqueda de piezas deformadas, fisuradas o con choques.

- Examinar visualmente el bastidor (01) en busca de piezas deformadas, fisuradas o con choques.
- Examinar visualmente el sistema articulado en busca de piezas deformadas, fisuradas o con choques.

Figura 24: Elementos de pantógrafo

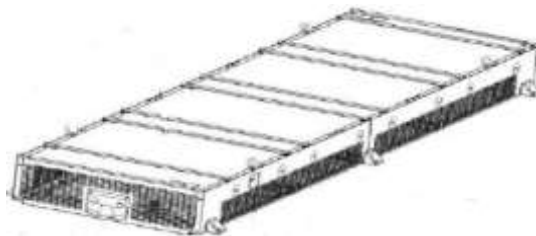


(1) Bastidor, (2) Articulación inferior y mecanismo, (3) Articulación central, (4) Articulación Central. **Fuente:** Alstom (2010)

14.016 - Inspección general de resistencia de freno.

- Comprobar la integridad del cofre y que las rejillas de entrada/salida no se encuentran obstruidas por cuerpos extraños.
- Comprobar visualmente el estado de los materiales aislantes.

Figura 25: Resistencia de freno



Fuente: Alstom (2010)

Los procedimientos I2, I3, IM1 son información confidencial y la empresa prohíbe mostrar información. A continuación, solo como referencia, se mencionara actividades específicas de cada mantenimiento y de manera puntual.

Actividades de mantenimiento I2:

En el tren Alstom se realiza todas las actividades anteriores mencionadas en la Actividad I1, pero, además:

Tabla 7: Contenido de actividades I2

Equipo	N° Actividad	Descripción de Actividad
Corona	03.030	Engrase de la corona de Unión
Engrase de pestaña	03.129	Inspección general (abrir stick, comprobar cartuchos, limpiar y cambiar el muelle en caso necesario)
Acople	02.034	Acoplamiento mecánico y eléctrico funcionamiento
Tren	03.061	Limpieza exhaustiva (cabina soplado)
Potencia	14.032	Revisión de disyuntor (galga) 9mm- desgaste si pasa mal hay desgaste
Válvulas	07.038	Comprobación de las válvulas B01,B04,B27
Compresor	06.008	Comprobación nivel de aceite en compresores.
Pantógrafo	13.004	Pesado del pantógrafo
Válvulas tuberías	03.137	Comprobación de estanquidad de circuitos neumáticos.
Puertas	04.005	Comprobación de todas las manetas de emergencia (EED y EAD) Mecánicamente y en pantalla cerrar
Intercom.	08.025	Intercomunicadores operativos
AA.AA	06.002	Forzar equipos de aire acondicionado.

Fuente: Elaboración Propia

Actividades I3 en el tren Alstom Metrópolis 9000

La actividad de Mantenimiento Preventivo I3, está conformado por las actividades del mantenimiento I1 e I2, pero además se realiza las siguientes actividades:

Tabla 8: Contenido de actividades I3

Equipo	Actividad	Descripción de Actividad
Micromisef	07.097	Micromisef medición y comparación (presión)
Puertas	04.065	Limpieza y engrase de todo mecanismo de puertas.
Motor	14.002	Lubricación de rodamientos del motor.
Enganche entre coche	02.011 y 02.003	Limpieza y engrase de enganche semipermanente respectivamente.
Frenos	14.017	Megado de la resistencia de freno.
Baterías	15.037	Mantenimiento a las baterías (Aplicación de electrolito)
AA.AA	06.005	Mantenimiento del sistema de aire acondicionado.
Micromisef	07.097	Micromisef medición y comparación (presión)
Puertas	04.065	Limpieza y engrase de todo mecanismo de puertas.
Motor	14.002	Lubricación de rodamientos del motor.
Enganche entre coche	02.011 y 02.003	Limpieza y engrase de enganche semipermanente respectivamente.
Frenos	14.017	Megado de la resistencia de freno.
Baterías	15.037	Mantenimiento a las baterías (Aplicación de electrolito)
AA.AA	06.005	Mantenimiento del sistema de aire acondicionado.

Fuente: Documentación Alstom (2013)

I. Riesgos de Mantenimiento del Tren.

Al realizar el mantenimiento deben de realizar el llenado de formato AST (Análisis Seguro de Trabajo). Existen muchos riesgos al realizar el mantenimiento, por eso el personal debe estar concentrado en las actividades y cumplir con las normas de seguridad.

La selección del equipo de protección personal debe ser determinada por un análisis de peligros que determina la gravedad del peligro y las partes del

cuerpo que podrían estar expuestos al peligro [Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2011].

m. Calidad

Muchas veces el término “calidad” se emplea de manera inadecuada; en el contexto de aseguramiento de la calidad, este vocablo lo define la American Society for Quality como: “La totalidad de las características de una entidad, que inciden en su habilidad para satisfacer necesidades planteadas e implícitas”. La palabra “entidad” se refiere a cualquier elemento de un sistema o al sistema completo. Podría ser una empresa, un área funcional de la misma, o un conjunto de actividades que esta última lleve a cabo. A partir de esta definición de calidad, resulta evidente que entender los requerimientos del cliente y comprender qué percibe éste como “calidad”, es fundamental si se desea que el producto o servicio satisfaga las necesidades planteadas e implícitas. En una sociedad de consumo, la única manera de identificar los requerimientos del cliente es mediante la investigación del mercado. Para determinar la factibilidad de implementación de cualquier método de mejoramiento de la calidad, es preciso revisar y analizar la información recopilada por la investigación de mercado desde la óptica financiera de diseño y fabricación [Servat, A. 2005].

Las empresas que han gestionado la calidad desde enfoques técnicos la han medido a través de la acción sobre características «objetivas», que son normalmente controladas con indicadores operativos y cuantificables procedentes de información interna a la empresa, como productos rechazados, tiempo de preparación de máquinas, número de averías o número de reclamaciones. Este tipo de medidas internas se caracterizan por que son determinadas y calculadas por las personas de la organización [Bolton y Drew, 1994].

n. Productividad

La productividad tiene que ver con los resultados que se obtienen en un proceso o un sistema, por lo que incrementar la productividad es lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos. En general, la productividad se mide por el cociente formado por los resultados logrados y los recursos empleados. Los resultados logrados pueden medirse en unidades producidas, en piezas vendidas o en utilidades, mientras que los recursos empleados pueden cuantificarse por número de trabajadores, tiempo total empleado, horas máquina, etc. En otras palabras, la medición de la productividad resulta de valorar adecuadamente los recursos empleados para producir o generar ciertos resultados [Gutierrez H., 2010].

o. Disponibilidad

La disponibilidad se define como la cantidad de horas en las cuales el tren Alstom Metrópolis 9000 está en condiciones de realizar el servicio, es decir, de las 24 horas al día no se considerarán las horas de mantenimiento, el resto del día son horas en que el tren deberá estar disponible para entrar en funcionamiento. [Ben-Daya, M 2009].

2.3. Marco Conceptual

AHP: En el AHP, cada elemento en la jerarquía se considera que es independiente de todos los demás-los criterios de decisión se considera que son independientes uno de otro, y se consideran las alternativas a ser independiente de los criterios de decisión y de la otra.

ANP: El proceso de la red analítica (ANP) es una forma más general del proceso analítico jerárquico (AHP) utilizado en el análisis de decisión multicriterio.

ANP-BOCR: El método ANP-BOCR produce una lista ordenada de proyectos, descartando los menos interesantes de forma eficiente, produciendo una lista de proyectos clave similar a la de AHP.

Bastidor: Es la estructura principal compuesta por largueros y travesaños que unidos forman el chasis del vehículo (tren).

BOCR: Es una herramienta de decisión multicriterio para tratar con problemas complejos con múltiples atributos con beneficios, oportunidades, costes y riesgos.

Bogies: Conjunto de dos pares de ruedas montadas sobre sendos ejes próximos y paralelos entre sí, que se utilizan en ambos extremos de los vehículos de gran longitud destinados a circular sobre carriles.

Carenado: Revestimiento de fibra de vidrio, duraluminio, plástico u otro material que llevan algunos vehículos como adorno o con fines aerodinámicos.

Catenaria: En ferrocarriles se denomina catenaria a la línea aérea de alimentación que transmite energía eléctrica a las locomotoras u otro material rodante (tren) durante su recorrido.

CBTC: Communication Based Train Control o Control de trenes basado en la Comunicación.

Cesis: Registrador de incidencias. Registra tracción, frenado y demás maniobras que suceden en el tren.

Climatización: sistema de aire acondicionado instalado en el tren, con la finalidad de brindar una temperatura de confort a los clientes, durante el uso del servicio.

Cola de vía: son los extremos de la vía principal ubicados en la primera y última estación (Estación Villa El Salvador y Bayovar respectivamente).

Confort: Es aquello que produce bienestar y comodidad.

DDU: Pantalla de visualización de datos, está ubicada en cabina (extremos del tren) y el conductor o personal técnico, puede visualizar en la pantalla los equipos funcionando a hora real.

Dotación: Elementos necesarios en el tren, que permite evacuar el tren en caso de emergencia o acoplarlo con otro material rodante para ser remolcado.

Dresina: Es un vehículo ferroviario ligero y automotor, conducida por personal propio del servicio, equipado para transportar el personal y material necesario para la conservación de las instalaciones ferroviarias. También se les conoce por el nombre de vagoneta o vagoneta automóvil.

EPP: equipos de protección personal, utilizado por el personal para disminuir los riesgos al realizar sus labores. Por ejemplo: casco, guantes dieléctricos, zapatos de seguridad, arnés.

Galga: Unidad de longitud para medir grosores en materiales muy finos. Elementos que se utilizan en el mecanizado de piezas para la verificación de las cotas con tolerancias estrechas

Horas hombre: Es el cálculo obtenido del número de técnicos por el tiempo de horas realizando un trabajo específico.

Hora punta: hora de mayor demanda de clientes, en la mañana (7:00 am-10:00 am y 17:00-20:00)

Hora valle: es la hora donde disminuye la demanda de clientes.

Husillo: Es un tipo de tornillo largo y de gran diámetro.

Indicador de Recurso Humanos: es la cantidad de técnicos realizando la Actividad I1.

Indicador tiempo: es el tiempo de duración de Actividad I1.

Línea de vida: conjunto de dispositivos de anclaje que podemos encontrar en lugares con riesgo de caídas de altura, teniendo por finalidad permitir a un usuario (equipado de un arnés anti caídas y un equipo de protección), el desplazamiento a lo largo del dispositivo, estando siempre conectado y posibilitando el acceso y posicionamiento para trabajos de mantenimiento en dichos lugares donde queda la instalación.

Línea principal: vías que pertenecen al recorrido del servicio de la línea 1 del metro de lima, en el cual están las estaciones.

Llave Z: es la llave ubicada en cada cabina del tren y se utiliza para habilitar o deshabilitar el tren, así mismo es necesario retirar la llave Z de cada cabina y colocarla en la caja de alimentación del tren (ubicado en la parte inferior exterior de la caja remolque) para poder aterrizar los trenes Alstom Metrópolis 9000.

Mantenimiento: El blog [Preditécnico](#) (2011) de Madrid lo define como el conjunto de actividades que buscan mantener en buenas condiciones y operativo los equipos, herramientas, instrumentos y maquinarias. Se clasifican en:

- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento predictivo
- Mantenimiento correctivo o reactivo
- Mantenimiento proactivo
- Mantenimiento regresivo

Micromisef: Equipo electrónico supervisor del sistema de freno y tracción.

MiniProf: Instrumento de medición en la industria ferroviaria, para medir las formas de ruedas, rieles y discos de freno.

Pictogramas: son señales visuales pegadas en el tren, que te indica cómo utilizar correctamente los equipos del tren (intercomunicador, botón de puerta, etc) o indica determinados espacios del tren (asiento reservado, pasillo de intercirculación, cabina de conducción, etc)

Pruebas de entrada: son las pruebas que se realizan antes de traccionar el tren en un tiempo de 10 minutos, con la finalidad de verificar en qué estado inicia el servicio determinado tren. La prueba de entrada se realiza con tren habilitado y estacionado.

Pruebas de salida: son las pruebas que se realizan al finalizar el servicio del tren en un tiempo de 10 minutos, con la finalidad de verificar en qué estado se entrega el tren después de culminar el servicio determinado tren. La prueba de salida se realiza con tren habilitado y estacionado.

Regleta: reglas de referencia, llamadas “plantillas” para medir distancias y fisuras de la rueda ferroviaria.

SACEM: Sistema de Apoyo para la conducción, operación y mantenimiento.

Tacómetro: Instrumento para medir la velocidad de rotación de un mecanismo de la máquina al que va acoplado; generalmente, indica la velocidad en revoluciones por minuto.

Tarado: Medida de regulación de escape y restauración de presión de trabajo. Aplica generalmente a válvula y/o electroválvulas.

Testero: La parte frontal de un vehículo ferroviario. En él se encuentran los parabrisas, las puertas de intercomunicación entre coches, etc.

Transductor: Es un dispositivo que convierte una señal de un tipo de energía en otra.

Torones: Está formado por un número de alambres de acuerdo a su construcción, que son enrollados helicoidalmente alrededor de un centro, en una o varias capas.

Tren deshabilitado: se refiere al tren desenergizado sin 1500 Vcc (Pantógrafo bajo-modo reposo), lo cual impide realizar las pruebas de entrada y salida. Impide la tracción del tren.

Tren habilitado: se refiere al tren energizado con 1500 Vcc (Pantógrafo elevado), lo cual permite realizar las pruebas de entrada y salida, para posteriormente traccionar el tren.

Uceslim: Software que permite visualizar todos los datos registrados por el Cesis.

Vagón motriz: se refiere al vagón que posee motor, fuerza de tracción.

Vagón remolque: se refiere al vagón sin motor, no hay fuerza de tracción.

Zona de rodadura: zona de contacto entre la rueda del tren y el riel. Es la zona de trabajo.

CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

3.1. Descripción del proyecto

La presente Tesis tiene la finalidad de optimizar los tiempos y los procedimientos de mantenimiento preventivo de la actividad de Intervención 1 en Techo, Caja y Bajo Bastidor de los trenes Alstom Metrópolis 9000 e identificar los procedimientos redundantes y que demandan mayor tiempo, para poder implementar y mejorar los procesos del mantenimiento I1.

Para poder realizar los cambios es necesario estar presente en los mantenimientos I1 en el taller de Material Rodante. El desarrollo del proyecto implica ir con la cartilla I1 y un cronómetro para calcular los tiempos de determinadas actividades.

Antes de realizar las actividades de mantenimiento en la I1 es importante asegurar el uso de los EPP. Los mantenimientos inician con el ingreso del primer turno del personal técnico 7:15, luego de la charla de seguridad de 5 minutos.

El mantenimiento I1 comprende una inspección visual de los equipos electromecánicos, electrónicos y neumáticos, además de las pruebas operativas de puertas, neumáticos, transductores, iluminación interior, etc.

El contenido de la presente tesis enfatiza en el análisis de los procesos de mantenimiento y optimización de tiempos de la Actividad I1. Se espera que la disminución de horas en el proceso de mantenimiento, impactará positivamente con la posibilidad de que más trenes Alstom puedan realizar más carreras o realizar las pruebas de entrada sin apuro.

La limitación que se tendrá en el desarrollo de la tesis es que por política de empresa, la información referente a los costos de operación y de mantenimiento y a los ingresos económicos es de carácter confidencial.

En el Anexo 6 se presenta un diagrama de flujo señalando las modificaciones a realizarse en el mantenimiento I1; según actividad en techo, caja y bajo bastidor.

3.2. Procesos de optimización propuestos

Los resultados alcanzados se basan en la Implementación del ISO 9001:2008 y de la utilización de los Manuales de Mantenimiento entregados por el fabricante (Alstom). Los Manuales de Mantenimiento entregados por el fabricante, son constantemente actualizados según las observaciones obtenidas de sus trenes funcionando en otros países; es decir es la recopilación de información de todos los mantenimientos realizados a los trenes Alstom en diferentes condiciones de operación y ambientales.

En el Anexo 7 se adjunta cartilla con la cual se venía realizando la Actividad de Mantenimiento Preventivo I1.

Actividades con procesos de mejora del mantenimiento en bajo bastidor

03.104. Inspección visual de la rueda.

Esta actividad se realiza utilizando un instrumento denominado MiniProf. Ver el Anexo 8.

Figura 26: MiniProf



Fuente: Ingenia Telemática

03.101. Inspección visual del eje.

Examinar las áreas visibles del eje (A) y (B) buscando signos de corrosión, muescas, rayaduras y estrías (principalmente en cambios de sección).

A y R: radios de transición.

03.026. Inspección visual del cableado de bogíes

Asegurarse de que todos los componentes de fijación estén presentes, en buen estado y que los cables estén fijados con seguridad al bogie. Sustituir o reapretar las fijaciones según la necesidad.

03.007 - Comprobación de los agujeros de purga de agua en las tapas laberínticas.

- Verificar que los agujeros de purga de agua de las tapas laberínticas estén limpios. Desbloquear en caso de necesidad.
- En caso de obstrucción de agujeros de purga, usar útil para su limpieza.

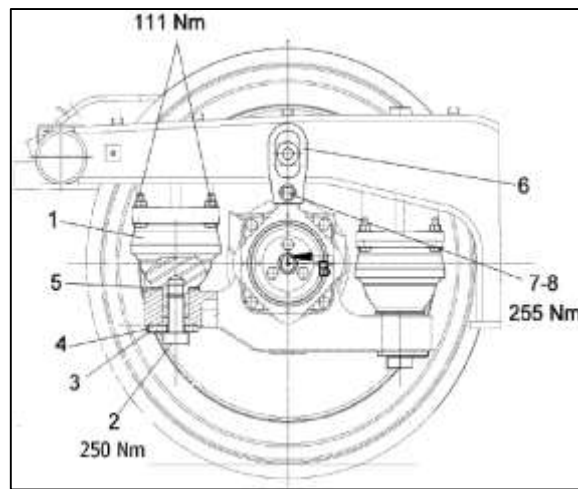
Estas tres actividades fueron descritas anteriormente y se propone realizarlas al mismo tiempo, aprovechando la ubicación interna al bogie.

03.102 Inspección visual de caja de grasas.

Verificar que estén presentes y aseguradas todas las fijaciones.

- Sustituir y/o reapretar según la necesidad.
- Verificar la caja de grasa en busca de signos de sobrecalentamiento. Éstos se mostrarán en forma de áreas ennegrecidas en la superficie de las tapas o goteos de grasa por detrás de la caja de grasa.
- Verificar que la caja de grasa esté libre de impactos.

Figura 27: Elementos de suspensión



Fuente: Alstom (2010)

03.106 - Inspección visual de los elementos suspensión y fijaciones.

- Verificar visualmente el estado general del muelle cónico.
- Asegurarse de que todas las fijaciones estén en su lugar y en buen estado.
- Reapretar o sustituir cualquier fijación floja o perdida.

03.111. Inspección visual (daños, articulaciones y fijaciones mecánicas) de la biela de reacción.

- Verificar visualmente la biela en busca de daños como fisuras, deformación, corrosión, interferencia con las partes adyacentes, etc.
- Sustituir la biela si se encuentra cualquier daño que pueda afectar la operación.

Esta actividad la realizará el personal por los laterales de Ma1 hasta Ma2 verificando desde el exterior.

07.022 – Comprobar estado visualmente. (I1) Transductores

Se propone primero abrir las tapas de los 5 paneles neumáticos, limpiarlo si se requiere y luego proceder a comprobar el correcto estado de los cables y conectores.

02.174 - Comprobación general de fijaciones, verificando marcas de par de apriete (I1).

- Realizar una comprobación general de las fijaciones bajo bastidor, verificando las marcas de par de apriete.

Se propone que esta actividad la realicen tanto los técnicos que están en los laterales como los que están al interior de bajo bastidor.

07.024 – Accionar la maneta y verificar la ausencia de fugas.

- Accionar la maneta (d) siempre hasta el tope de su zona de giro. Las posiciones intermedias deterioran la junta (e1) y el contra cojinete (e2), y podrían provocar que la llave dejase de ser hermética.

Se propone realizarla al finalizar las actividades para comprobar fuga de aire.

03.125 - Inspección visual de los soportes de las antenas, estado de antenas, fijaciones y cableado. (I1)

- Verificar la presencia y la seguridad de las antenas en el soporte. Sustituir o reapretar las fijaciones según la necesidad.

Se propone una distancia entre antena y riel de 190 mm.

07.042 – Accionar la maneta y comprobar la indicación en cabina.

Para esta actividad se implementó radios tetra para facilitar la comunicación entre la caja interior y bajo bastidor, así se comprueba el accionamiento de las válvulas y electroválvulas desde cabina DDU.

Figura 28: Radio Tetra



Fuente: Dolphin Telecom

Actividades con procesos de mejora del mantenimiento en caja

04.003 - Inspección del funcionamiento de las puertas de acceso.

Se propone realizarlo al 50% de las puertas escogidas de manera aleatoria (tomando 2 puertas de las cuatro por lado que tiene por vagón), porque en las pruebas anteriores todas las puertas eran testeadas y pasaban la prueba, por lo tanto, se optó por esta forma de selección de puertas.

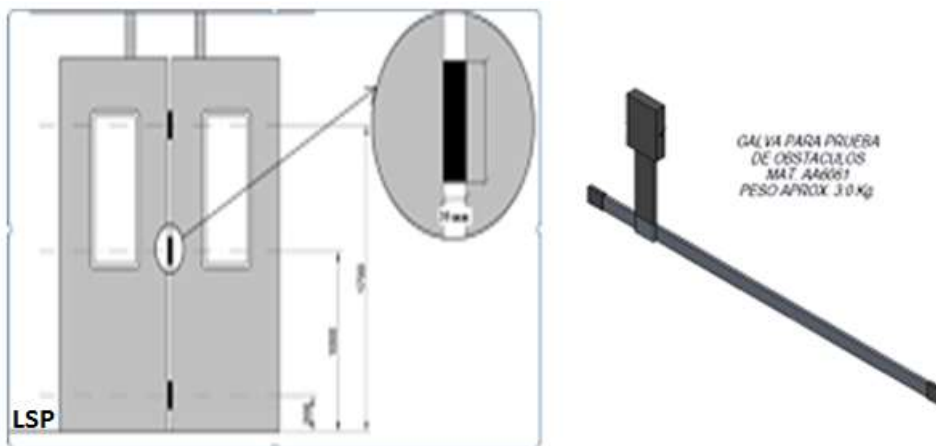
- La regularidad del movimiento de las hojas de la puerta y la ausencia de ruidos anormales y puntos duros.
- El tiempo de cierre, que debe ser de 2.5 segundos.
- El cierre completo de la puerta, con amortiguación en el tope fin de carrera.

04.004 - Test de detección de obstáculos en las puertas.

- Abrir la puerta de acceso.
- Colocar galga 30 mm (3 cm), posicionado tal y como se muestra en la Figura 29, en las siguientes cotas respecto a la LSP (Línea Superior de Plataforma): 200 mm, 1,000 mm y 1,700 mm.
- La puerta debe abrirse al detectar la presencia del obstáculo (galga).

Se diseñó una galga especial que facilita la prueba en los puntos necesarios de las puertas: 200 mm, 1.000 mm y 1.700 mm

Figura 29: Útil de Obstáculo para puertas Alstom



Fuente: Concar (2015)

04.005 - Verificación del funcionamiento de los sistemas de seguridad (Mandos de socorro interior y exterior y detectores de posición de puertas DLS y DCS).

- Activar manualmente el mando de socorro interior, luego cerrar puertas en general desde DDU.
- Activar manualmente el mando de socorro exterior, luego cerrar desde DDU

Esta actividad se realiza en los laterales del tren, y en una línea con andén por ambos lados para reducir tiempo.

06.001 - Sustitución de los filtros del sistema de aire acondicionado.

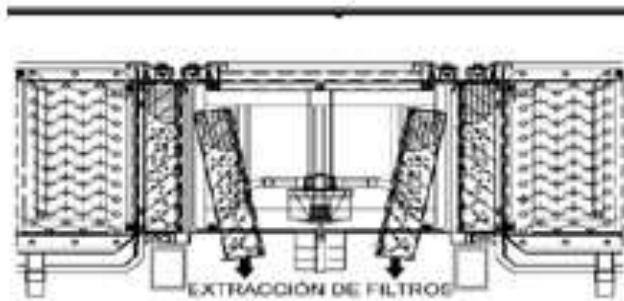
La actividad se realiza en 3 etapas:

1. Extracción de filtros del sistema de aire acondicionado
2. Cambio del filtro sucio.
3. Colocación del filtro nuevo en el sistema de aire acondicionado.

Las 2 primeras etapas de la presente actividad son realizadas el día anterior al mantenimiento I1. En el día de realización de la Intervención 1 es que se

colocan los filtros nuevos. El tren está parado durante todas las etapas descritas de la presente actividad.

Figura 30: Extracción de filtros



Fuente: Alstom (2012)

02.173 - Inspección visual del pasillo de intercirculación.

- Controlar visualmente el estado del tejido del fuelle.
- Comprobar el correcto estado de las paredes.
- Controlar visualmente que el forro de piso antideslizamiento no este dañado.

Figura 31: Pasillo de intercirculación exterior



Fuente: Propia

05.004 - Verificar estado de las ventanas.

- Verificar correcto estado de las ventanas.
- En caso estén rajadas sustituir.

05.026 - Inspección de los revestimientos interiores.

- Comprobar correcto estado de los asideros.
- Verificar que estén fijadas correctamente.

05.006 - Comprobar el estado y fijaciones de los asientos.

- Comprobar correcto estado de asientos.
- Verificar que estén bien sujetos.

05.024 - Inspección de extintores.

- Remover el extintor de su posición y verificar que lo detecta la DDU.

05.025 - Inspección y reposición de pictogramas si es necesario.

- Comprobar que no falta ninguna inscripción.
- Verificar el correcto estado de las señales.

Estas últimas 6 actividades las realizarán de manera paralela 2 técnicos, cada uno se encargará de un semitren.

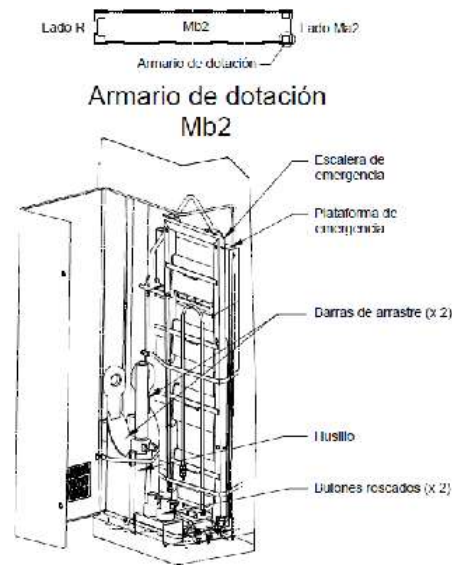
05.023 - Comprobar el estado de la dotación reglamentaria del tren. Sustituir o reponer los elementos en caso necesario.

Comprobar la existencia y el correcto estado de la dotación, tanto de la cabina de conducción (coches Ma1 y Ma2 linterna), como la incluida en los correspondientes armarios de dotación de los coches Mb1 y Mb2, así como de cualquier otro elemento de dotación reglamentario.

- a) Barras de arrastre (en cantidad de 2 por armario).
- b) Husillo (en cantidad 1 por armario).
- c) Bulones roscados (en cantidad 2 por armario).
- d) Escalera de emergencia (en cantidad 1 por armario).
- e) Plataforma de emergencia (en cantidad 1 por armario, sólo en el coche Mb2).
- f) Tirador del aflojamiento del freno de estacionamiento (en cantidad 1 por armario, sólo en el coche Mb1).

Se han retirado algunos elementos innecesarios y se considera como prioridad la escalera de emergencia. Reponer linterna.

Figura 32: Armario de dotación Mb2



Fuente: Alstom (2012)

09.049 – Extracción y análisis de los registros de la caja negra.

- Conectar cable Ethernet a la laptop.
- Ingresar al icono UCESLIM
- Descargar datos del CESIS.

Figura 33: Pulsador del Cesis



Fuente: Elaboración Propia

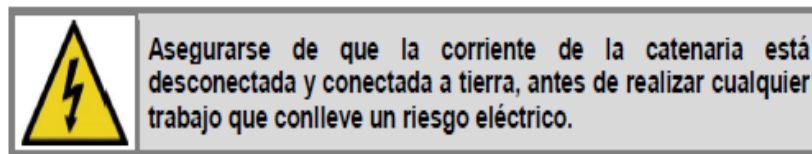
El Cesis es un dispositivo que contiene el registro de todos los movimientos realizados por el tren (freno, tracción, velocidad, etc.).

La descarga de los registros del Cesis demoraba más de lo establecido, como solución se apaga el equipo de climatización y se compran nuevos conectores RS232.

Actividades con procesos de mejora del mantenimiento en techo

Como iniciativa de seguridad se propuso que cada técnico que trabaje en techo tenga su llave de seguridad y no solo el supervisor

Figura 34: Aviso de seguridad

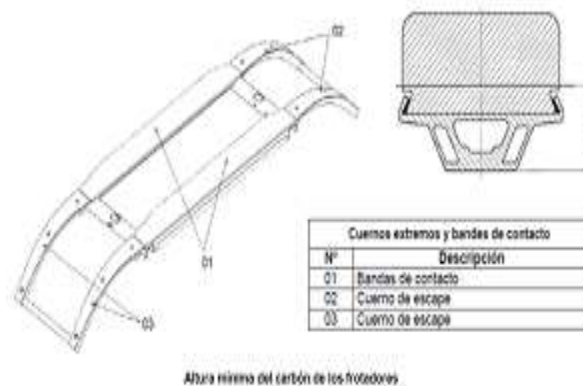


Fuente: Alstom (2010)

13.001 - Verificación del estado de las bandas de contacto y de los cuernos extremos.

- Inspección visual de las bandas de contacto en busca de daños y desgaste.
- Comprobar con detenimiento el estado de las bandas de contacto (01). El desgaste de las bandas de contacto debe ser uniforme.
- Se deben cambiar si presentan fisuras o si las aristas presentan deformaciones por choques importantes. Cambiar como máximo con una altura restante de frotador de 22 mm (Ver Figura).
- Comprobar con detenimiento el estado de los cuernos de escape (02 y 03) y sustituirlos si su desgaste lo justifica.

Figura 35: Cuernos externos y banda de contacto



Fuente: Alstom (2010)

13.002 - Verificación del estado de conexiones flexibles, cables, trenzas y uniones atornilladas.

Se debe verificar que el paso de la corriente a través del pantógrafo es el adecuado y que no existen zonas de calentamiento que puedan llegar a producir un deterioro de las piezas, tal y como se describe a continuación:

- a) Verificar el montaje y apriete correctos de las fijaciones.
- b) Comprobar la presencia de grasa entre patas y conexiones. Engrasar si es necesario (usar grasa contacto de cobre).
- c) Verificar que el estañado de las patas de fijación de las trenzas es correcto.
- d) Comprobar la ausencia de tornillos de fijación dañados y que tengan un asiento fijo, especialmente en el caso de la fijación de los frotadores y las uniones de la mesilla.
- e) Reapretar o cambiar fijaciones en caso necesario.

13.004 - Control de funcionamiento.

- Verificar un funcionamiento regular sin sacudidas del pantógrafo, realizando sucesivamente varios ciclos de elevación-descenso.
- Comprobar que alimentado el pantógrafo con aire a la presión de 5.5 bar, éste sube a velocidad normal y que al anular el aire desciende también a velocidad normal.

13.009 - Examen visual general de las piezas principales (bastidor, sistema articulado) en búsqueda de piezas deformadas, fisuradas o con choques.

- Examinar visualmente el bastidor en busca de piezas deformadas, fisuradas o con choques.

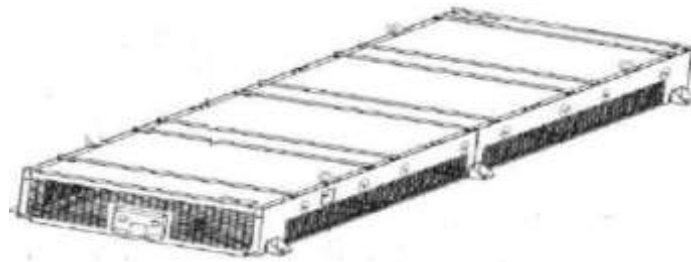
Para realizar estas actividades de mantenimiento, se implementó una plataforma fija para evitar maniobras, consiguiéndose un considerable ahorro de tiempo.

14.016 - Inspección general de resistencia de freno.

- Comprobar la integridad del cofre y que las rejillas de entrada/salida no se encuentran obstruidas por cuerpos extraños.
- Comprobar visualmente el estado de los materiales aislantes.

Se implementó línea de vida para recorrer longitudinalmente el tren y realizar la inspección de las resistencias de frenado de manera continua, sin esperar que el tren realice maniobras para acceder desde la plataforma a las resistencias de los frenos.

Figura 36: Resistencia de frenos ubicado en techo



Fuente: Alstom (2010)

A continuación se puede visualizar un cuadro resumen señalando las mejoras realizadas por actividad de mantenimiento (Considerar Tabla 6):

Tabla 9: Implementación de mejoras realizadas en la Actividad I1

Actividad	Equipo	Implementación de mejoras en Bajo Bastidor de la Actividad I1
02.174	Caja Exterior	Esta actividad la deben realizar tanto los que están en los laterales como al interior de bajo bastidor.
03.007	Reductor	Las actividades: 03.007, 03.026 y 03.101 se realizan al mismo tiempo aprovechando la ubicación en bajo bastidor, parte interna del bogie.
03.026	Bogíes	Las actividades: 03.007, 03.026 y 03.101 se realizan al mismo tiempo aprovechando la ubicación en bajo bastidor, parte interna del bogie.
03.101.	Eje	Las actividades: 03.007, 03.026 y 03.101 se realizan al mismo tiempo aprovechando la ubicación en bajo bastidor, parte interna del bogie.
03.102	Caja de grasa	Las actividades: 03.102,03.106 y 03.111 lo realizará el personal por los laterales de Ma1 hasta Ma2 verificando desde el exterior.
03.104.	Rueda	Se realiza con el Miniprof
03.106	Suspensión	Las actividades: 03.102,03.106 y 03.111 lo realizará el personal por los laterales de Ma1 hasta Ma2 verificando desde el exterior.
03.111.	Biela de Tracción	Las actividades: 03.102,03.106 y 03.111 lo realizará el personal por los laterales de Ma1 hasta Ma2 verificando desde el exterior.
03.125	ATP	Se propone una distancia entre antena y riel de 190 mm aproximadamente .
07.022	Panel neumático	Se propone primero abrir las tapas de los 5 paneles (limpiarlos) y comprobar correcto estado
07.024	Panel neumático	Se realizara al finalizar las actividades para comprobar fuga de aire.
07.042	Panel neumático	En esta actividad se implemento el radio tetra para facilitar la coordinación en caja interior y bajo bastidor.
Actividad	Equipo	Implementación de mejoras en Caja de la Actividad I1
02.173	Pasillo de Intercir.	Estas actividades se realizaran de manera paralela por 2 técnicos.
04.003	Puerta acceso	Se propone realizarlo al 50% (2 puertas por lado)
04.004	Puerta acceso	Se diseño un útil para facilitar la actividad.
04.005	Puerta acceso	Se planteo realizar la actividad en línea con anden por los laterales del tren. Abrir manualmente y cerrar desde DDU.
05.004	Caja Interior	Las actividades :05.004,05.006,05.024,05.025 y 05.026 se realizaran de manera paralela 2 técnicos, cada uno se encargará de un semitren.
05.006	Caja Interior	Las actividades :05.004,05.006,05.024,05.025 y 05.026 se realizaran de manera paralela 2 técnicos, cada uno se encargará de un semitren.
05.023	Caja Interior	Se han retirado algunos elementos innecesarios y se considera como prioridad la escalera de emergencia.
05.024	Caja Interior	Las actividades :05.004,05.006,05.024,05.025 y 05.026 se realizaran de manera paralela 2 técnicos, cada uno se encargará de un semitren.
05.025	Caja Interior	Las actividades :05.004,05.006,05.024,05.025 y 05.026 se realizaran de manera paralela 2 técnicos, cada uno se encargará de un semitren.
05.026	Caja Interior	Las actividades :05.004,05.006,05.024,05.025 y 05.026 se realizaran de manera paralela 2 técnicos, cada uno se encargará de un semitren.
06.001	Climatización	Esta actividad se realiza un día anterior para cambiar los filtros. Hay un total de 30 filtros
09.049	Cesis	Cable y realizar actividad con el equipo de HVAC apagado.
12.006	TCMS	Al inicio y culminación del mantenimiento. Comprobar comunicación.
Actividad	Equipo	Implementación de mejoras en Techo de la Actividad I1
13.001	Pantógrafo	Solo lo realiza técnico especialista y/o ingeniero asistente.(22mm)
13.002	Pantógrafo	Se propone una inspección visual mas extensiva (Montaje, apriete, grasa (Cu, Loctite 8008, mesilla, reapriete)
13.004	Pantógrafo	Comprobar que alimentado el pantógrafo con aire a la presión de 5.5 bar, éste sube a velocidad normal y que al anular el aire desciende también a velocidad normal.
13.009	Pantógrafo	Se implementó una plataforma fija para evitar maniobras.
14.016	Cadena de Tracción	Se implemento línea de vida.

Fuente: Elaboración Propia

3.3. Revisión y consolidación de resultados

Para poder cuantificar y comprobar si hubo resultados positivos luego del proceso de optimización en la actividad de mantenimiento I1, se calculó la cantidad de Horas Hombres utilizadas (número de personal técnico por horas trabajadas) lo que permite saber el aprovechamiento de la mano de obra técnica. Las Horas-Hombres totales se han calculado según la ecuación 1:

Ecuación 1: Cálculo de Horas- Hombre

$$\sum_{\substack{i=1 \\ j=0}}^n P_i T_j$$

Donde:

P = Personal

T = Tiempo

Durante el desarrollo de mantenimiento I1 se pudo comprobar que el tiempo destinado a tales actividades si fueran realizadas de manera consecutiva superarían en duración al de un turno de trabajo (superior a 8 horas); por ello se deberá programar varias actividades en forma simultánea. Adicionalmente la cantidad de personal utilizado en cada actividad es variable por lo tanto se propone el indicador de Coeficiente de Utilización de Horas Hombre en función de las Horas Hombre utilizadas que se obtiene de la siguiente manera:

Ecuación 2: Cálculo de Coeficiente de Utilización de Horas Hombre (CMH)

$$CMH = \frac{HHe.}{HHu.}$$

Donde:

CMH = Coeficiente de utilización de Horas Hombre.

HHu. = Horas- Hombre utilizadas

HHe. = Horas- Hombre estimadas.

Interpretación del indicador (CMH):

El Área de Programación y Planeamiento de Concar estimo que se deberá utilizar 40 Horas Hombre para la realización de la Actividad I1.

Para poder interpretar el indicador *CMH* se debe considerar los valores mostrados en la Tabla 8:

Tabla 10: Interpretación del Indicador CMH

<i>CMH</i> mayor a 1	Se realizó el mantenimiento I1 utilizando una cantidad de Horas- Hombre inferior a lo estimado.
<i>CMH</i> igual a 1	Se realizó el mantenimiento I1 utilizando una cantidad de Horas- Hombre igual a lo estimado.
<i>CMH</i> menor a 1	Hay Baja <i>CMH</i> ; se realizó el mantenimiento superando las Horas- Hombre estimadas.

Fuente: Elaboración Propia

Se desea alcanzar *CMH* mayor o igual a 1, ya que indica un uso de recursos inferior o igual en relación a lo estimado de la Actividad I1.

A continuación, se observa el cuadro de datos obtenidos de Orden de Trabajo de los Mantenimientos I1 realizados durante el mes de enero hasta el mes de julio del 2014 a los trenes Alstom Metrópolis 9000. Con estos datos se han procedido a realizar los cálculos de *CMH* usando la ecuación 2, dichos resultados también se muestran en la Tabla 9. Por ejemplo se obtiene un *CMH* de 0.69 como resultado de 40.00 Horas Hombre estimada entre 57.95 Horas Hombre utilizadas.

Tabla 11: Base de datos de Actividad I1 antes de la Implementación de Procesos

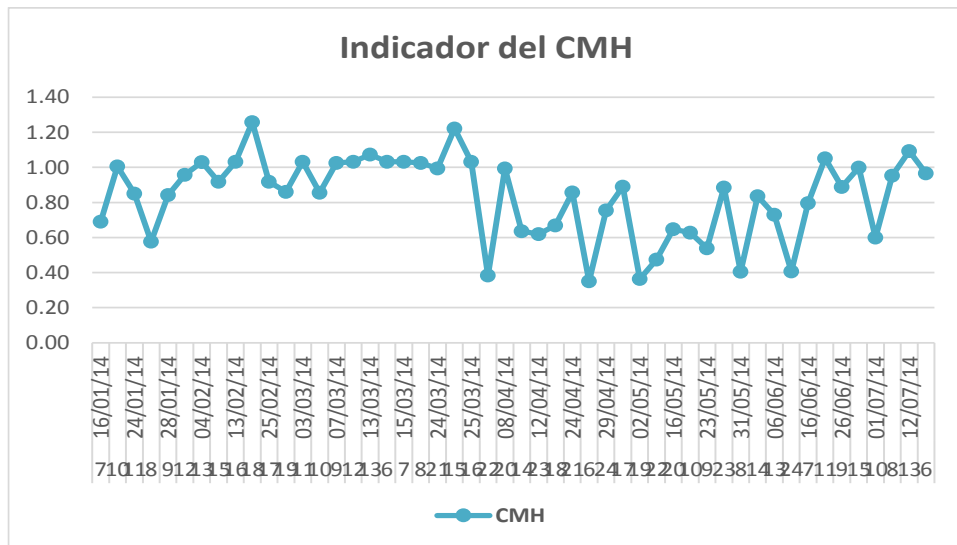
Tren	Fecha	Kilometraje (Km)	Duración del Mantenimiento (Horas)	Número de Personal	Horas Hombre	CMH
7	16/01/14	50770	12.00	8	57.95	0.69
10	17/01/14	49884	9.00	6	39.75	1.01
11	24/01/14	50163	8.25	6	47.00	0.85
8	27/01/14	49690	10.00	9	69.45	0.58
9	28/01/14	50449	8.00	7	47.50	0.84
12	03/02/14	49483	8.00	6	41.75	0.96
13	04/02/14	49824	9.75	5	38.80	1.03
15	06/02/14	49486	9.25	5	43.55	0.92
16	13/02/14	49874	7.83	5	38.75	1.03
18	21/02/14	50501	9.00	5	31.80	1.26
17	25/02/14	50123	8.25	5	43.55	0.92
19	28/02/14	49936	8.00	6	46.50	0.86
11	03/03/14	62376	8.00	5	38.75	1.03
10	04/03/14	62559	9.50	5	46.75	0.86
9	07/03/14	62358	8.42	5	39.00	1.03
12	10/03/14	62415	8.00	5	38.75	1.03
13	13/03/14	62474	8.00	5	37.29	1.07
6	14/03/14	49184	7.92	5	38.75	1.03
7	15/03/14	62017	8.17	5	38.75	1.03
8	22/03/14	63052	8.25	7	39.00	1.03
21	24/03/14	51611	8.00	9	40.25	0.99
15	24/03/14	62929	8.00	6	32.75	1.22
16	25/03/14	62880	8.00	5	38.75	1.03
22	28/03/14	49979	10.50	22	104.35	0.38
20	08/04/14	49421	12.00	8	40.20	1.00
14	09/04/14	49438	12.00	9	62.95	0.64
23	12/04/14	49134	9.50	10	64.50	0.62
18	14/04/14	63474	10.50	10	59.85	0.67
21	24/04/14	62343	9.50	7	46.70	0.86
6	25/04/14	61901	11.50	22	114.00	0.35
24	29/04/14	50473	9.50	8	52.95	0.76
17	30/04/14	63281	11.00	7	44.95	0.89
19	02/05/14	63590	11.17	14	110.10	0.36
22	07/05/14	63118	11.00	12	84.45	0.47
20	16/05/14	62248	9.25	9	61.75	0.65
10	17/05/14	86605	8.15	9	63.75	0.63
9	23/05/14	87752	10.00	13	74.35	0.54
23	27/05/14	62710	9.50	5	45.15	0.89
8	31/05/14	87037	8.75	15	98.75	0.41
14	04/06/14	63302	10.00	8	47.85	0.84
13	06/06/14	87595	12.50	8	54.75	0.73
24	13/06/14	62347	13.33	8	98.25	0.41
7	16/06/14	87965	12.50	7	50.25	0.80
11	25/06/14	87674	10.00	4	38.05	1.05
9	26/06/14	99201	10.17	6	45.05	0.89
15	27/06/14	86887	9.00	5	40.05	1.00
10	01/07/14	100123	12.50	13	66.64	0.60
8	07/07/14	100105	15.50	4	42.00	0.95
13	12/07/14	99969	8.17	6	36.60	1.09
6	15/07/14	87503	11.50	8	41.43	0.97

Fuente: Elaboración Propia

Al procesar los datos de las Órdenes de Trabajo (O.T) se encuentra lo siguiente:

- El promedio de las Horas-Hombre utilizadas es de 43.38
- Se observa demasiada diferencia de Horas- Hombre en la Actividad I1.
- Se observa en la Tabla 11 que la utilización máxima de Horas Hombre en la ejecución de una Orden de Trabajo ha sido de 31.8 Horas-Hombre y que el mayor consumo ha sido de 114 Horas-Hombre y que la duración promedio es de 9.73 horas (Ver Anexo 9).
- Con los datos obtenidos se puede determinar que el tiempo de los mantenimientos I1 es muy irregular y hay una gestión desordenada de las Horas- Hombre.
- En la Figura 37 se muestra el comportamiento del indicador CMH, se considera el CMH en función de los mantenimientos realizados durante el periodo de enero hasta julio del 2014, en la gráfica se observa que el indicador CMH, es en general, inferior a 1, es decir las Horas Hombres utilizadas en el Mantenimiento I1 son superiores a las Horas Hombres estimadas por el Área de Planeamiento. La explicación a lo que se muestra en la gráfica es que el año 2014 inicia con los trenes nuevos, pero con el transcurso de las semanas, el aumento de las horas de funcionamiento del tren y mayor demanda de clientes, se incrementó las Horas-Hombre necesarias para que los trenes estén operativos. Luego de algunos días y semanas al mantenerse alto el número de Horas-Hombre, la Empresa autorizo realizar las mejoras en las actividades de mantenimiento I1 que conlleven a una optimización de tiempos y de personal necesario (mejorar el indicador de CMH), con la finalidad de realizar una mejor gestión de las Horas Hombres.

Figura 37: Indicador CMH antes de la implementación de procesos.



Fuente: Elaboración Propia

Luego de un análisis y estudio de las actividades de mantenimiento preventivo I1, se inició con la implementación de los procesos en la Actividad I1 (inclusión de útiles de mantenimiento, eliminación de procesos redundantes, aprovechamiento de realización de actividades de mantenimiento al máximo según ubicación, mejor distribución de las actividades de mantenimiento al personal), ya mencionados. Estas propuestas se realizaron considerando 4 técnicos y 1 supervisor a cargo.

Estas propuestas fueron evaluadas durante el desarrollo de la Actividad de Mantenimiento I1, dando como resultado una disminución de Horas Hombres, lo cual nos permite decir que hay una mejor gestión del trabajo técnico. La información de las Horas Hombres se puede visualizar en la Tabla 12, en donde se observa que se disminuyó la cantidad de Horas Hombres, incluso es inferior a las Horas Hombres estimadas por el de Área de Programación y Planeamiento de Concar. Este resultado se alcanzó por la implementación del Útil de Obstáculo para puertas, la verificación operativa del 50% de las puertas, realización de más actividades estando en determinada ubicación del tren y eliminación de actividades redundantes, con la finalidad de reducir tiempos y mejorar el desarrollo de la actividad realizada por los técnicos.

Tabla 12: Base de datos de la Actividad I1 después de la Implementación de Procesos

Tren	Fecha	Kilometraje	Duración del Mantenimiento (Horas)	Número de Personal	Horas Hombre	Eficiencia de Horas Hombre
21	04/01/16	287500	7.50	4.00	30.00	1.33
13	18/01/16	312500	7.50	4.00	30.00	1.33
9	20/01/16	312500	7.50	4.00	30.00	1.33
23	12/01/16	287500	7.50	4.00	30.00	1.33
24	25/01/16	287500	7.50	4.00	30.00	1.33
20	20/01/16	287500	9.10	4.00	36.40	1.10
8	23/02/16	312500	8.60	4.00	34.40	1.16
18	29/02/16	312500	8.00	4.00	32.00	1.25
16	08/03/16	312500	7.50	4.00	30.00	1.33
15	14/03/16	312500	7.50	4.00	31.00	1.29
8	28/03/16	325000	8.00	4.00	32.00	1.25
21	09/03/16	312500	7.50	4.00	30.00	1.33
14	21/03/16	312500	7.50	4.00	32.50	1.23
11	01/03/16	325000	8.00	4.00	31.10	1.29
22	30/03/16	312500	8.00	4.00	32.00	1.25
19	14/03/16	325000	9.10	4.00	36.40	1.10
12	15/03/16	325000	9.10	4.00	34.90	1.15
18	31/03/16	325000	8.00	4.00	32.00	1.25
7	29/03/16	325000	8.00	4.00	32.00	1.25
24	07/04/16	312500	8.50	4.00	34.40	1.16
21	04/04/16	325000	9.10	4.00	36.40	1.10
16	05/04/16	325000	9.10	4.00	36.40	1.10
20	22/03/16	312500	7.50	4.00	30.00	1.33
22	03/05/16	325000	9.10	4.00	36.40	1.10
13	13/04/16	350000	9.10	4.00	33.90	1.18
15	11/04/16	325000	9.10	4.00	36.40	1.10
14	14/04/16	325000	9.10	4.00	35.30	1.13
23	25/04/16	325000	7.50	4.00	30.00	1.33
9	19/04/16	350000	8.00	4.00	32.00	1.25
11	02/05/16	350000	9.10	4.00	36.40	1.10
24	11/05/16	325000	9.10	4.00	36.40	1.10
12	12/05/16	350000	9.10	4.00	34.80	1.15
6	09/05/16	350000	9.10	4.00	36.40	1.10
6	09/06/16	362500	7.50	4.00	30.00	1.33
11	01/06/16	362500	7.50	4.00	30.00	1.33
7	31/05/16	350000	7.50	4.00	30.00	1.33
21	02/06/16	350000	7.50	4.00	30.00	1.33
19	06/06/16	350000	7.50	4.00	30.00	1.33
16	03/06/16	350000	7.50	4.00	30.00	1.33
17	08/06/16	350000	7.50	4.00	30.00	1.33
14	24/06/16	350000	7.50	4.00	30.00	1.33
23	01/08/16	350000	7.50	4.00	37.50	1.07
19	06/08/16	350000	7.50	4.00	37.50	1.07
20	14/01/17	350000	7.50	4.00	33.50	1.19
18	21/02/17	350000	7.50	4.00	32.00	1.25

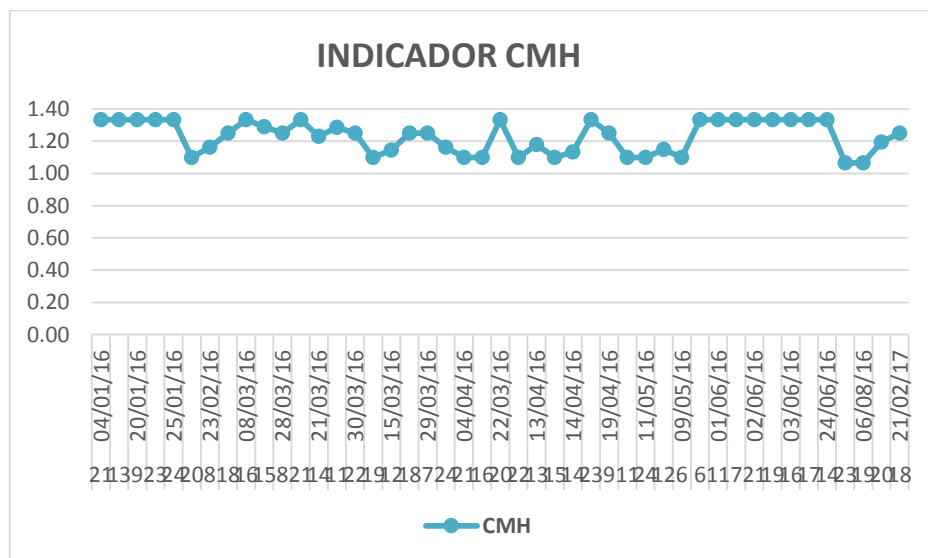
Fuente: Elaboración Propia

En función a los datos obtenidos luego de la implementación de los procesos, se obtuvo la siguiente gráfica, en la cual se puede visualizar que el valor del indicador CMH es superior al valor 1, esto quiere decir que se disminuyó el uso de Horas-Hombre en los mantenimientos I1. Las Horas Hombre utilizadas en el

mantenimiento I1 durante el periodo de enero del 2016 hasta febrero del 2017, son inferiores a las Horas-Hombre estimadas por el Área de Programación y Planeamiento.

Con la gráfica se demuestra que la implementación de los procesos en el Mantenimiento I1 permitió alcanzar el objetivo del presente trabajo.

Figura 38: Indicador CMH después de implementación de procesos



Fuente: Elaboración Propia

También se presenta un cuadro comparativo en el cual se puede visualizar la diferencia de los resultados obtenidos entre las actividades antes y después de la implementación de las mejoras en la Actividad I1 (que se muestra en la Tabla 13) y ha sido elaborado considerando las Horas Hombres utilizadas por cada Intervención 1. En el cuadro comparativo se puede observar una variación con respecto a la cantidad de Horas Hombres antes y después de la propuesta de optimización de tiempos y la implementación de útiles adecuados para realizar los mantenimientos (éstos facilitan la realización de las actividades y es más cómodo para el técnico realizar su trabajo).

Tabla 13: Comparación de Horas Hombre por tren antes y después de la Implementación de procesos.

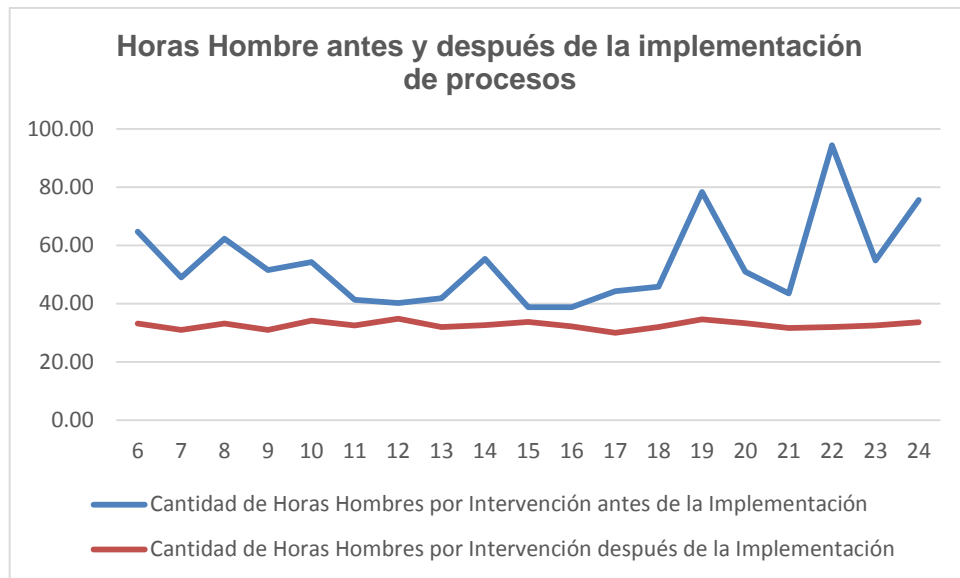
Tren	Promedio de Horas Hombre por Intervención antes de la Implementación	Promedio de Horas Hombre por Intervención después de la Implementación
6	64.73	33.20
7	48.98	31.00
8	62.30	33.20
9	51.48	31.00
10	54.22	34.19
11	41.27	32.50
12	40.25	34.85
13	41.86	31.95
14	55.40	32.60
15	38.78	33.70
16	38.75	32.13
17	44.25	30.00
18	45.83	32.00
19	78.30	34.63
20	50.98	33.30
21	43.48	31.60
22	94.40	32.00
23	54.83	32.50
24	75.60	33.60

Fuente: Elaboración Propia

En el cuadro comparativo (ver Tabla 13) se puede apreciar las mejoras alcanzadas por la propuesta de implementación de procesos en la Actividad I1

En la Figura 39, se puede visualizar claramente los resultados alcanzados con respecto a las Horas Hombre utilizadas en el Taller de Material Rodante para la realización de los mantenimientos I1.

Figura 39: Horas Hombre antes y después de la implementación de procesos



Fuente: Elaboración Propia

Considerando que el Área de Programación y Planeamiento estimó el precio de S/16.00 por Hora Hombre, se realizó el siguiente cuadro en función a los datos obtenidos anteriormente:

Tabla 14: Resultado económico de la Implementación de la Optimización de la Actividad I1

	Costo de Horas Hombre antes de la Implementación (S/.)	Costo de Horas Hombre después de la Implementación (S/.)
Costo de Horas Hombre por mes (S/.)	S/.6,091.00	S/.1,682.74
Costo de Horas Hombre por tren (S/.)	S/.852.74	S/.523.52

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 14 se puede visualizar un ahorro de S/. 4408.26 al mes en Horas-Hombre, correspondiente a los costos logrados antes y después de las mejoras propuestas a la actividad I1, además se puede visualizar un ahorro de S/.329.22

por tren. Este ahorro se obtiene debido a una mejor gestión de la cantidad de Horas Hombre.

El ahorro monetario alcanzado es de gran beneficio en la empresa, porque significa más ingresos que se podrían utilizar para otras necesidades.

Además de los estándares de Calidad utilizados en el Área de Material Rodante con la finalidad de optimizar los tiempos de mantenimiento, se propone medir de manera permanente al área, con la finalidad de mantener el servicio de calidad; para ello se utilizará un indicador que nos permita medir la eficacia de los mantenimientos.

Como consecuencia del presente trabajo se propone a la Empresa que adopte los Indicadores de Mantenimiento de Clase Mundial, con la finalidad de cumplir con los estándares de calidad.

Considerando que un indicador o índice es un parámetro que facilita la información sobre un factor crítico identificado en la organización, en los procesos o en las personas respecto a las expectativas o percepción de los clientes, es necesario seleccionar y utilizar el indicador correcto para poder mejorar. Son llamados indicadores de clase mundial aquellos que son utilizados según la misma expresión en todos los países. De los seis índices de clase mundial, cuatro son los que se refieren al Análisis de la Gestión de Equipos y dos a la Gestión de Costos, entre los indicadores de Mantenimiento más usados destacan los siguientes:

- Tiempo medio entre fallas
- Tiempo medio para reparación
- Tiempo promedio para falla
- Disponibilidad (confiabilidad) de equipos

A continuación, con la finalidad de seleccionar el indicador correcto para evaluar las actividades de mantenimiento realizadas en el Área de Material Rodante, se hará una breve descripción de cada uno de los indicadores de clase mundial para el Análisis de la Gestión de Equipos:

Tiempo medio entre fallas:

Ecuación 3: Tiempo Medio Entre Fallas

$$TMEF = \frac{\textit{Horas de Marcha}}{\textit{Cantidad de Correctivos}}$$

Donde:

Horas de Marcha: Tiempo de Operación

Cantidad de correctivos: Contamos las O.T. correctivas.

Tiempo medio para reparación:

Ecuación 4: Tiempo Medio Para Reparación

$$TMPR = \frac{\sum \textit{Horas de Reparación}}{\textit{Cantidad de Correctivos}}$$

Donde:

Horas de Reparación: Sumamos las horas de parada en las O.T. Correctivos.

Cantidad de Correctivos: Contamos las O.T. correctivos.

Tiempo promedio para falla: Relación entre el tiempo total de operación de un conjunto de ítems no reparables y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en el periodo observado.

Ecuación 5: Tiempo Promedio Para Falla

$$TPPF = \frac{\sum \textit{HROP}}{\textit{NTFD}}$$

Donde:

TPPF: Tiempo promedio para falla

HROP: Tiempo total de operación de ítems no reparables.

NTFD: Número total de fallas detectadas.

Disponibilidad de equipos: Relación entre la diferencia del número de horas del periodo considerado (horas calendario) con el número de horas de intervención por el personal de mantenimiento para cada ítem observado y el número total de horas del periodo considerado.

Ecuación 6: Disponibilidad

$$DISP = \frac{\sum(HCAL - HRMN)}{\sum HCAL} * 100$$

Donde:

DISP: Disponibilidad del equipo

HCAL: Horas calendario totales de periodo

HRMN: Horas mantenimiento

El índice de disponibilidad es de gran importancia para la gestión del mantenimiento, pues a través de éste, se puede realizar un análisis selectivo de los equipos, cuyo comportamiento operacional está por debajo de estándares aceptables.

La disponibilidad está basada únicamente en la distribución de fallas y la distribución de tiempo de reparación. Esta puede ser además usada como un parámetro para el diseño.

La Empresa debe utilizar el indicador de Disponibilidad ya que es uno de los parámetros exigidos en el contrato de concesión, además de asegurar que el Indicador de Disponibilidad se mantendrá en el rango más alto entre 95% (Objetivo de Graña y Montero Ferrovías) -97.5% (Objetivo de Graña y Montero Concar); cumpliendo con el contrato de concesión (Ver anexo 10) . Si se mantiene el Indicador de Disponibilidad según el contrato de concesión se asegura un servicio de calidad, pero además se evita una penalidad.

Todas las áreas de la Empresa deben trabajar de manera conjunta y ordenada para alcanzar el indicador de Disponibilidad y superar los valores establecidos, con la finalidad de mejorar el servicio a los clientes.

En resumen como resultado podemos decir lo siguiente:

- a) Se alcanzó la optimización de tiempos en bajo bastidor haciendo uso del Miniprof para inspección de ruedas (Actividad 03.104) y realizando la máxima cantidad de actividades posibles aprovechando la ubicación del personal, como por ejemplo: Las actividades: 03.102,03.106 y 03.111 lo realizará el personal por los laterales de Ma1 hasta Ma2 verificando desde el exterior.
- b) En caja se redució tiempos por el uso del útil de obstáculos, la disminución al 50% en el test de puertas y el uso de radiotetra.
- c) En techo se reduce tiempos en actividades de mantenimiento por implementación de línea de vida que facilita el traslado para revisar las resistencias de freno y la estructura que permite acceso directo a los pantógrafos.
- d) Con las mejoras propuestas se logra reducir el tiempo de mantenimiento de la actividad I1 a un turno de trabajo 8 horas (Ver Anexo 11), lo cual permite ofrecer mayor disponibilidad de trenes Alstom Metrópolis 9000.

CONCLUSIONES

- a) Se ha tomado conocimiento de las actividades de mantenimiento preventivo que se realizan en la Actividad I1 - sistemas eléctricos (catenaria, ónix, resistencias, aire acondicionado), mecánicos (motor, ejes, ruedas, acople o enganche), neumáticos (frenos, TDP, paneles neumáticos) y electrónicos (DDU, CESIS, Micromisef) del tren Alstom Metrópolis 9000. Esta actividad I1 se realiza retirando el tren de la vía principal para darle mantenimiento en el taller de M.R. durante todo el tiempo que sea necesario para realizar las actividades I1, pero considerando que gran parte de dichas actividades son realizados durante el día por facilidad de suministros, maniobras y con presencia de personal técnico del fabricante.
- b) Se ha cuantificado los tiempos de las actividades de Mantenimiento Preventivo I1 en bajo bastidor, caja y techo; se detectó la variación de tiempos al realizar la misma actividad de mantenimiento I1 en diferentes trenes Alstom y se determinó que durante el periodo de enero hasta julio del 2014, el indicador CMH, es en general, inferior a 1, es decir las Horas Hombres utilizadas en el Mantenimiento I1 son superiores a las Horas Hombres estimadas por el Área de Planeamiento (El promedio de las Horas-Hombre utilizadas es de 43.38) y Las Horas Hombre utilizadas en el mantenimiento I1 durante el periodo de enero del 2016 hasta febrero del 2017 son inferiores a las Horas-Hombre estimadas por el Área de Programación y Planeamiento (El promedio de las Horas-Hombre utilizadas es de 32.72); es decir hubo una mejor gestión de las Horas- Hombre con la implementación de la Optimización de tiempos, sin implicar eliminación de actividades.
- c) Se ha propuesto diversas mejoras a los procedimientos de mantenimiento preventivo analizados de la Actividad I1 orientadas a la optimización de tiempos, alcanzado visualizar un ahorro de S/. 4408.26 al mes correspondiente al pago de horas-hombre y con el consiguiente

mejoramiento del indicador CMH. Las mejoras consisten en (i) una mejor secuencia lógica de procesos de mantenimiento con procedimientos más claros, (ii) se ha realizado el diseño útiles de obstáculo de puertas que sirve para facilitar la realización de actividades, (iii) la implementación de una línea de vida (previamente inexistente) para ahorrar tiempo en desplazamiento, (iv) maximizar la cantidad de actividades estando en un punto específico con la finalidad de aprovechar al máximo al personal técnico y (v) uso de dispositivos o instrumentos (radio-terra y miniprof) para mejorar el procedimiento de la actividad de mantenimiento ya que anteriormente la comunicación era verbal.

- d) Se ha evaluado los resultados usando indicadores de tiempo y cuadros comparativos según información registrada en las cartillas del Mantenimiento I1 antes y después de las propuestas para la optimización de tiempos llegando a que luego de la implementación de las mejoras se tenga un CMH mayor a 1 en todos los casos, un menor tiempo de Horas - Hombre también en todos los casos y por consiguiente una reducción en el costo Horas - Hombre, en comparación a que previamente CMH usualmente era menor a 1 en la mayoría de casos, había Horas - Hombre y costos por Horas - Hombre en exceso; además se reitera que las mejoras no conllevaron a eliminación de actividad alguna de I1.

RECOMENDACIONES

- a) Se recomienda realizar de manera muy cuidadosa las actividades de mantenimiento preventivo que se realizan en la Intervención I1 - sistemas eléctricos, mecánicos, neumáticos y electrónicos del tren Alstom Metrópolis 9000, debido a que se usan equipos muy sensibles y una mala regulación podría generar el paro del tren, por no tener señal dentro del rango. Para poder cuantificar los tiempos, es necesario una evaluación y supervisión en campo de la Actividad I1 y registrar en cartilla fecha/hora de inicio, fecha/hora final y cualquier evento que implique retraso de las actividades. No se debe aceptar ninguna cartilla de mantenimiento si no está la información completa del mantenimiento, pues se visualizó algunas cartillas que no contenían la información solicitada.
- b) Para mantener la Optimización de tiempos y las actividades de Mantenimiento Preventivo I1 en bajo bastidor, caja y techo; se recomienda una supervisión permanente en campo para poder implementar más propuestas de mejora y alcanzar las exigencias del ISO 9001.
- c) Se recomienda actualizar los instructivos cada 6 meses con la finalidad de proponer técnicas de mantenimiento que faciliten la realización de las actividades en bajo bastidor, caja y techo del tren Alstom Metrópolis orientadas a una mejora continua de la optimización de tiempos con el consiguiente mejoramiento de los procesos de mantenimiento.
- d) Se recomienda el constante registro de los indicadores propuestos que servirá para poder determinar la situación de mejora y el objetivo que se desea alcanzar, así mismo mostrar y concientizar en el personal las mejoras alcanzadas y lo que se podría lograr si se cumplen con las mejoras propuestas en la presente tesis, esto con la finalidad de hacer un equipo de trabajo más sólido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alstom Documentación (2013) “*Plan de Mantenimiento SPA .53.223.01.000*”

Alstom (2012) Manual de Calado y Decalado de Rueda Alstom Metrópolis 9000.

Alstom (2010) Manual de Generalidades del Tren Alstom Metrópolis 9000.

Aparicio, J., Knox, L. y Pastor, J (1998), “*Advances in Efficiency and Productivity*”. Recuperado de:
<http://gen.lib.rus.ec/book/index.php?md5=BFF96DEDA0AC927E2897A88C37B5A870>

Atlas, Favio. (2012).”*Sistema de Gestión Ferroviario Aplicado al Material Rodante*”. Tesis para Optar el Grado de Magister en Calidad Industrial. Recuperado de:
<https://www.inti.gob.ar/incalin/pdf/tesis/FavioAtlas.pdf>

Argüeso, A. y Tamborero del Pino, J. (2012). Infraestructuras ferroviarias: Mantenimiento Preventivo. *Notas Técnicas de Prevención- NTP 958*. Conferencia llevado a cabo en Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Madrid, España.

Arias, L., Carbone, A., y Sambrano, M. (2010). " *Validación de los Procesos de Mantenimiento de ALSTOM*". Proyecto de Fin de Máster en Gestión de Calidad y Excelencia Empresarial. Recuperado de:
http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:78584/componente78582.pdf

Bazan, I. (30 de diciembre 2014). “*Plan de Mejoramiento Gestión de Fallas de Alto Impacto*”. La Tercera. Recuperado de:
<http://static.latercera.com/20141212/2047273.pdf>

Ben-Daya, M., Salih O. Duffuaa, Raouf, A, Knezevic, J., Ait-Kadi, D. (2009) “*Handbook of Maintenance Management and Engineering*”. London, Inglaterra: Editorial Springer-Verlag.

Beth, Frederick. (2011). *"Managing Science: Methodology and Organization of Research"*. Recuperado de:

<http://libgen.io/ads.php?md5=73758E7DCD7EB39757048B531DC45D9C>

Bolton, R.N. y Drew, J.H. (1994), «*Linking customer satisfaction to service operations and outcomes*». (eds., 1994). Nueva York, U.S.: Editorial Sage Publications.

Bruce, R. (2012) *"Handbook of Lubrication and Tribology Volume II Theory and Design"*. Second Edition. New York, U.S: Editorial Taylor & Francis Group, LLC.

Casas, J. (2012). *"Modelo de Análisis de Planes de Mantenimiento de Material Rodante"*. Proyecto de Final de Carrera Ingeniería Industrial. Recuperado de: <https://zagan.unizar.es/record/6877/files/TAZ-PFC-2012-042.pdf>

Cavero, G. y Fernández, P. (2015) *"Gestión De Transporte Sostenible y Diseño Geométrico de Ciclovía que Interconecte la Estación Aramburú Del Metropolitano y la Estación San Borja Sur del Metro de Lima"*. (Tesis de Pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima, Perú.

CONCAR (2015), Área: Ingeniería y Diseño

CONCAR (2013), Área: Programación y planeamiento.

Cuartas, L. 2008. *"Mantenimiento"*. Recuperado de: http://www.unalmed.edu.co/tmp/curso_concurso/area3/QUE_ES_EL_MANTENIMIENTO_MECANICO.pdf

David, J. (2010) *"Dirección de Planos en Ruedas de Tren por Análisis Ultrasónico del Contacto Rueda - carril en condiciones Dinámicas"*. Memoria para Optar el Grado de Doctor. Recuperado de: <http://eprints.ucm.es/12316/1/T32770.pdf>

Definición en ABC. (12 de enero 2017) *"Definición de Productividad"*. Recuperado de: <http://www.definicionabc.com/economia/productividad.php>

Dolphin Telecom- RadioTetra. Productos
<https://www.google.com.pe/search?q=RADIOTETRA&oq=RADIOTETRA&aqs=chrome..69i57j0l5.5629j1j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>

Dunlop, C., (1990) "*A Practical Guide to Maintenance Engineering*". New York, U.S. : Editorial Butterworth & Co Ltd.

García, V. (2012). "*Diseño de Componentes de un Vehículo Ferroviario para el Control y Mantenimiento de Vías*". Proyecto de Fin de Carrera de Ingeniería Técnica Industrial Mecánica. Recuperado de: http://orff.uc3m.es/bitstream/handle/10016/14398/PFC_Victor_Manuel_Garcia_Molina.pdf?sequence=1

Garrido, J. (2014). "*Mantenimiento del Tren 05*". Recuperado de: <http://www.metro.cdmx.gob.mx/imagenes/organismo/varios/oceania/4anexo03-01.pdf>

Gestión (10 de junio 2016) "*Ocho datos que debes saber sobre el Metro de Lima*", Recuperado de: <http://gestion.pe/economia/metro-lima-ocho-datos-que-debes-saber-este-servicio-transporte-2096002>

Gudmundsson, H. Ralph P. Hall, Marsden G. , Zietsman J. (2016) "*Sustainable Transportation Indicators, Frameworks, and Performance Management*" Texas, USA: Editorial Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Gutierrez, H. (2010) "*Calidad Total y Productividad*". Recuperado de: <http://libgen.io/ads.php?md5=C0AF8FDE37BCE55C68E2B2FDA585352E>

Hernández R., Fernández C. y Baptista P. (2014) "*Metodología de la Investigación*". Recuperado de: <http://libgen.io/ads.php?md5=E730F5A55CF4BD418343B9263AE1936E>

Infraestructura Peruana. (30 de diciembre 2016) "Metro de Lima". Recuperado de: <http://infraestructuradelperu.blogspot.pe/2014/07/metro-de-lima.html>

Ingenia Telemática (28 de abril 2017). Recuperado de:
http://www.ingeniatel.com/perfil_rueda.htm

Instituto Nacional de Cualificaciones. (2012). “*Mantenimiento de los Sistemas Mecánicos de Material Rodante Ferroviario*”. Recuperado de:
http://www.educacion.gob.es/educa/incual/pdf/BDC/TMV198_2.pdf

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (2011). *Invertir en Mantenimiento, Invertir en Seguridad*. Recuperado de:
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Europa/MesaRedonda/Empresas/Ficheros/METRO%20MADRID.pdf>

Khairy A. H., Kobbacy, D. N. Prabhakar Murthy (2008). “*Complex System Maintenance Handbook*”. Berlin, Alemania: Editorial Springer.

Manzini, R & Regattieri, A & Hoang Pham. (2010). “*Maintenance for Industrial Systems (Springer Series in Reliability Engineering)*”. Berlin, Germany: Editorial Springer.

Martínez, R. S. (2007). “*Modelo de Gestión Integral de Mantenimiento basado en Riesgo para las Vías Férreas de la C.A. Metro de Caracas*”. Trabajo Especial de Grado para optar el Grado de Especialista en Confiabilidad de Sistemas Industriales. Recuperado de:
<http://159.90.80.55/tesis/000134680.pdf>

Metro de Lima Horizonte 2025 (2016). “*Algunas fotos finales de la Línea 1*”, revisado el 10 junio 2016 en: <http://limametro.blogspot.pe/2014/09/luis3007-algunas-fotos-finales-de-la.html>

Mobley, R. (2004) “*Maintenance Fundamentals*”. Second Edition. New York, U.S.: Editorial Butterworth-Heinemann.

Monje C. (2011) “*Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa, guía didáctica*”. (Tesis de Pregrado). Recuperado de:
<http://libgen.io/ads.php?md5=527543CD4D90C68ADA9EBE9A0C5A7B27>

Montesinos, J., Beltrán P., y Pastor, J. (2012) "Selección de Proyectos de Mantenimiento de Infraestructuras Ferroviarias utilizando el Proceso Analítico en Red con Beneficios, Oportunidades, Costos y Riesgos". XVI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos. Valencia, España.

Pastor, C. (2014). "Indicadores para medir la eficiencia del mantenimiento de activos de rodadura ferroviaria". Asociación Española para la Calidad. En XVI Congreso de Confiabilidad. San Sebastián, España.

Preditécnico (2011), "La estrategia predictiva en el mantenimiento industrial" blog de Madrid-España, Recuperado de: http://www.preditec.com/extranet/publicaciones/La_estrategia_predictiva_en_el_mantenimiento_industrial.pdf

Ramesh, G. (2013). "Maintenance and Realibility Best Practices". New York, U.S.: Editorial Industrial Press.

Saaty, T. L. (2005). "Theory and applications of the analytic network process: decision making with benefits, opportunities, cost, and risk". Pittsburgh, EE.UU: Editorial RWS Publications

Scannone, A. (2008) "Estudio de Diseño Ecológico del Tranvía" (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://159.90.80.55/tesis/000146963.pdf>

Servat, A. (2005) "CALIDAD. Metodología para documentar el ISO 9000. Versión 2000". Recuperado de: <http://libgen.io/ads.php?md5=51CBE9E577583DC3589956C290A3B7AF>

Soublette, G. (2011) "Sistemas de recuperación de energía para la Línea 1 del Metro de Santiago" (Tesis de Pregrado). Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Urdaneta, A. (2006). Diseño de un Plan de Mantenimiento para el Material Rodante de la Empresa Metro de Maracaibo Trabajo Especial de grado para Optar el Título de Ingeniero Industrial. Recuperado de: <http://200.35.84.131/porta/bases/marc/texto/2601-06-00538.pdf>

Vilchez, M. (2010) “Estudio de la demanda del Proyecto de transporte público subterráneo de Lima” (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.

Wireman T. (2005). “*Developing Performance Indicators for Managing Maintenance.*” [2nd Edittion]. New York, USA: Editorial Industrial Press.

Zapata, A. (2011). “*Mantenimiento de Ruedas Ferroviarias*”. Proyecto de Grado para Optar el Título de Ingeniero Mecánico. Recuperado de: https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/4434/Alejandro_ZapataMejia_2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y

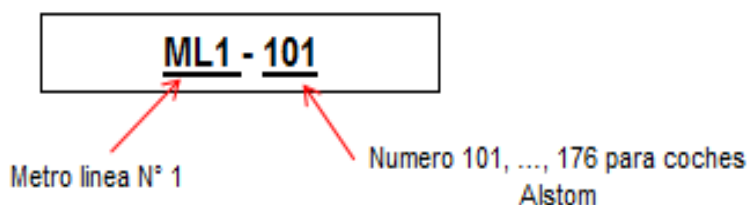
ANEXOS

ANEXO 1: CAPACIDAD DE PASAJEROS EN TREN ALSTOM METROPOLIS 9000

Pasajeros																																		
Criterio	Ma1	Mb1	R	Mb2	Ma2	Total																												
sentados	22	22	24	22	22	112																												
6 Pas/m2	169	184	185	184	169	891																												
Total	191	206	209	206	191	1003																												
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> Peso 70 Kg/pasaj </div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #f4a460;"> <th style="padding: 5px;">Criterio</th> <th style="padding: 5px;">Ma1</th> <th style="padding: 5px;">Mb1</th> <th style="padding: 5px;">R</th> <th style="padding: 5px;">Mb2</th> <th style="padding: 5px;">Ma2</th> <th style="padding: 5px;">Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px;">Tara (Kg)</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">32033</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">31530</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">29470</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">31530</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">32033</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">156596</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Capacidad Neta (Kg)</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">13370</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">14420</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">14630</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">14420</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">13370</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">70210</td> </tr> <tr style="background-color: #f4a460;"> <td style="padding: 5px;">Total</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">45403</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">45950</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">44100</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">45950</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">45403</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">226806</td> </tr> </tbody> </table>							Criterio	Ma1	Mb1	R	Mb2	Ma2	Total	Tara (Kg)	32033	31530	29470	31530	32033	156596	Capacidad Neta (Kg)	13370	14420	14630	14420	13370	70210	Total	45403	45950	44100	45950	45403	226806
Criterio	Ma1	Mb1	R	Mb2	Ma2	Total																												
Tara (Kg)	32033	31530	29470	31530	32033	156596																												
Capacidad Neta (Kg)	13370	14420	14630	14420	13370	70210																												
Total	45403	45950	44100	45950	45403	226806																												

ANEXO 2: NUMERACIÓN PARA LOS COCHES ALSTOM METROPOLIS 9000

Nº TREN		Ma1	Mb1	R	Mb2	Ma2
6	ML1	101	102	401	103	104
7	ML1	105	106	402	107	108
8	ML1	109	110	403	111	112
9	ML1	113	114	404	115	116
10	ML1	117	118	405	119	120
11	ML1	121	122	406	123	124
12	ML1	125	126	407	127	128
13	ML1	129	130	408	131	132
14	ML1	133	134	409	135	136
15	ML1	137	138	410	139	140
16	ML1	141	142	411	143	144
17	ML1	145	146	412	147	148
18	ML1	149	150	413	151	152
19	ML1	153	154	414	155	156
20	ML1	157	158	415	159	160
21	ML1	161	162	416	163	164
22	ML1	165	166	417	167	168
23	ML1	169	170	418	171	172
24	ML1	173	174	419	175	176



ANEXO 3: EQUIPO DE TRACCIÓN ALSTOM

En los trenes de Metro de Lima hay 16 motores, 2 en cada bogie motor, suministrados por ALSTOM Ormans.

El motor de tracción es del tipo asíncrono, de 4 polos y jaula de ardilla.


Los motores tienen una potencia de 155 kW. Trabajan con una tensión de 675 / 1,169 V (fase neutra y fase a fase), a 96.8 A de intensidad. El rango de velocidad va de 0 a 3,660 rpm y los motores desarrollan un par máximo de 1080 Nm en tracción y 1204 Nm en frenado.



ANEXO 4: SISTEMA NEUMATICO Y FRENO

COCHE	MÓDULO	COMPONENTES
Ma1, Ma2	Módulo de producción principal de aire (A01)	Grupo motocompresor principal, secador y elementos de protección y control
	Módulo de freno (Q1)	Panel de control de freno (B35)
		Panel de auxiliar (P01)
		2 x Módulo electrónico de coche (delta-MICEF)
		Depósito principal de 200 l
		Depósito de freno de 100 l
Mb1, Mb2	Módulo de freno (Q2)	Panel de control de freno (B36)
		Panel de auxiliar de Pantógrafo (U20)
		2 x Módulo electrónico de coche (delta-MICEF)
		Depósito principal de 200 l
		Depósito de freno de 100 l
		Equipo motocompresor auxiliar para pantógrafo
		Depósito auxiliar para pantógrafo de 15 l
R	Módulo de freno (Q3)	Panel de control de freno (B37)
		2 x Módulo electrónico de coche (delta-MICEF)
		Depósito principal de 200 l
		Depósito de freno de 100 l
	2 x Módulo electrónico (micro-MICEF)	1 módulo electrónico de tren (micro-MICEF)
		1 módulo electrónico de tren (micro-MICEF) con control de antideslizamiento (MGS2)

ANEXO 5: REPARACION DE CARENADOS

VOLUMEN 05 INTERIORISMO	MANUAL DE REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO	
05.008	Reparación de los carenado	
PAGINA:2 de 2	METRO DE LIMA L-1	

A - OPERACIONES PRELIMINARES

No procede.

B - MODOS DE OPERACIÓN

1. Localizar la zona dañada y lijarla ligeramente.
2. Quitar el polvo y limpiar con aspirador.
3. Aplicar el relleno con una espátula.
4. Dejar que el relleno se seque siguiendo las instrucciones comerciales del producto.
5. Una vez la superficie rellenada esté seca, lijar lo que sobra para que quede suave.
6. Repetir la operación de relleno si aún quedan zonas vacías en la superficie.
7. Repintar la zona recubierta con pistola.
8. Dejar que la pintura se seque a una temperatura de 34,5 °C – 38 °C durante 8 horas.



Para reparar las roturas o ralladuras grandes se tiene que utilizar un relleno más difícil de manipular, por lo que deberá hacerlo un experto.

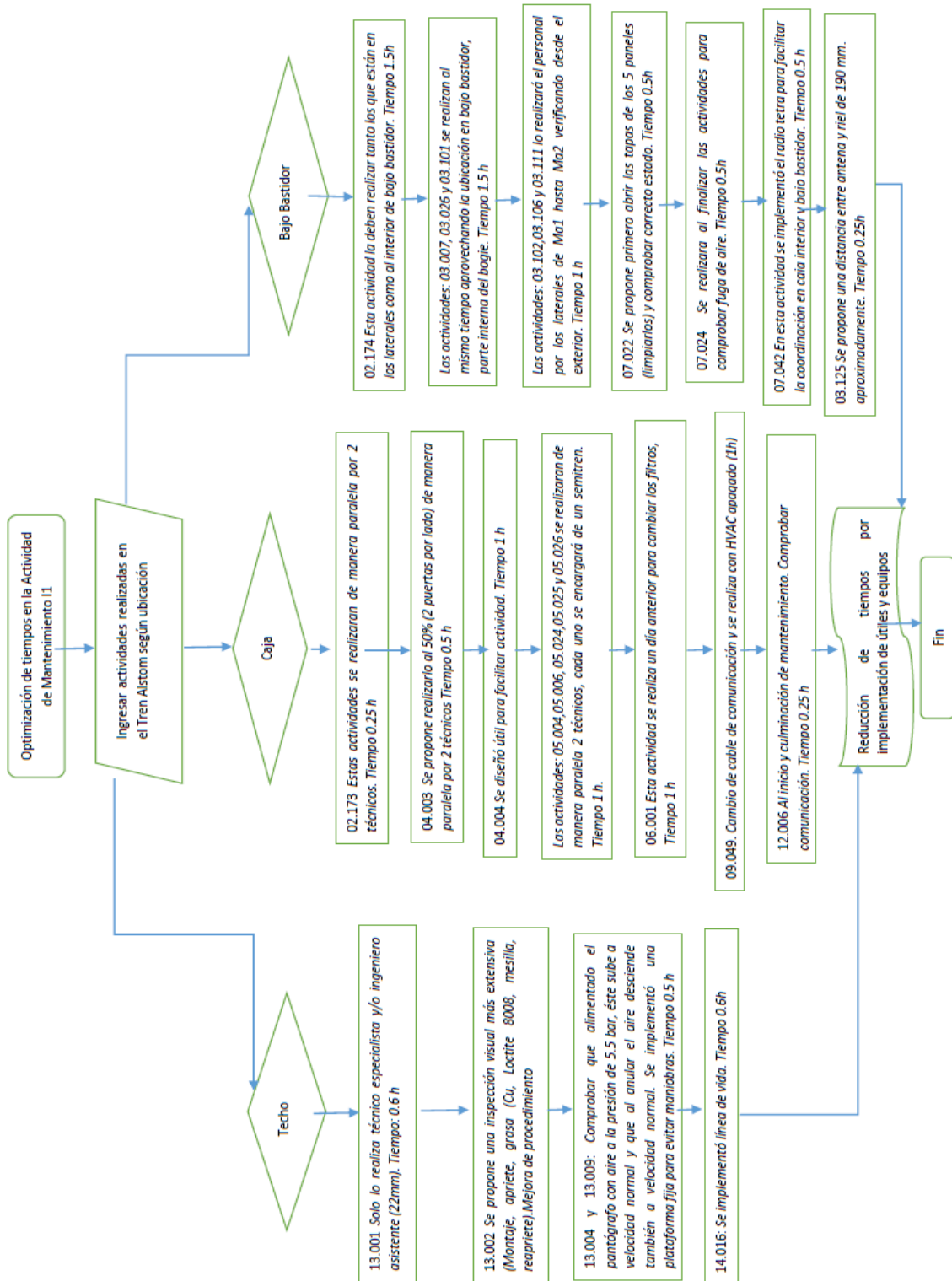


Cuando la rotura esté producida en las zonas de fijación, la pieza deberá ser sustituida por una nueva.

C - PUESTA EN SERVICIO


No procede.


ANEXO 6: DIAGRAMA DE FLUJO DE ACTIVIDADES I1



ANEXO 7: CARTILLA DE MANTENIMIENTO I1

		CARTILLA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO I1 ACTIVIDAD: CAJA - TREN ALSTOM				GO-MRF-MPT-FOR-001 Revisión 01				
		ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:	FECHA:	Página				
		JM	JMR	GS	27/10/2014	4 de 12				
TEC.	MANUAL	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES			Ma1	Mb1	R	Mb2	Ma2	OBS.
ILUMINACIÓN EXTERIOR										
Faros y pilotos externos										
	02. 175	- Verificación del funcionamiento de faros y pilotos externos. - Verificación del estado de los cristales, lentes y cableado. Limpieza interior si es necesario.								
MEGAFONÍA E INTERCOMUNICACIÓN IRIS + TREN STOP										
Megafonía e intercomunicación + tren stop										
	08. 001	- Inspección visual y test de funcionamiento del sistema. - Inspección visual del conjunto. - Verificación de funcionalidades completas del sistema de megafonía e intercomunicación.								
CENTRAL DE REGISTRO CESIS										
	09. 049	Extracción y análisis de los registros de la caja negra.								
TCMS										
TCMS										
	12. 006	Verificación del correcto funcionamiento del sistema, así como la comunicación con todos los equipos.								
	12. 008	Extracción y análisis de registros del sistema TCMS.								
MPU										
	12. 010	Verificar la coherencia de la fecha - hora del sistema TCMS con la fecha - hora real (ATP).								
ARMARIOS BT										
Armarios BT y cofres auxiliares										
	15. 001	Inspección visual de los armarios y cofres.								
PUESTO DE CONDUCCIÓN										
General										
	10. 001	Inspección visual general y test de funcionamiento.								
EQUIPO DE PRODUCCIÓN DE AIRE, FRENO NEUMÁTICO Y AUXILIARES NEUMÁTICOS										
Equipo de freno neumático										
Control de freno µMICEF + MGS2 µMICEF Supervisor STN37948 (B14) STN37951 (B16)										
	07. 040	Realizar test de auto prueba y consultar fallos en display de tarjeta MB04A.								
	07. 049	Consulta de fallos en el equipo de control de freno								
Llaves de paso DH - 12 - T - E - S1 ISTL18290 (B04) y DH -12- E- S1 ISTL20307 (B17)										
	07. 042	Accionar la válvula y comprobar indicación en la cabina.								
Electroválvula (B19)										
	07. 134	Comprobar señalización eléctrica.								
Equipo antideslizamiento										
Válvulas de antideslizamiento (G03, G07)										
	07. 037	Comprobar funcionamiento, efectuando auto test de tracción y de freno neumático.								
Equipo de desenganche automático										
Grifo de cierre DH7 - TE I88738 (P05)										
	07. 153	Accionar la válvula y comprobar funcionamiento desde la cabina.								
Equipo de señales acústicas										
Grifo de cierre DH7 - TE I88738 (P05)										
	07. 153	Accionar la válvula y comprobar funcionamiento desde la cabina.								
Electroválvula WMV1.0-NT I155549/072A (P06)										
	07. 154	Comprobar funcionamiento pulsando silbato y ausencia de fugas.								
Racor de control I146182 (P04)										
	07. 093	Comprobar el correcto estado exterior.								

		CARTILLA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO 11 ACTIVIDAD: BAJO BASTIDOR - TREN ALSTOM					GQ-MRF-MPT-FOR-001			
ELABORADO POR:		REVISADO POR:		APROBADO POR:		FECHA:		Revisión 01		
JM		JMR		GS		27/10/2014		Página 6 de 12		
Fecha INI:	H. INI:	TREN:	KM:	OT:	Fecha FIN:	H. FIN:				
TEC.	MANUAL	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES			Ma1	Mb1	R	Mb2	Ma2	OBS.
BOGIE										
Conjunto bogie										
	03. 112	Inspección visual de los guardafangos.								
Ruedas										
	03. 104	Inspección visual de las ruedas.								
Ejes										
	03. 101	Inspección visual del eje.								
Caja de grasa / Rodamientos										
	03. 102	Inspección visual de la caja de grasa.								
	03. 120	Inspección visual de la tapa plana caja de grasa.								
Suspensión secundaria										
	03. 107	Inspección visual de todos los componentes.								
	03. 131	Inspección visual del estado de las varillas de nivelación.								
Biela de Tracción (anclaje caja/bogie)										
	03. 111	Inspección visual (daños, articulaciones y fijaciones mecánicas).								
Retorno de corriente / tierra										
	03. 116	Inspección visual (fijación y cableado).								
Disco de freno, unidades de freno (cilindro + timonería) con estacionamiento, guarniciones de freno										
	03. 008	Comprobar desgaste de guarniciones (pastillas de freno) y sustituir en caso sea necesario.								
Engrase de Pestaña										
	03. 127	Inspección visual y verificación de presión del stick sobre la rueda (comprobación de ausencia de daños y rellenar stick en caso sea necesario).								
BOGIE MOTOR										
Reductor										
	03. 117	Inspección visual de la reductora.								
	03. 007	Comprobación de los agujeros de purga de agua en las tapas laberínticas.								
	03. 006	Comprobación del nivel de aceite.								
	03. 004	Búsqueda de fugas de aceite.								
Biela de reacción (del reductor)										
	03. 121	Inspección visual (daños, articulaciones y fijaciones mecánicas).								
Acoplamiento elástico										
	03. 134	Inspección visual del acoplamiento elástico y la transmisión.								
Antenas ATP										
	03. 125	Inspección visual de los soportes de las antenas, estado de antenas, fijaciones y cableado).								
Tacómetro ATP										
	03. 115	Inspección visual del tacómetro (fijación y cableado)								
Sensor Tren - Stop (Equipo IRIS)										
	03. 114	Inspección visual del sensor de velocidad para tren stop (fijación y cableado)								
BOGIE REMOLQUE										
Sensor Antideslizamiento WSP (en bogie remolque)										
	03. 114	Inspección visual del sensor antideslizamiento WSP (fijación y cableado).								
CAJA EXTERIOR										
Bajo bastidor										
	02. 174	Comprobación general de fijaciones, verificando marcas de par de apriete. Verificar el estado de los cierres de cofres.								
CADENA DE TRACCIÓN										
Radiador y ventilador del módulo convertidor ONIX										
	14. 047	Verificación del correcto funcionamiento del ventilador.								

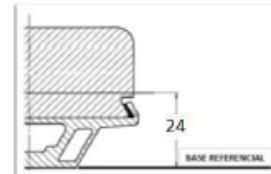
		CARTILLA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO II				GO-MRF-MPT-FOR-001		
		ACTIVIDAD: TECHO - TREN ALSTOM				Revisión 01		
ELABORADO POR:		REVISADO POR:		APROBADO POR:		FECHA:		
JM		JMR		GS		27/10/2014		
						Página 1 de 12		
TEC.	MANUAL	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	Ma1	Mb1	R	Mb2	Ma2	OBS.
EQUIPO COMPACTO DE AIRE ACONDICIONADO								
	06.006	limpieza del equipo compacto de aire acondicionado. <i>Ver nota al final de actividades en techo.</i>						
PANTÓGRAFO								
Pantógrafo								
	13.001	Verificación del estado de las bandas de contacto y de los cuernos de escape.						
	13.002	Verificación del estado de las conexiones flexibles, cables, trenzas y uniones atornilladas.						
	13.004	Control de funcionamiento.						
Bastidor								
	13.009	Examen visual general de las piezas principales (bastidor, sistema articulado) en busca de piezas deformadas, fisuradas o con choques.						
Aisladores y mangueras								
	13.006	Verificación y limpieza de los aisladores eléctricos y mangueras aislantes y verificación del latigullo neumático.						
CAJA DE FUSIBLES DE PANTÓGRAFO								
	13.017	Inspección visual de la caja y cierres.						
PARARRAYOS								
	13.019	Inspección general y limpieza						
CADENA DE TRACCIÓN								
Resistencias de freno								
	14.016	Inspección general.						

NOTA: La actividad 06.006 se realizará al inicio y término de la estación de verano. Previa indicación del supervisor de material rodante.

PANTÓGRAFO

Importante: La medida límite de desgaste de los carbones es 24 mm (MEDIDA DESDE LA BASE REFERENCIAL).

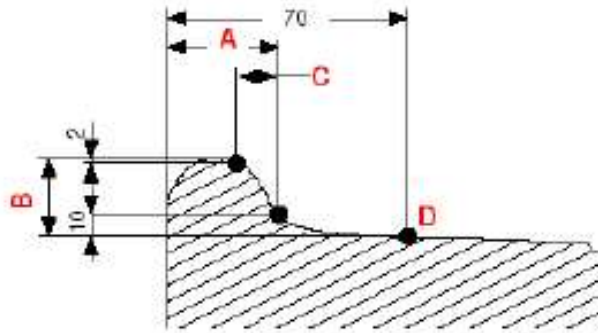
Coche	Código del Pantógrafo	Carbón Delantero (mm)		Carbón Posterior (mm)	
		B1		B1	
		B2		B2	
		B1		B1	
		B2		B2	



1.- Si cambio el carbón del pantógrafo Indique con una X aquí:

ANEXO 8: PERFIL DE RUEDA ALSTOM METROPOLIS 9000

	INSTRUCCIÓN TÉCNICA DE MANTENIMIENTO	REVISIÓN IM1 BAJO BASTIDOR
	METRO DE LIMA – LÍNEA 1	Página: 18/303 Rev. A3



Perfil de rodadura original

- El perfil original empleado en las ruedas nuevas de los Trenes S/9000 está basado en la norma francesa UNE EN 15313. Sus parámetros nominales son los siguientes:
 - a) Diámetro de rodamiento (rueda nueva): 840 mm.
 - b) Desgaste máximo en radio: 35 mm.
 - c) Círculo teórico de rodadura: a 70 mm de la cara interna de la rueda.
 - d) Anchura total de la banda de rodadura: 135 mm.
 - e) Altura de la pestaña: 29 mm.
 - f) Espesor de pestaña: 31,11 mm.

Valores límites del perfil de rodadura

- Los valores límite que se admiten en servicio comercial de los parámetros de rodadura en los Trenes S/9000, son los siguientes:
 - a) Diámetro de rodamiento (rueda desgastada): 770 mm.
 - b) Espesor de pestaña: superior a 25 mm.
 - c) Altura de la pestaña: inferior a 36 mm.
 - d) QR: superior a 6,5 mm.
- La diferencia máxima admisible entre diámetros de ruedas es de 7,7 mm entre ruedas de ejes del mismo coche (es decir, controladas por el mismo ondulator de tracción), según requerimientos del equipo de tracción.

ANEXO 9: O.T. A INICIOS DE LA REALIZACION DE LA I1

		Fecha reporte: 16/07/2014 16:08	
CARL SOURCE MATERIAL RODANTE		Pagina 1 de 1	
ORDEN DE TRABAJO N°: 003198			
Fecha y hora de inicio: <i>15-07-14 07:30 Hrs</i>		Responsable: SUPERVISOR DE TURNO	
Fecha y hora final: <i>15-07-14 19:00 Hrs</i>			
Centro de costos: MRP	Estado: En curso	Prioridad: Normal	
Equipo averiado: No	Clase: PREVENTIVO	Sintoma:	
Título: Mantenimiento Alstom tipo I1 - 12500km - (87500km)			
Punto Geografico: L1-T	Trenes (Ocultar el valor si el tren esta fuera del taller)		
Punto principal: T_REF	TALLER_(Creado solo de referencia)		
Equipo de referencia: T06	Tren T06		
Marca:			

DESCRIPCION REFERENCIA DE TRABAJOS REALIZADOS

16/07/2014 Turno dia

REALIZAR EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO I1 CORRESPONDIENTE AL ODOMETRO DE 87500 KM

TITULO DE EJECUCION DE MANTENIMIENTO 87503 km

- Se realiza Prueba de entrada según cartilla
- Se realiza Mantenimiento Nivel I1 (12500 km) según Cartilla
- Se realiza Prueba de salida según cartilla

Supervisor Material Rodante: Gomez Cano Lucio

Operaciones a considerar:

- Coche Mb1, medidas mínimas de patin tomacorriente de pantógrafo N/S: 3459-83
Patin 01: 26.07 mm
Patin 02: 26.45 mm
- Coche Mb2, medidas mínimas de patin tomacorriente de pantógrafo N/S 3460-64
Patin 01: 25.97 mm
Patin 02: 27.13 mm
- Se colocaron 31 und. de bastones lubricadores Stick
 - Coche Ma1, 06 und.
 - Coche Mb1, 06 und.
 - Coche R, 10 und.
 - Coche Mb2, 06 und.
 - Coche Ma2, 04 und.
- Se justó bielas de tracción por encontrarse ligeramente desajustado
 - Coche Ma1, bogie PB3 y PB4 lado izquierdo
 - Coche Mb1, bogie PB2 y PB6 lado izquierdo
 - Coche R, bogie TB1 y TB2 lado izquierdo
 - Coche Mb2, bogie PB lado derecho
 - Coche Ma2, bogie PB3 y PB4 lado derecho
- Cambio de 26 juegos de pastillas de freno por presentar medidas mínimas (OT: 003371)
 - Coche Ma1, PB3 eje 02, 02 juegos
 - Coche Ma1, PB4 eje 01, 02 juegos
 - Coche Mb1, PB6 eje 01 y 02, 04 juegos
 - Coche Mb1, PB2 eje 01 y 02, 04 juegos
 - Coche R, TB1 eje 01 y 02, 04 juegos
 - Coche R, TB2 eje 01, 02 juegos
 - Coche Mb2, PB2 eje 01 y 02, 04 juegos
 - Coche Mb2, PB6 eje 01 y 02, 04 juegos

Odómetro / Horómetro (B): *87503 km* Fecha ejecución: *15-07-2014*

OBSERVACIONES TECNICAS PARA EL SIGUIENTE TURNO:

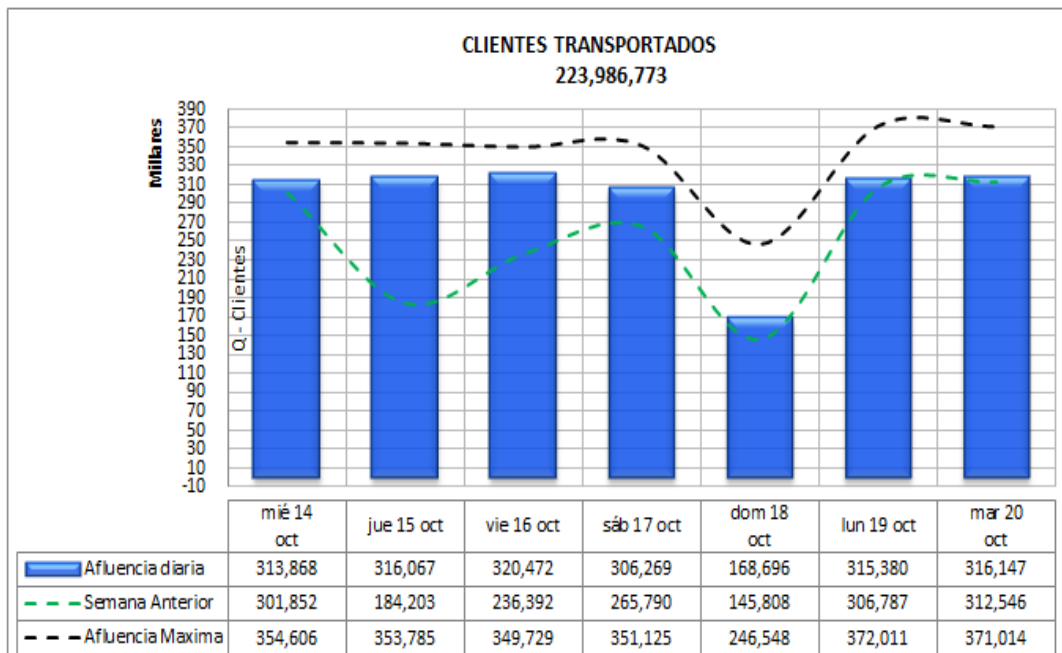
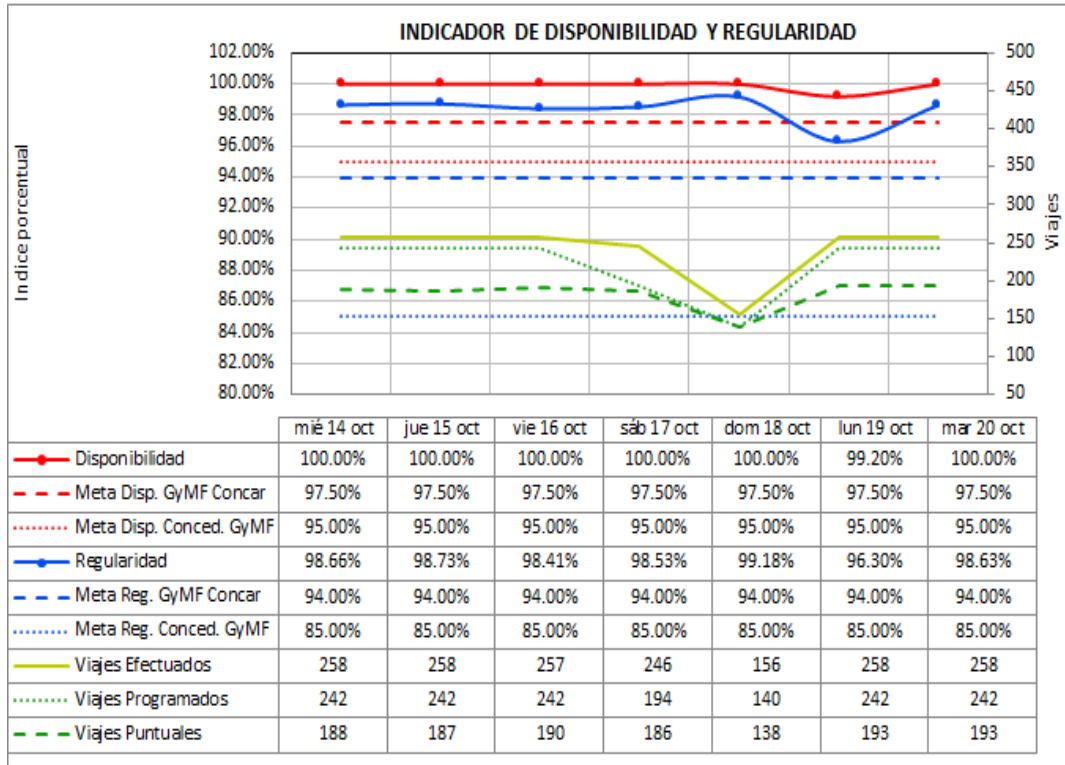

 Supervisor


 Responsable


GD-MRP-GEN-FOR-001_Rev00

USUARIO: CLJ:

ANEXO 10: INDICADOR DE DISPONIBILIDAD Y REGULARIDAD



ANEXO 11: O.T. LUEGO DE LA PROPUESTA DE MEJORAS EN LA I1



**CARL
SOURCE**

MATERIAL RODANTE

ORDEN DE TRABAJO 008174

N°:

Fecha reporte: 27/05/2015 19:20

Página 1
de 1

Fecha y hora de inicio: 02-05-2015 09:30 HR. Responsable: SUPERVISOR DE TURNO

Fecha y hora final: 02-05-2015 15:45 HR.

Centro de costos:	MRP	Estado:	En curso	Prioridad:	Normal
Equipo averiado:	No	Clase:	RMP	Sintoma:	
Título:	Mantenimiento Alstom tipo I1 - 12500km. (200000km)				
Punto Geografico:	L1-87-PT-N2-TM		TALLER MATERIAL RODANTE		
Punto principal:	0		Unidad trenes ALSTOM		
Equipo de referencia:	T06		Tren T06		
Marca:					

DESCRIPCION REFERENCIA DE TRABAJOS REALIZADOS

02/05/2015 Turno día

REALIZAR EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO I1 CORRESPONDIENTE AL ODOMETRO DE 200,000 KM KM DE EJECUCION DE MANTENIMIENTO 200963 KM

Se realiza Prueba de entrada según cartilla
 Se realiza Mantenimiento Nivel I1 (12500 km) según Cartilla
 Se realiza Prueba de salida según cartilla

Supervisor de Material Rodante: Sanchez Espiritu, Juan

Operaciones a considerar:

Coche Mb1, medidas mínimas de patin tomacorriente de pantógrafo N/S: 3459-63
 - Patin N° 1: 25.60 mm
 - Patin N° 2: 25.80 mm


Coche Mb2, medidas mínimas de patin tomacorriente de pantógrafo N/S: 3460-64
 - Patin N° 1: 25.50 mm
 - Patin N° 2: 25.70 mm

Coche Mb2, se cambio 03 trencillas de corriente base
 Se colocaron 39 und. de Bastones de lubricación rectangular (Stick)
 - Coche Ma1, 06 und.
 - Coche Mb1, 06 und.
 - Coche Rem, 10 und.
 - Coche Mb2, 06 und.
 - Coche Ma2, 07 und.


Medición y cambio de 08 Jgo. pastillas de freno
 - Coche Ma2, Bogle PB3, Eje 1 y 2, se cambio 04 Jgo. pastillas
 - Coche Ma2, Bogle PB4, Eje 1 y 2, se cambio 04 Jgo. pastillas

Odómetro / Horómetro (B): 200963 KM. Fecha ejecución: 02-05-2015

OBSERVACIONES TECNICAS PARA EL SIGUIENTE TURNO:



Supervisor



Responsable

GO-MRF-PYG-FOR-001 ORDEN DE TRABAJO
 28/03/2014
 REV.00

USUARIO: AHR

117