



“2024. CONMEMORACIÓN DE LOS 200 AÑOS DE LA CREACIÓN DEL ESTADO LIBRE Y SOBERANO DE NUEVO LEÓN”.



**Gobierno de  
Nuevo León**

## ESPECIFICACIÓN TÉCNICA GENERAL

PARA EL DISEÑO, FABRICACIÓN, SUMINISTRO, PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO DE VEHÍCULOS DOBLES ARTICULADOS MODELO MM-25, PARA PRESTAR EL SERVICIO DE TRANSPORTE PÚBLICO MASIVO EN LA RED DEL STC METRORREY

### 31-13-01-MR-0100-E

CONTROL DE REVISIONES					
REV	FECHA	POR	DESCRIPCIÓN	REVISÓ	APROBÓ
1	15-01-2024	JSMC	PARA CONTRATACIÓN	SLM	GGM
2	09-04-2024	JSMC	PARA CONTRATACIÓN	SLM	GGM

## INDICE

<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA GENERAL</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>7</b>
<b>1. GENERALIDADES</b> .....	<b>7</b>
1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REQUERIDOS .....	7
1.2. PRODUCTO ESPERADO .....	7
1.3. OBJETIVOS.....	8
1.4. DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL RODANTE .....	8
1.4.1. <i>Sistema Mecánico</i> .....	10
1.4.2. <i>Sistema Neumático</i> .....	10
1.4.3. <i>Sistema Eléctrico</i> .....	10
1.4.4. <i>Sistema de Control</i> .....	11
1.5. SERVICIOS A PASAJEROS .....	12
1.5.1. <i>Alta seguridad</i> .....	13
1.5.2. <i>Información general</i> .....	13
1.5.3. <i>Servicio de puertas</i> .....	14
1.5.4. <i>Paro de urgencia</i> .....	14
1.5.5. <i>Confort de pasajeros</i> .....	14
1.5.6. <i>Música ambiental</i> .....	14
1.6. CONDICIONES DE EMPLEO DE LOS VEHÍCULOS .....	15
1.7. DISTANCIA MEDIA ENTRE FALLAS .....	16
1.8. CONSUMO DE ENERGÍA .....	17
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>18</b>
<b>2. SISTEMA MECÁNICO</b> .....	<b>18</b>
2.1. LA CAJA .....	18
2.1.1. <i>Estructura y laminación</i> .....	18
2.1.2. <i>Aislamiento térmico y acústico</i> .....	19
2.1.3. <i>Interiores</i> .....	19
2.1.4. <i>Preparación y acabados</i> .....	22
2.1.5. <i>Articulación</i> .....	23
2.1.6. <i>Acoplador compacto automático</i> .....	24
2.2. EQUIPOS BAJO EL BASTIDOR.....	25
2.2.1. <i>Bogíes</i> .....	25
2.2.2. <i>Unión caja-bogie</i> .....	29
2.3. COFRES LATERALES Y COFRES DE EQUIPOS .....	31
2.4. CABINA DE CONDUCCIÓN.....	31
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>33</b>
<b>3. SISTEMA NEUMÁTICO</b> .....	<b>33</b>
3.1. GRUPO MOTOCOMPRESOR MCP (COMPRESOR ROTATIVO).....	33
3.2. SECADOR DE AIRE .....	33
3.3. TANQUES DE ALMACENAMIENTO .....	34
3.4. TUBERÍAS Y ACCESORIOS.....	34
3.5. SUSPENSIÓN SECUNDARIA .....	35
3.6. PANTÓGRAFO.....	35
3.7. SISTEMA DE PUERTAS PARA USUARIOS .....	36
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>37</b>
<b>4.- SISTEMA ELÉCTRICO</b> .....	<b>37</b>
4.1 ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA .....	37
4.1.1 <i>Fuentes de energía</i> .....	37

4.1.2	<i>Protecciones por interruptores termomagnéticos</i>	37
4.1.3	<i>Conductores eléctricos</i>	38
4.1.4	<i>Clemas y conectores</i>	38
4.1.5	<i>Relevadores</i>	38
4.1.6	<i>Selectores, conmutadores, botones, carteros exteriores e instrumentación</i>	39
4.1.7	<i>Montaje de componentes eléctricos y electrónicos</i>	40
4.2	DISYUNTOR ULTRARRÁPIDO	41
4.3	CONVERTIDOR ESTÁTICO DE TRACCIÓN (CET)	41
4.4	RESISTENCIAS DE FRENADO	42
4.5	MOTORES DE TRACCIÓN	42
4.6	RETORNO DE CORRIENTE (NEGATIVO Y MASA)	43
4.7	CONVERTIDOR ESTÁTICO DE AUXILIARES (CEA)	44
4.8	BANCO DE ACUMULADORES	45
4.9	INTERFERENCIAS CON SISTEMAS DE INSTALACIONES FIJAS	46
<b>CAPÍTULO 5</b>		<b>47</b>
<b>5. SISTEMAS DE CONTROL</b>		<b>47</b>
5.1.	UNIDAD DE CONTROL Y REGULACIÓN DE MARCHA	47
5.1.1.	<i>Sensores</i>	48
5.1.2.	<i>Manipulador de tracción</i>	48
5.1.3.	<i>Estación de botones para maniobras de acoplamiento/desacoplamiento por M2</i>	50
5.2.	CONTROL DE FRENO Y ANTIDESLIZAMIENTO	51
5.2.1.	<i>Unidad electrónica de frenado (UEF)</i>	51
5.2.2.	<i>Tipos de frenado</i>	52
5.2.3.	<i>Freno regenerativo</i>	53
5.2.4.	<i>Freno dinámico</i>	53
5.2.5.	<i>Freno neumático</i>	53
5.2.6.	<i>Desaceleración en frenado</i>	54
5.2.7.	<i>Freno de estacionamiento</i>	54
5.2.8.	<i>Función de antideslizamiento</i>	55
5.3.	SISTEMA PARATRÉN DE VEHÍCULO	55
5.4.	SISTEMA REGISTRADOR DE EVENTOS	56
5.4.1.	<i>Principio de operación</i>	57
5.4.2.	<i>Obtención de datos</i>	57
5.4.3.	<i>Odómetro digital</i>	58
5.4.4.	<i>Velocímetro electrónico analógico</i>	59
5.5.	UNIDAD PROGRAMABLE DE SERVICIOS (UPS) O TRAIN CONTROL	59
5.5.1.	<i>Sistema de alumbrado</i>	60
5.5.2.	<i>Motocompresor</i>	60
5.5.3.	<i>Neutralización de mandos de conducción</i>	60
5.5.4.	<i>Puertas</i>	60
5.5.5.	<i>Bucle de seguridad</i>	61
5.5.6.	<i>Control de la velocidad por accionamiento de KFS</i>	62
5.5.7.	<i>Luces intermitentes de tránsito y frenado</i>	62
5.5.8.	<i>Monitoreo de tensión de corriente alterna</i>	62
5.5.9.	<i>Control de pantógrafo</i>	62
5.6.	COMPUTADORA TIPO LAPTOP INDUSTRIAL PARA MANTENIMIENTO	62
5.7.	RADIO	63
5.8.	SISTEMA DE VOCEO	64
5.9.	SISTEMA DE VIDEO VIGILANCIA (CCTV)	65
5.10.	SISTEMA DE INFORMACIÓN	65
5.11.	SISTEMA DE CONTROL DE PUERTAS Y VELOCIDAD	66
5.11.1.	<i>Función de control de puertas</i>	67
5.11.2.	<i>Función de control de velocidad</i>	67
5.12.	PREPARACIÓN ADICIONAL DISPONIBLE.	68
<b>CAPÍTULO 6</b>		<b>69</b>

<b>6.</b>	<b>PRUEBAS .....</b>	<b>69</b>
6.1.	GENERALIDADES .....	69
6.2.	TIPOS DE PRUEBAS .....	69
6.2.1.	<i>Pruebas de control de resistencia para prototipos</i> .....	69
6.2.2.	<i>Pruebas estáticas de la caja</i> .....	69
6.2.3.	<i>Pruebas dinámicas a la viga oscilante</i> .....	70
6.2.4.	<i>Pruebas dinámicas del bastidor del bogie motriz y bogie remolque</i> .....	71
6.2.5.	<i>Pruebas a pórtico central</i> .....	71
6.3.	PRUEBAS DE LA UNIDAD DE TRANSMISIÓN O CAJA DE ENGRANES .....	71
6.4.	PRUEBAS DEL GRUPO MOTOCOMPRESOR .....	71
6.5.	PRUEBAS DE LOS CIRCUITOS Y EQUIPOS ELÉCTRICOS .....	72
6.5.1.	<i>Pruebas a circuitos eléctricos</i> .....	72
6.5.2.	<i>Pruebas a equipos eléctricos</i> .....	72
6.6.	PRUEBAS A LOS MOTORES DE TRACCIÓN, EQUIPO DE CONTROL TRACCIÓN-FRENADO, FUSIBLES Y DISYUNTORES DE POTENCIA Y EQUIPOS PERIFÉRICOS.....	73
6.7.	PRUEBAS DE LOS EQUIPOS ANTES DE SU EMBARQUE .....	73
6.7.1.	<i>Pruebas mecánicas</i> .....	73
6.7.2.	<i>Pruebas neumáticas</i> .....	73
6.8.	PRUEBAS DE LOS VEHÍCULOS EN LÍNEA ANTES DE LA PUESTA EN SERVICIO.....	74
6.8.1.	<i>Pruebas tipo</i> .....	74
6.8.2.	<i>Pruebas serie</i> .....	74
<b>CAPÍTULO 7</b>	<b>.....</b>	<b>75</b>
<b>7.</b>	<b>DOCUMENTACIÓN .....</b>	<b>75</b>
7.1.	ESTUDIO PARA LA FABRICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS.....	75
7.2.	DOCUMENTOS A EMITIR Y ENTREGAR EN COPIA IMPRESA Y DIGITALIZADA A METRORREY.....	75
7.2.1.	<i>Primera categoría: documentos necesarios para la fabricación</i> .....	75
7.2.2.	<i>Segunda categoría: documentos relativos a los componentes completos</i> .....	76
7.2.3.	<i>Tercera categoría: documentos necesarios para la operación y mantenimiento del material</i> .....	77
7.3.	EJECUCIÓN DE LOS DOCUMENTOS .....	78
7.3.1.	<i>Introducción</i> .....	78
7.3.2.	<i>Contenido de la colección</i> .....	78
7.3.3.	<i>Ejecución de los planos</i> .....	79
7.3.4.	<i>Ejecución de los documentos (anexo a los planos)</i> .....	79
7.4.	ENTREGA DE DOCUMENTOS.....	79
7.5.	SUPERVISIÓN DE FABRICACIÓN .....	80
<b>CAPÍTULO 8</b>	<b>.....</b>	<b>81</b>
<b>8.</b>	<b>CONDICIONES Y REQUERIMIENTOS PARA LA FABRICACIÓN.....</b>	<b>81</b>
8.1.	MATERIALES DE FABRICACIÓN .....	81
8.2.	PIEZAS O COMPONENTES DE SEGURIDAD .....	81
8.2.1.	<i>Piezas de forja</i> .....	81
8.2.2.	<i>Piezas de fundición</i> .....	81
8.2.3.	<i>Soldadura por resistencia</i> .....	82
8.2.4.	<i>Soldadura por arco eléctrico</i> .....	82
8.3.	INTERCAMBIABILIDAD DE LAS PIEZAS MECÁNICAS .....	82
<b>CAPÍTULO 9</b>	<b>.....</b>	<b>83</b>
<b>9.</b>	<b>GARANTÍAS.....</b>	<b>83</b>
9.1.	PLAZOS DE GARANTÍA .....	83
9.2.	VIGENCIAS .....	83
9.3.	DEFECTOS SISTEMÁTICOS .....	83
9.4.	VICIOS OCULTOS .....	84
9.5.	MODIFICACIONES.....	84

9.6.	SANCIONES .....	84
<b>CAPÍTULO 10</b>	<b>.....</b>	<b>85</b>
<b>10.</b>	<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES DE COMPONENTES.....</b>	<b>85</b>
10.1.	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS VEHÍCULOS QUE CIRCULAN EN LÍNEAS 1, 2 Y 3 .....	85
10.2.	ACCESORIOS.....	88
10.3.	LUMINARIAS EN SALÓN DE PASAJEROS .....	88
10.4.	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE VÍAS ACTUALES .....	88
10.4.1.	<i>En Línea</i> .....	88
10.4.2.	<i>Patios y Talleres de San Bernabé</i> .....	89
10.5.	SISTEMA DE CATENARIA ACTUAL .....	89
10.6.	EQUIPOS MECÁNICOS ACTUALES .....	89
10.6.1.	<i>Estructura y caja</i> .....	89
10.6.2.	<i>Bogies</i> .....	89
10.6.3.	<i>Suspensión primaria</i> .....	90
10.6.4.	<i>Ruedas</i> .....	90
10.6.5.	<i>Caja de engranes (transmisión)</i> .....	90
10.6.6.	<i>Motor de tracción MM-90</i> .....	90
10.6.7.	<i>Acoplador</i> .....	91
10.7.	EQUIPO NEUMÁTICO.....	91
10.7.1.	<i>Suspensión secundaria</i> .....	91
10.7.2.	<i>Compresor de aire</i> .....	91
10.8.	CONTROL.....	91
10.8.1.	<i>Unidad electrónica de frenado (UEF)</i> .....	91
10.8.2.	<i>Banco de acumuladores</i> .....	91
10.8.3.	<i>Captor de paratrén de vehículo</i> .....	92
10.8.4.	<i>Sensores tacométricos</i> .....	93
10.9.	PANTÓGRAFO.....	93
10.10.	REGISTRADOR ELECTRÓNICO DE EVENTOS, VELOCÍMETRO-ODÓMETRO .....	93
10.11.	RADIO .....	93
10.12.	AIRE ACONDICIONADO PASAJEROS .....	93
10.13.	CABINA DE CONDUCCIÓN.....	93
10.14.	ÁREA DE VENTANAS Y PUERTAS (POR COSTADO): .....	98
10.15.	DEFINICIONES Y ABREVIATURAS UTILIZADAS: .....	98
<b>CAPÍTULO 11</b>	<b>.....</b>	<b>100</b>
<b>11.</b>	<b>EMPAQUE Y RECEPCIÓN, SERVICIOS AL CLIENTE.....</b>	<b>100</b>
11.1.	EMPAQUE Y RECEPCIÓN.....	100
11.1.1.	<i>Empaque y embarque</i> .....	100
11.1.2.	<i>Pruebas y verificación pre-operativas</i> .....	100
11.1.3.	<i>Puesta en servicio</i> .....	100
11.1.4.	<i>Certificados de pruebas e instructivos de operación y mantenimiento</i> .....	101
11.2.	SERVICIOS AL CLIENTE .....	101
11.2.1.	<i>Tiempos de entrega</i> .....	101
11.2.2.	<i>Refacciones</i> .....	101
11.2.3.	<i>Servicio de postventa</i> .....	102
11.2.4.	<i>Capacitación al personal de operación y mantenimiento</i> .....	102
11.3.	PROCEDIMIENTOS.....	102
11.3.1.	<i>Propuesta técnica</i> .....	102
11.4.	DESARROLLO DE LOS TRABAJOS.....	103
11.4.1.	<i>Entrega de información</i> .....	103
<b>CAPITULO 12</b>	<b>.....</b>	<b>104</b>
<b>12.</b>	<b>CUESTIONARIO TÉCNICO.....</b>	<b>104</b>
<b>CAPITULO 13</b>	<b>.....</b>	<b>106</b>

<b>13.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>106</b>
13.1.	ANEXO A: CURVAS DE DESEMPEÑO DE LOS VEHÍCULOS ACTUALES .....	106
13.2.	ANEXO B: SISTEMA DE CONTROL DE PUERTAS Y VELOCIDAD (SCPV).....	108
13.3.	ANEXO C: DISTRIBUCIÓN Y COLORES DE ASIENTOS .....	118
13.4.	ANEXO D: VISTA GENERAL DEL VEHÍCULO .....	119
13.5.	ANEXO E: INSTRUMENTACIÓN MÍNIMA INCLUIDA EN EL ALCANCE DE SUMINISTRO .....	121
13.6.	ANEXO F: DATOS DE VIADUCTO .....	125
13.7.	ANEXO G: SISTEMA DE PARATRÉN MAGNÉTICO .....	133
13.8.	ANEXO G: LISTADO DE NORMAS APLICABLES .....	142

## Capítulo 1

### 1. Generalidades

#### 1.1 Descripción de los trabajos requeridos

El Material objeto de esta licitación comprende el diseño, fabricación, suministro, pruebas y puesta en servicio de vehículos dobles articulados, para ser utilizados en las Líneas 1, 2 y 3 del STC Metrorrey.

El Alcance General del Equipamiento a Suministrar, conforme a la presente especificación técnica general, es el siguiente:

- Oferta técnica y económica incluyendo la documentación requerida.
- Diseño y fabricación de los vehículos dobles articulados.
- Supervisión de Metrorrey durante la fabricación en planta incluyendo: gastos de traslado, alimentación, hospedaje, transportación de hotel a planta y viceversa, oficina y equipos de comunicación.
- Pruebas estructurales y funcionales.
- Transporte de los vehículos para su entrega, desde la planta hasta las instalaciones de Metrorrey, en los Patios y Talleres San Bernabé, incluyendo su importación al país.
- Pruebas de puesta en servicio.
- Capacitación del personal técnico de Metrorrey.
- Lote de refacciones.
- Computadoras tipo laptop industrial, con software y licencias necesarios para realizar las revisiones, ajustes y modificaciones necesarias a los diferentes equipos que lo requieran.

El Licitante deberá tener en cuenta al formular su propuesta que debe fabricar los vehículos dobles articulados, de cabina sencilla, de acuerdo con esta especificación general.

Con el objeto de no interrumpir el servicio a pasajeros, las pruebas y mediciones que deban realizarse en viaducto serán programadas en horarios que no interfieran con la prestación del servicio. Los costos derivados de esta actividad deberán ser considerados por el Licitante.

#### 1.2. Producto Esperado

El Licitante ganador deberá entregar un producto que cumpla a satisfacción con todos los parámetros de calidad, en base a la presente especificación técnica y cumpliendo con las normas mexicanas e internacionales aplicables en esta materia.

Es mandatorio que el Licitante tenga los recursos técnicos-administrativos suficientes y aptos para llevar a cabo los trabajos motivo de esta licitación, asimismo, deberá contar con los recursos materiales, de mano de obra y de maquinaria del tipo, cantidad y capacidades necesarias para enfrentar los requerimientos del diseño, fabricación y suministro en tiempo, costo y calidad.

Es mandatorio que el Licitante cuente con los respaldos de comunicación y de control para que en coordinación con el Organismo o sus representantes se dé el seguimiento a los trabajos dentro de los parámetros de tiempo y calidad establecidos.

El Licitante deberá apegarse a las normas internacionales ferroviarias aplicables al diseño,

calidad de fabricación y confiabilidad operativa, así como a las condiciones contractuales.

### **1.3. Objetivos**

La presente especificación técnica tiene como objetivos:

1. Definir las características que deben tener los vehículos (Material Rodante) a suministrar al STC Metrorrey.
2. Servir de referencia a la supervisión de la fabricación y el control de calidad durante las etapas de la construcción, pruebas y puesta en servicio de los vehículos objeto de esta especificación.
3. Establecer los requerimientos para el diseño, la fabricación, suministro, pruebas, control de calidad y aceptación de los diferentes materiales, componentes, equipos y sistemas que forman parte del Material Rodante especificado en la presente, que serán utilizados para la fabricación del mismo y para el lote de refacciones contractuales.
4. Establecer los procedimientos a seguir para la aplicación, modificación y/o cambios en el diseño, las especificaciones, normas y procesos del fabricante.
5. Normalizar el criterio de aceptación de la calidad proporcionada por el Proveedor o requerida por Metrorrey durante la fabricación, la recepción provisional y la liberación de garantías de los vehículos para el sistema de transporte colectivo Metrorrey.
6. Formar parte de los anexos del contrato de fabricación y suministro de los vehículos dobles articulados para Metrorrey y su lote de refacciones.
7. Cumplir cabalmente con los tiempos de entrega establecidos en el programa general de actividades.

### **1.4. Descripción del Material Rodante**

Los vehículos de Metrorrey (Material Rodante), deberán ser de alimentación eléctrica para la tracción y demás equipos.

La función primordial será realizar el transporte masivo de pasajeros, sin contaminar, con un alto nivel de seguridad, rapidez, confort y economía.

El vehículo doble articulado estará formado por 2 carros, M1 y M2 unidos por la articulación central, diferenciándose básicamente por los equipos que los integran.

El carro M1 estará compuesto de cabina, salón de pasajeros, bogie motriz y pantógrafo principalmente.

El carro M2 contará con el compartimiento de usuarios, la articulación, el bogie remolque y el bogie motriz principalmente.

El Licitante distribuirá los equipos, optimizando el equilibrio de los pesos correspondientes.

Los dos carros M1 y M2 estarán unidos por medio de una articulación que permitirá la circulación de pasajeros entre ellos, la articulación será soportada por el bogie remolque (sin motor).

Los vehículos podrán ser acoplados entre sí para formar trenes de 2, 3 y hasta 4 vehículos dobles articulados, para un total de 8 carros, la configuración de acoplamientos podrá ser cualquier combinación de vehículos, por lo que deberá proveerse lo necesario durante la fabricación, para que cualquier combinación de carros (M1 y M2) sea totalmente funcional para prestar el servicio a



los pasajeros.

Los vehículos motivo de la presente especificación serán denominados modelo MM-25 y deberán tener la capacidad de ser acoplados con los vehículos/trenes de los modelos con que ya cuenta Metrorrey, de acuerdo a lo siguiente:

- Con los modelos MM-90, MM-93 y MM-05 deberán poder ser acoplados mecánica y neumáticamente, para fines de rescate/remolque entre ellos.
- Con los modelos MM-20 y MM-24 deberán poder ser acoplados mecánica, eléctrica y neumáticamente, de tal forma que sea posible prestar servicio de pasajeros con trenes formados por vehículos MM-20, MM-24 y MM-25 acoplados entre sí, en cualquier combinación de dos, tres y cuatro vehículos.

Un tren formado por tres vehículos de cualquiera de los cinco modelos citados en el párrafo anterior deberá ser capaz de jalar o empujar a un tren (vacío) formado por cuatro vehículos a una velocidad máxima de 40 km/hr y aceleración reducida ante un incidente de avería o falla que así lo requiera.

La circulación de los trenes podrá ser en viaducto elevado, a nivel calle o subterráneo, por lo que los deberán estar equipados con la potencia de tracción y sistema de frenado necesarios para su óptima operación.

El sistema eléctrico que alimentará a los vehículos (catenaria autotensionada en viaductos, en talleres con catenaria a tensión mecánica fija) proporciona un voltaje nominal de 1,500 Vcc. Los equipos alimentados con alta tensión deberán aceptar variaciones de alimentación desde 1,050 Vcc. hasta 1,800 Vcc (+20% - 30%) con transitorios de hasta 2,500 Vcc. El Licitante deberá efectuar las mediciones necesarias en las tres líneas con trenes circulando para verificar si estas variaciones no afectan a los trenes a suministrar. Las líneas en las que funcionarán los vehículos ya están en operación con los modelos de vehículos MM-90, MM-93, MM-05, U3 y MM-20, los cuales cuentan con un sistema de regeneración de energía eléctrica, por lo que el Licitante deberá garantizar que la operación de los vehículos que suministrará no afectará la operación de los modelos ya existentes, así como no deberán ser afectados por la operación de ellos. El Licitante deberá tomar todas las provisiones necesarias para cumplir con todo lo descrito en este párrafo.

La captación de la energía en los vehículos MM-25 será a través de un sistema de pantógrafo/catenaria.

El vehículo deberá estar equipado con un dispositivo para protegerse contra descargas atmosféricas (apartarrayos), considerando un sistema de retorno del negativo a través de las vías con rieles 115RE, eléctricamente aisladas de tierra.

Los vehículos tendrán integrados los siguientes sistemas indispensables para el desarrollo pleno de sus funciones:

- Sistema mecánico.
- Sistema neumático.
- Sistema eléctrico.
- Sistema de control.
- Sistema de telecomunicaciones
- Sistema de video vigilancia CCTV
- Sistema de aire acondicionado

### **1.4.1. Sistema Mecánico**

El sistema mecánico del tren permitirá soportar y transmitir las cargas y esfuerzos producidos por las aceleraciones a que estará sometido durante el servicio normal y en caso de accidente, conservar la integridad física de los usuarios, equipos y componentes.

Los principales componentes del sistema mecánico son:

- Bastidor.
- Caja (paredes, piso y techo).
- Bogies (Motriz y Remolque).
- Vigas oscilantes.
- Articulación.
- Acopladores.

### **1.4.2. Sistema Neumático**

Deberá proveer el aire a presión utilizado para la operación del freno neumático, la suspensión secundaria, los silbatos, mecanismos de acopladores y en su caso, el pantógrafo.

Contará con los equipos necesarios para un alto rendimiento y confiabilidad, además de un mantenimiento mínimo; un secador, un regulador de presión y los filtros suficientes que serán utilizados para garantizar el suministro continuo de aire libre de humedad e impurezas que pudieran dañar a los equipos alimentados.

Los principales componentes del sistema neumático son:

- Grupo Moto compresor.
- Secador de aire.
- Tanques de almacenamiento.
- Pantógrafo.
- Sistema de Frenos.
- Tuberías, filtros y todos sus accesorios.

### **1.4.3. Sistema Eléctrico**

El sistema eléctrico conducirá, protegerá, controlará y transformará el flujo de la energía eléctrica necesaria para la alimentación de los equipos y aparatos del sistema eléctrico que lo requieran. Deberán utilizarse cables de cobre con aislamiento especial y adecuado para Material Rodante, de calibre suficiente y conexiones confiables para garantizar los requerimientos, confiabilidad y alta disponibilidad del sistema eléctrico, según corresponda.

Los cables y conectores deberán tener una gran confiabilidad operativa y una larga vida útil de 30 años como mínimo, con excepción de los cables colgantes entre la caja y el bogie, los cuales deberán garantizar vida útil de al menos 20 años.

Todos los cables utilizados deberán ser resistentes al calor, ozono y agentes químicos; también deberán ser de baja emisión de humos y retardantes a la flama.

Contará con las protecciones necesarias y adecuadas para contrarrestar los efectos de fallas por: bajas tensiones, sobrecargas, sobre tensiones, cortocircuito, (con interruptores

termomagnéticos o hidromagnéticos donde sea técnicamente posible) y descargas atmosféricas.

Deberán existir los dispositivos necesarios para detectar y eliminar la posibilidad de descargas eléctricas accidentales hacia las personas en contacto con el vehículo, por presencia de voltaje sobre las partes metálicas de la carrocería, conduciéndola en su caso hacia los rieles (retorno del negativo a las subestaciones rectificadoras), provocando el disparo de las protecciones eléctricas involucradas, evitando así, que puedan dañar a las personas.

El sistema eléctrico alimentará los servicios de fuerza (tracción, ventilación y aire acondicionado) y alumbrado, sin causar interferencias a los circuitos de control, señalización y de telecomunicaciones existentes a bordo y en las instalaciones fijas.

Los principales componentes del sistema eléctrico son:

- Cables conductores.
- Conexiones.
- Fusibles.
- Transformadores.
- Relevadores y Contactores.
- Interruptores termomagnéticos.
- Disyuntor ultrarrápido para 1500Vcc.
- Motores de tracción de corriente alterna.
- Convertidor estático de tracción.
- Convertidor estático de auxiliares.
- Banco de acumuladores.
- Puertas
- Sistema de tierras (conexión a masa).

#### **1.4.4. Sistema de Control**

En el sistema de control a bordo se aplicará la tecnología más moderna en electrónica digital, la cual deberá estar aprobada con resultados satisfactorios, de acuerdo con las más estrictas normas internacionales técnicas y de seguridad ferroviaria aplicable y validada con resultados satisfactorios en la experiencia operativa y de mantenimiento por las autoridades de al menos dos sistemas metro. El Licitante estará obligado a entregar por escrito en su propuesta técnica, durante el proceso de licitación, la documentación probatoria de estos requisitos incluyendo ficha técnica de los equipos o componentes del Sistema de Control.

Se utilizarán dispositivos electrónicos de gran confiabilidad cuya finalidad será detectar, prevenir y en su caso evitar los posibles errores humanos y las fallas del sistema; deberán proveerse microprocesadores de alta velocidad, un hardware y un software adecuado y de gran calidad y confiabilidad.

Todos los componentes utilizados deberán cumplir con las normas internacionales ferroviarias aplicables al diseño, calidad de fabricación y confiabilidad operativa.

Se dispondrá de visualizadores ópticos (digitales y analógicos), señales audibles de advertencia y un registrador de eventos programable con acceso restringido.

Los principales componentes del sistema de control son:

- Unidad de mando y control del sistema de tracción.
- Unidad electrónica de control del frenado.
- Unidad programable de servicios (train control)
- Unidad de paratrén magnético.
- Unidad registradora de eventos.
- Unidad de mando y control del sistema CBTC (a futuro)
- Sistema de radio, voiceo y anuncios.
- Sistema de Información.
- Sistema de control de puertas y velocidad.
- Sistema CCTV

### **1.5. Servicios a pasajeros**

Para brindar a los pasajeros mayores beneficios durante su transporte, el Licitante diseñará el interior de los vehículos utilizando los más avanzados sistemas y métodos de la ingeniería (en cualquiera de sus ramas), buscando optimizar espacios y movimientos; dándole mayor importancia a la seguridad, pero sin descuidar el buen gusto, el confort y la funcionalidad del mobiliario y acabados.

Entre otros, se utilizarán fuertes barras tubulares de apoyo y pasamanos anatómicos distribuidos adecuadamente, los cuales garantizarán a los pasajeros que permanecen de pie, una sujeción firme y segura. Además, cada pasamanos contará con agarraderas suficientes para el espacio que cubre.

El arreglo de la disposición y colores de los asientos deberá ser similar a los vehículos MM-24.

Los colores, los acabados de los interiores, amplias ventanas y luminarias suficientes, garantizarán el confort y la tranquilidad de un viaje placentero.

En el salón de pasajeros de los vehículos a suministrar se instalarán 12 ventanas con hoja superior abatible e inferior fija, similar a los vehículos MM-20 y MM-24; los cristales de las ventanas serán templados, polarizados y en configuración de cristal doble (duo vent).

En cualquiera de los acabados están prohibidos las aristas vivas o ángulos muy pequeños, siendo preferente usar superficies suaves y redondeadas.

El Licitante de los vehículos deberá prever y proveer todo lo necesario para dar a los pasajeros los siguientes servicios:

- Alta seguridad.
- Información general.
- Servicio de puertas a usuarios.
- Paro de urgencia.
- Aire acondicionado y confort.
- Música ambiental.
- Video vigilancia.

### **1.5.1. Alta seguridad**

Para asegurar al máximo la integridad física de los usuarios, se dispondrán asientos anatómicos, barras de apoyo y pasamanos resistentes, recubrimientos para uso rudo, piso antiderrapante y cristales templados (de seguridad).

Los cristales de puertas y ventanas del salón de pasajeros deberán ser protegidos con una película transparente antigrafiti, adhesiva e intercambiable que impida que el cristal pueda ser rayado, el espesor de esta película será de al menos 0.007" y será instalada desde el interior del salón de pasajeros, incluyendo el cristal divisor de cabina y el del frente trasero.

Todos los materiales utilizados en la fabricación de los vehículos serán de calidad auto extingible, de baja emisión de humos o preferentemente incombustible.

### **1.5.2. Información general**

Los anuncios de interés general, como itinerarios de servicio, próxima estación Terminal, tren fuera de servicio, estación de enlace, demoras, desalojo del tren, podrán transmitirse al usuario a través de bocinas empotradas adecuadamente sobre la parte superior de los costados internos de los vehículos con un nivel de sonoridad suficiente, una alta calidad de sonido y libre de ruidos e interferencias.

Se contará con un sistema anunciador audible automático de arribo a la próxima Estación, el cual se accionará al salir de la Estación. Además, emitirá anuncios preestablecidos y reconfigurables por Metrorrey de información general en forma automática, en puntos preestablecidos del trayecto; en la programación del anunciador se establecerá para cada punto preestablecido, el mensaje a emitir; pudiendo ser escogido de una lista de mensajes fijos o de una lista de mensajes aleatorios. Estará integrado al sistema de música ambiental. Los mensajes serán definidos por Metrorrey. El sistema estará preparado para que Metrorrey pueda modificar, quitar o agregar anuncios, Estaciones y Líneas cuando lo considere pertinente.

La programación de los anuncios automáticos, de información general preestablecidos o aleatorios, de los indicadores de destino, será a través de una tabla en la que se escribirán los textos de los indicadores y se referenciarán los archivos mp3/mp4 de todos los mensajes, tomando como referencia las Estaciones de cada Línea. El programa funcionará en Windows 10 o superior y será totalmente amigable para la programación, incluyendo ayudas en el software.

El equipo deberá almacenar un mínimo de 200 anuncios de hasta 20 seg. de duración cada uno, Metrorrey podrá configurar cual anuncio será reproducido en cada interestación y al salir de o arribar a cada Estación. Estos avisos serán generados en las cabinas de los vehículos, a través del sistema de audio del tren.

Los vehículos contarán con cinco indicadores de destino que operarán a base de Leds, uno frontal exterior que indicará el número de tren con 3 dígitos y la dirección en forma alfanumérica en hasta 18 caracteres y cuatro interiores, instalados en los extremos delanteros y traseros de M1 y M2, los cuales indicarán las estaciones actual y siguiente, así como mensajes al usuario. En los vehículos que no lleven mandos, encenderán los cinco carteles y mostrarán la misma información que en el vehículo con mandos. Metrorrey podrá programar los mensajes a desplegar, el conductor seleccionará cual destino se desplegará y el número

de tren. La selección del número de tren y destino de todos los indicadores del tren deberá realizarse desde la cabina de conducción en forma simultánea, es decir, no se seleccionará uno por uno.

El conductor podrá seleccionar mensajes especiales para ser desplegados en los indicadores de destino. Estos mensajes se definirán en la etapa de diseño del sistema

### **1.5.3. Servicio de puertas**

El cierre y apertura de puertas para el acceso y salida de pasajeros al lado derecho y/o al lado izquierdo en las Estaciones, deberá realizarse en forma efectiva, silenciosa y sin riesgo de ningún tipo para el usuario. Este servicio es comandado desde la cabina con mandos por el conductor y censada, supervisada y coordinada mediante la unidad programable de servicios (UPS) y el hardware y software necesarios para lograr la operatividad de este controlador.

El vehículo contará con un Sistema de Control de Puertas y Velocidad. Una de las funciones de este sistema es verificar en forma automática que las puertas en servicio estén debidamente seleccionadas y que la ubicación del vehículo en la Estación sea correcta para permitir la apertura de las puertas, cuando el Sistema determine que existe un error de selección o posición, avisará en forma acústica y visual al conductor, el cual deberá confirmar la apertura o corregir el error. El Proveedor entregará los vehículos con el equipo, cableado y accesorios de conexión instalados y operando de acuerdo con el Anexo B.

### **1.5.4. Paro de urgencia**

Los pasajeros tendrán la posibilidad de comunicar al conductor del tren de cualquier eventualidad peligrosa, accionando alguna de las palancas de paro de urgencia (KFS), colocadas estratégicamente en el interior de los vehículos, a los lados de las puertas de acceso e, incluso, deberá detener la marcha del tren si éste viaja a menos de 12 Km/hr. En ambos casos, esta acción es señalizada en la cabina del conductor con una señal óptica y audible, señalando cual KFS fue accionado y en un indicador luminoso exterior (cartero doble), del carro (M1 o M2) donde ha sido accionada la palanca.

En caso necesario el conductor podrá anular este paro de urgencia accionando el selector Traspaso KFS ubicado en el tabique de cabina.

### **1.5.5. Confort de pasajeros**

Los vehículos dobles articulados deberán contar con el siguiente equipamiento para el salón de pasajeros: aire acondicionado, 56 asientos anatómicos, un espacio junto a la cabina de conducción para ubicar a un usuario en silla de ruedas (consultar Anexo C), iluminación de tipo Led, ventanas, sistema de sonorización, recubrimientos interiores de gran calidad, pasamanos, sistema de video vigilancia y sistemas informativos y publicitarios.

### **1.5.6. Música ambiental**

El vehículo contará con un sistema de música ambiental, en el cual la música será reproducida a partir de memoria flash comercial del tipo SD o USB, donde se almacenará la música en formato mp3. La memoria podrá ser grabada en una computadora de escritorio comercial a través de puertos USB 2.0 o superior, tal y como se realiza con los reproductores portátiles mp3 disponibles en el mercado y tendrá una capacidad mínima de 48 horas continuas. Deberá

contar con la función de repetición automática.

El sistema de audio en su conjunto será de fabricación de línea especialmente diseñado para aplicación abordo de trenes en sistemas metro. El sistema suministrado asegurará una nítida reproducción de música (señal S1) y voz (señal S2). Igual condición prevalece para el cableado entre bocinas, amplificadores y la fuente de música o voz.

En la cabina de conducción se tendrá una bocina como monitor del audio del salón de pasajeros, con volumen atenuado.

El sistema deberá operar en un rango de 80 Hz a 16 KHz., THD = 0.5% o menor, ganancia de 0 a 85 dB ajustable solo por personal técnico de Metrorrey y no por el conductor, ajuste automático de nivel de audio con sensibilidad ajustable para cambios de hasta 20 dB de ganancia máxima.

El sistema de música ambiental deberá poder encenderse o apagarse desde la pantalla HMI en la cabina de conducción.

El sistema estará preparado para recibir dos señales de audio (S3 y S4) para uso futuro por medio de conectores comerciales ubicados de manera accesible en la cabina del conductor, las cuales tendrán las siguientes funciones:

La señal S3 sustituirá a la señal de música (S1) cuando sea conectada y activada.

La señal S4 sustituirá a la señal de voice (S2) a pasajeros cuando sea conectada y activada.

Los anuncios de apertura y cierre de puertas tendrán prioridad sobre los voiceos y la música.

El voiceo manual a pasajeros tendrá prioridad sobre el voiceo automático y la música ambiental.

El voiceo automático tendrá prioridad sobre la música ambiental.

Los sonidos a reproducir en la cabina de conducción no tendrán efectos sobre la reproducción en el salón de pasajeros.

## **1.6. Condiciones de empleo de los vehículos**

Las líneas que constituyen la red del STC Metrorrey, son a nivel de calle, viaducto elevado y viaducto subterráneo.

Los vehículos deberán diseñarse para funcionar a la intemperie durante su servicio normal, sin sufrir ninguna alteración ni fatiga anormal en sus partes constitutivas.

Es importante señalar que la estanqueidad de las paredes exteriores de la carrocería, techo, cofres, ventanas, articulaciones y puertas deberá diseñarse, implementarse y probarse para evitar que los componentes interiores del vehículo se degraden con el tiempo, así como garantizar el confort de los pasajeros.

Igualmente, importante es utilizar productos químicos y procesos adecuados en el tratamiento de partes metálicas (laminados, estructuras y bastidores), tornillería y herrajes y en general en el

acabado de la carrocería para protegerlos de la corrosión, desde su fabricación.

Las condiciones ambientales del área Metropolitana de la Ciudad de Monterrey son extremosas y para efectos de diseño se deben considerar al menos los siguientes datos:

Temperatura ambiente máxima	+50 °C
Temperatura ambiente mínima	-10°C
Humedad relativa máxima	100%
Humedad relativa promedio	85 %
Altitud	600 msnm

El Licitante se compromete a que, en el interior de los vehículos, los niveles de ruido no excederán los 70 dB medidos al centro del salón de pasajeros a una altura de 1.50 m sobre el nivel de piso, con el vehículo estacionado sin pasajeros, puertas cerradas, con el equipo de aire acondicionado funcionando y el alumbrado de pasajeros encendido.

### 1.7. Distancia media entre fallas

Los vehículos como lote deberán recorrer una distancia media entre fallas no menor a 21,600 kilómetros calculados de acuerdo a las distancias medias entre fallas especificadas para cada sistema, para efectos de cálculo del índice de fiabilidad el vehículo se subdividirá en Sistemas, los cuales deberán cumplir como mínimo con una fiabilidad de acuerdo a la siguiente tabla:

Sistema	Distancia Media entre Fallas(Km)
Propulsión	200,000
Frenos neumáticos	220,000
Generación de aire comprimido	270,000
Generación de energía eléctrica	350,000
Unidad de servicios auxiliares	400,000
Puertas de pasajeros	120,000
Comunicaciones	200,000
Señalización y registro	300,000
Bogies	400,000
Paratrén magnético	600,000
Caja	150,000

La distancia media entre fallas (MDBF) del lote (Sistema) se calculará de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$MDBF = \frac{\text{Distancia recorrida por lote (Km)}}{\text{Número de fallas por lote (Sistema)}}$$

El lote comprenderá la totalidad de los vehículos adquiridos bajo esta especificación

Las fallas a considerar para esta medición son aquellas que ocasionan un retraso puntual mayor a cinco minutos o que causen que el vehículo sea retirado de servicio. Cuando en una falla no se encuentre la causa, pero haya registro de que efectivamente algo funciona mal, la falla quedará etiquetada como en seguimiento, pero sí contará para el cálculo de la fiabilidad (MDBF); si se



presenta nuevamente la misma falla, será contabilizada para el cálculo.

Los kilómetros se contabilizarán como la suma de los kilómetros recorridos por cada vehículo del lote.

La evaluación de la fiabilidad del lote y Sistemas se realizará por periodos mensuales de servicio. La imputabilidad de las averías se determinará de común acuerdo entre “EL PROVEEDOR” y “METRORREY”. Para los casos en los que “EL PROVEEDOR” impute a “METRORREY” la causa de la avería, “EL PROVEEDOR” deberá demostrar su procedencia.

La medición de la fiabilidad del lote de trenes se iniciará a partir de la fecha de recepción del primer vehículo, estableciéndose un período de gracia de tres meses para el primer vehículo, de dos meses para el segundo vehículo y de un mes para los subsecuentes, los cuales no se considerarán para el cálculo de la fiabilidad. La medición de la fiabilidad del lote y Sistemas se evaluará en periodos mensuales, considerando los kilometrajes y averías acumulados en los dos meses precedentes y al mes de evaluación. En el primer y segundo mes de evaluación de cada vehículo se considerarán las averías y kilómetros de ese mes.

El período de evaluación de la Fiabilidad de Servicio será de 24 meses para el lote de vehículos dobles articulados suministrados por el Proveedor. En el caso de que la fiabilidad especificada (de acuerdo con los índices de la tabla anterior) no se cumpla, el periodo de garantía del lote o Sistema, según corresponda, se incrementará en la cantidad de meses incumplidos de fiabilidad hasta un máximo de 12 meses.

### **1.8. Consumo de energía**

El Licitante propondrá un vehículo que presente las mejores condiciones de aprovechamiento energético y en su propuesta técnica incluirá la memoria de cálculo y presentará los resultados de una simulación del consumo de energía de un tren de tres vehículos acoplados, considerando una vuelta completa con una carga de 4/4 en servicio comercial, velocidades de diseño y bajo condiciones de receptividad de la línea de 50%.

Para realizar la simulación se utilizarán los datos del viaducto indicados en el Anexo F. El dato de consumo a reportar será el de kilowatt-hora consumidos por vehículo por cada kilómetro recorrido, simulando los recorridos de los tramos: Talleres-Exposición (Línea 1) y Sendero-Hospital Metropolitano (Línea 2-3).

## Capítulo 2

### 2. Sistema mecánico

#### 2.1. La caja

Estará constituida por un bastidor, paredes laterales, dos frentes y techo. Su diseño y construcción deberá realizarse apegándose a las más estrictas normas de calidad internacionales. El proceso de fabricación (uniones soldadas, sellado, ensamble y acabados) debe garantizar la estanqueidad total.

Las cajas de los carros M1 y M2 deberán ser esencialmente iguales en sus principales elementos, tales como: ventanas, asientos, sistema de alumbrado, sistema de aire acondicionado y puertas. La unificación debe ser total y permitir la intercambiabilidad entre las partes, equipos y componentes del mismo tipo.

El fabricante deberá respetar al máximo la estética, geometría y apariencia general exterior de los vehículos existentes, en caso de que exista alguna modificación en el diseño final, previo al proceso de fabricación deberá ponerse a consideración y aprobación de Metrorrey.

Para incrementar la seguridad de los usuarios, en caso de colisión, cada extremo del vehículo estará equipado con un sistema antitrepanamiento (anticlimber), destinado a eliminar el riesgo que representa el que un vehículo penetre dentro de otro vehículo durante la fase de compresión.

##### 2.1.1. Estructura y laminación

La estructura deberá ser capaz de resistir las condiciones de trabajo con un alto grado de seguridad.

La estructura y laminación estarán diseñadas:

- Seleccionando materiales cuyas características les permitan soportar con un alto margen de seguridad los esfuerzos a los que se verán sometidos durante su funcionamiento normal.
- Para satisfacer las condiciones de utilización dadas a conocer en esta especificación.
- Para satisfacer las necesidades de mantenimiento.
- Para dar protección eficaz a los pasajeros en caso de accidentes tales como: choques, descarrilamiento, incendios, etc.
- Para garantizar una vida útil de los vehículos de 30 años como mínimo.

Estas condiciones imponen que el diseño y la fabricación consideren que la estructura contribuye a soportar el esfuerzo del trabajo mecánico.

Cada una de los carros contará con los soportes necesarios para apoyar el equipo de levantamiento en 4 puntos, así como el equipo encarrilador de vehículo.

La estructura del carro M1 deberá diseñarse de forma especial para poder alojar en su frente, la cabina de conducción. La zona de acoplamiento o unión caja-cabina debe garantizar en ambas partes un ensamble preciso.

Las uniones por soldadura eléctrica en cualquiera de sus modalidades serán ejecutadas y controladas por las especificaciones técnicas de la norma EN15085 o equivalentes internacionales.

Deberá incluirse a todo lo largo de cada costado de M1 y M2 un elemento con la función de desviar el agua de lluvia hacia los extremos y la articulación.

El techo de los vagones deberá ser de fácil limpieza, principalmente en el área del pantógrafo que está expuesta a incrustaciones de polvo de grafito proveniente de las bandas de carbón del pantógrafo.

### **2.1.2. Aislamiento térmico y acústico**

Todas las superficies metálicas que forman el techo y costados de las cajas estarán provistas de aislamiento térmico y acústico.

Este material tendrá un espesor de 30 mm como mínimo en el techo, los costados y bajo bastidor(incluyendo el área del interior de las dovelas). Debido al lugar de su colocación, deberá cumplir con las siguientes características: que no se degrade con el tiempo, tenga protección contra intemperie, que sea inocuo para las personas, que sea auto extingible y no propagante de la flama.

### **2.1.3. Interiores**

#### **2.1.3.1. Forros y cubiertas**

La preparación de la cubierta interior de los vehículos deberá estar en función de los requerimientos siguientes:

1. El aspecto interior de los vehículos deberá ser agradable, armonioso y funcional.
2. Las partes abatibles (dovelas), deberán ser lisas, de ancho y modulación uniforme a lo largo de todo el vehículo, similares a las de los vehículos MM-20 y contar con cerraduras de seguridad del tipo triángulo.
3. Se aplicarán materiales resistentes a la suciedad, al desgaste, al envejecimiento, de naturaleza autoextinguible o preferentemente incombustible, como son: hojas plásticas estratificadas o laminadas, acero inoxidable, aluminio anodizado, piezas de material plástico moldeado o formado.
4. Las puertas de los compartimientos entre el interior del vehículo y cabina serán articuladas con bisagras y operables con la llave de servicio (triangular).
5. El número de tornillos aparentes será mínimo y contarán con un acabado adecuado a la decoración interior. Estos serán de un tipo tal que impida su fácil extracción.

### **2.1.3.2. Piso**

El piso estará construido por paneles de poltrusión o paneles tipo panal de abeja. Cumplirá con las especificaciones técnicas internacionales aplicables a este tipo de vehículos. La forma de colocación y fijación debe permitir un mantenimiento sencillo y rápido, evitando la penetración de humedad.

Sobre la base mencionada, se colocará un recubrimiento de loseta PVC o material plástico similar, auto extingible, antiderrapante, impermeable, resistente al desgaste, mugre, productos de limpieza y solventes.

El piso como conjunto descansará sobre la estructura del bastidor, asegurará que las deformaciones elásticas serán menores a 0.5 mm para la condición de sobrecarga de pasajeros de una magnitud de 700 kg/m<sup>2</sup>, distribuida uniformemente.

La limpieza por vía húmeda no afectará al piso ni al bastidor o cualquier otra zona adyacente; para garantizar esto, se diseñarán montajes adecuados de pasamanos y asientos, que eviten las filtraciones de líquidos hacia el interior del piso y los encharcamientos.

### **2.1.3.3. Asientos**

Estarán constituidos por una estructura metálica y conchas anatómica de resina reforzada con fibra de vidrio y deberán cumplir con las especificaciones técnicas internacionales correspondientes. Para los colores y la distribución de asientos consultar el Anexo C.

La estructura podrá ser fabricada de acero al carbón, ensamblada por soldadura, provista de la robustez necesaria que le permita soportar además de la carga del pasajero sentado, las fuerzas transmitidas por los pasajeros que van de pie, para una aceleración accidental de 2 G.

Las partes visibles de la estructura y sus herrajes de fijación obligatoriamente estarán fabricadas y acabadas en acero inoxidable. Las partes no visibles estarán protegidas contra la corrosión incluyendo las uniones por soldadura (aplicando proceso de limpieza, primer y pintura de acabado).

### **2.1.3.4. Pasamanos**

El sistema de las barras tubulares de apoyo para pasajeros se diseñará tomando como base la distribución de asientos seleccionada. Se fabricarán en acero inoxidable y el espesor del material y sus puntos de sujeción deberán impedir la deformación permanente en todo momento.

La distribución de pasamanos deberá incluir la instalación de un poste tipo "piña" con tres brazos, fabricado de acero inoxidable, colocado al centro del espacio delimitado por cada par de puertas izquierda y derecha. En el caso del carro M1 la ubicación del poste correspondiente al espacio entre el primer par de puertas atrás de la cabina deberá permitir el acceso y salida libre de un usuario en silla de ruedas, consultar Anexo C.

### **2.1.3.5. Dovelas**

En la parte superior de los costados (en el interior del vehículo), se montarán a lo largo del carro unas dovelas o cubiertas abatibles. Estas permitirán el acceso a la parte superior de las paredes laterales, para dar mantenimiento a los componentes y aparatos que se encuentran dentro. Deberán ser lisas, de ancho y modulación uniforme a lo largo de todo el vehículo y contarán con cerraduras de seguridad del tipo triángulo.

Deberán ser de un material ligero, resistente y de apariencia agradable. Debido a que en ellas se colocará información gráfica para los usuarios, su acabado hacia el salón de pasajeros será liso. La separación entre dovelas no será mayor a 3 mm.

### **2.1.3.6. Aire acondicionado**

Los vehículos deberán equiparse con un sistema eficiente de aire acondicionado en el salón de pasajeros y en la cabina de conducción que garantice un ambiente confortable, aun con temperatura ambiente exterior de 48°C a la sombra.

El equipo de aire acondicionado de cabina permitirá que el conductor pueda ajustar la temperatura de la cabina en un rango de 19°C a 25°C.

Los equipos de aire acondicionado contarán con un sistema que permita, a través de una laptop, el monitoreo y, en su caso, ajuste de las señales de entrada y salida y parámetros de operación.

### **2.1.3.7. Alumbrado**

Los vehículos contarán en su interior con un sistema de iluminación tipo Led con características adecuadas para brindar a los pasajeros un nivel de luminosidad óptimo. Cumplirá con las funciones de alumbrado normal y alumbrado de emergencia y será controlado por medio de la unidad programable de servicios UPS.

El sistema de iluminación de emergencia permite que en caso de falla de alumbrado normal dar un nivel de visibilidad de seguridad adecuado a los usuarios.

#### **1. Alumbrado normal**

Cada vehículo estará equipado con dos líneas continuas superiores, una a cada lado del salón de usuarios, de luminarias tipo Led que se alimentarán de la fuente de baja tensión de 110 Vcd. Este sistema estará disponible cuando el vehículo haya sido encendido o preparado para el servicio.

#### **2. Alumbrado de emergencia**

Cuando por alguna razón, el convertidor estático de auxiliares dejara de operar, estando el vehículo "preparado" o encendido, el control automático esperará 90 segundos para apagar el alumbrado normal, permaneciendo el alumbrado de emergencia encendido, siendo alimentado por el banco de acumuladores.

El alumbrado de emergencia puede ser implementado dejando encendido un tercio de las lámparas de alumbrado normal o reduciendo la intensidad de la totalidad de las lámparas de alumbrado normal a un tercio de su intensidad normal.

### **3. Alumbrado en cabina**

El alumbrado del interior de la cabina de conducción se logrará por medio de una lámpara de luz Led, alimentada de la fuente de baja tensión de 110 Vcd, con control de encendido y apagado independiente del de usuarios. Al estar alimentado desde el banco de acumuladores, podrá estar encendido con falla de Convertidor de Auxiliares.

La iluminación de los tableros de control y aparatos indicadores también es alimentada a 110 Vcd, y será automáticamente conectada cuando los mandos de tren sean tomados en dicha cabina.

## **2.1.4. Preparación y acabados**

### **2.1.4.1. Limpieza y pintura**

Una vez fabricada la estructura y la caja, habiendo efectuado el enderezado y lograda la planicidad en frentes y costados y previa autorización de Metrorrey, se realizarán las operaciones siguientes:

- Desoxidación y limpieza por medios químicos o mecánicos.
- Aplicación de un producto fosfatante.
- Aplicación de una capa de pintura primaria epóxica a base de cromato de zinc o equivalente.
- Aplicación de un recubrimiento exterior con plaste epóxico.
- Aplicación de pintura base epóxica o fondo base poliuretano color mate.
- Aplicación de pintura de acabado epóxica, de poliuretano base poliéster o acrílica, brillante, con un mínimo de 40 µm de espesor, con el diseño y colores aprobado por Metrorrey.

El acabado final de la pintura deberá soportar la limpieza con ácidos y solventes para remover grafiti con aerosol, pintura, tinta permanente y suciedad sin perjudicar su brillo y acabado.

### **2.1.4.2. Aislante acústico o anti ruido**

Todas las partes bajo el bastidor estarán recubiertas por:

- Una capa de primer.
- Una capa protectora de aislante acústico de 1.5 mm, como mínimo de espesor.

### **2.1.4.3. Plaste (pasta automotriz)**

Este recubrimiento permitirá cubrir pequeñas imperfecciones de la laminación exterior de la caja, dando un acabado terso y liso sobre el cual se aplicará la pintura base. El espesor del plaste será el recomendado por el fabricante del producto y en términos generales no deberá sobrepasar 1.5 mm.

Su adherencia deberá ser suficiente para soportar las vibraciones transmitidas por el tren

sin ningún problema. Tendrá flexibilidad suficiente para permitir deformaciones accidentales de la laminación sin agrietarse.

Su consistencia final permitirá el lijado en seco o por vía húmeda, por lo que el producto aplicado deberá ser impermeable al agua. Sus propiedades físicas y químicas le aseguraran una vida útil compatible con la pintura aplicada.

#### **2.1.4.4. Pintura**

El revestimiento de pintura que se utilizará será el de poliuretano, a base de resinas poliéster o acrílicas, aplicado únicamente en costados, frentes y techo, asegurando una planicidad y tersura satisfactorias, un acabado brillante, homogéneo y libre de defectos e impurezas del medio ambiente.

#### **2.1.4.5. Rotulación**

Para la recepción, pruebas, aplicación de calcomanías, etiquetas y rótulos en el interior y exterior de los vehículos, el fabricante deberá aplicar y respetar el manual de identidad de Metrorrey.

#### **2.1.4.6. Alumbrado exterior**

En la cabina, en la parte media del frente delantero exterior, abajo del parabrisas, se dispondrán los faros reglamentarios para conducción nocturna. Se dispondrá de alumbrado principal y auxiliar (intermitente), seleccionado por el conductor desde la cabina. Además, contará con faros iguales en el frente trasero, que se activarán cuando se utilice la consola de acoplamiento. Los faros delanteros y traseros deberán ser de tipo led preferentemente. Los faros delanteros solo funcionarán en la cabina que tenga mandos y los faros traseros solo encenderán cuando este activada la consola de acoplamiento.

Igualmente se tendrán dispuestos dos pares de indicadores de tránsito de colores ámbar y rojo, que señalen que se trata de la cabina o de la parte trasera del vehículo o tren al iluminarse e indicarán con luz roja más intensa la aplicación del freno. Estos indicadores deberán ser tipo Led.

El Proveedor deberá someter oportunamente su diseño a la aprobación de Metrorrey.

### **2.1.5. Articulación**

Esta parte de los vehículos tendrá las siguientes funciones principales:

1. Permitir la inscripción del vehículo en curvas horizontales con un radio mínimo de 25 m y en las curvas verticales de un radio de 250m (ver más detalles en el capítulo 10).
2. Reducir al mínimo la transmisión de los movimientos de torsión de una sección del vehículo con respecto a la otra.
3. Construcción sencilla, proporcionando acceso al montaje y desmontaje fácil de equipos o aparatos durante las operaciones de mantenimiento.

4. Colocación de los cables eléctricos lo más próximos al eje de la articulación para disminuir los movimientos y las deformaciones repetitivas de dichos cables.
5. Protección del cableado y mangueras neumáticas contra rozamiento para evitar fallas de aislamiento y fugas de aire
6. Protección eficaz contra el agua y el polvo, con fuelles montados entre las cajas de los carros M1 y M2, cuyas características les permitan operar durante largos periodos sin mantenimiento.

#### **2.1.6. Acoplador compacto automático**

Los vehículos estarán provistos de dispositivos para enganche o acoplamiento entre sí. Este dispositivo permitirá realizar el acoplamiento mecánico, eléctrico y neumático en forma automática.

El sistema de acoplamiento de los vehículos a suministrar deberá ser compatible con el de los vehículos existentes en las líneas 1, 2 y 3 de Metrorrey, de tal manera que sea posible su acoplamiento mecánico y neumático.

El acoplamiento entre vehículos se realizará automáticamente y a baja velocidad (5Km/hr aprox.), logrando así el enlace entre dos vehículos, formando el tren con la longitud deseada.

Esta unión debe poder efectuarse en cualquier punto de la red (viaducto, depósito, talleres) mediante un acercamiento entre los trenes hasta realizar la unión de ambos acopladores.

En posición enganchada, los acopladores formarán una unión rígida, capaz de transmitir las cargas de tracción o compresión y absorber los movimientos horizontales, verticales y de rotación propios del funcionamiento del tren.

El desacoplamiento de vehículos podrá realizarse a control remoto en forma individual, desde la cabina de conducción se podrá desacoplar M1 y desde la consola de acoplamiento se podrá desacoplar el M2. Asimismo, se contará con mecanismos que permitan en el sitio en forma manual el desacoplamiento de vehículos, el aislamiento eléctrico y el aislamiento neumático. El diseño de los botones de desacoplamiento deberá evitar su accionamiento accidental. El desacoplamiento no podrá comandarse con el vehículo en movimiento.

El sistema de información al conductor mostrará los vehículos acoplados que forman el tren.

En posición no enganchado, el acoplador debe mantenerse alineado al eje longitudinal del vehículo por un sistema de centrado automático. Bajo esta condición, las vibraciones del vehículo no deben afectar los componentes de acoplamiento o su fijación al bastidor del carro y además deben quedar aislados los sistemas mecánico, eléctrico y neumático

La cabeza de enganche debe contener el acoplamiento neumático como parte integral y permitir una conexión para una presión de 11 bars o mayor. De esta manera se transmitirá



el aire comprimido de un vehículo a otro a través de la tubería principal.

Para el acoplamiento eléctrico se proveerán contactos de alta fiabilidad, con un mecanismo que asegure la conducción eléctrica entre los vehículos acoplados. Los contactos eléctricos deberán mantenerse a pesar de las curvas horizontales y verticales previamente especificadas.

Entre la base de fijación y la cabeza de enganche del acoplador, debe existir un elemento elástico capaz de absorber la energía cinética del acoplamiento.

Un dispositivo adicional, tendrá la función de proteger al conjunto de daños mayores, con absorción mínima de energía cinética de 100 Kilojules.

El nivel del centro del acoplador se mantendrá a 720 mm. del nivel del hongo del riel y en la condición desenganchado debe estar centrado con respecto al eje longitudinal del vehículo, dentro del rango requerido de movimientos en los planos horizontal y vertical, libre de variaciones no deseadas y listo para el acoplamiento eléctrico, neumático y mecánico simultáneos.

## **2.2. Equipos bajo el bastidor**

### **2.2.1. Bogíes**

Existen dos tipos de bogíes utilizados en los vehículos: el bogie motriz, colocado uno a cada extremo, dotados del (los) motor(es) de tracción y el bogie remolque colocado al centro, soportando la articulación y la unión de los dos carros (M1 y M2).

Estos elementos permitirán el movimiento del tren sobre las vías, contando con lo necesario para traccionar y frenar según lo comandado por el conductor.

Los bogíes tendrán instalados barre pistas ajustables en un rango igual al desgaste máximo permitido en el radio de los aros de rueda.

Para facilitar el mantenimiento y disminuir su costo los bogies deberán concebirse con el mínimo de piezas de desgaste evitando al máximo los contactos metal-metal de piezas sujetas a desplazamiento relativo. Solamente en las articulaciones del mecanismo de freno (si existiera este desplazamiento), se admitirá lo anterior a condición de que éstas sean del tipo buje antifricción y/o pre lubricado.

Además, se deberán de reducir los puntos de engrasado, espaciar a un máximo las rutinas de mantenimiento y aumentar la vida de los elementos principales.

Todos los elementos del bogie antes de ensamblarse tendrán una preparación adecuada, un tratamiento anticorrosivo y una pintura epóxica de color negro brillante. Como regla general, se deberá tener cuidado en el diseño para facilitar las operaciones de montaje, desmontaje y mantenimiento de los componentes esenciales del bogie.

Las cotas fundamentales serán las mismas para los bogies motrices y para los bogies remolques. Las tolerancias utilizadas durante la fabricación deberán permitir la intercambiabilidad de los dos bogies motrices y de la totalidad de sus componentes y equipos.

### **2.2.1.1. Bastidores de bogie**

La construcción de este elemento se realizará totalmente de perfiles estructurales de acero conformado y unidos por soldadura. Esta estructura resistirá las cargas estáticas y dinámicas a las que estará sometido en servicio normal y cumplirá con las normas internacionales aplicables.

Después de soldado y antes de maquinado el bastidor será sometido a un relevado de esfuerzos para anular las tensiones internas, de acuerdo con la norma aplicable

Podrá aplicarse normativa internacional vigente para los materiales del bastidor del bogie manteniendo las dimensiones entre ejes de bogie entre centros de bogies, gálibos estático y dinámico de esta especificación, en su propuesta técnica el Licitante deberá declarar las Normas Técnicas nacionales e internacionales que aplicará en el diseño y fabricación de los bogies.

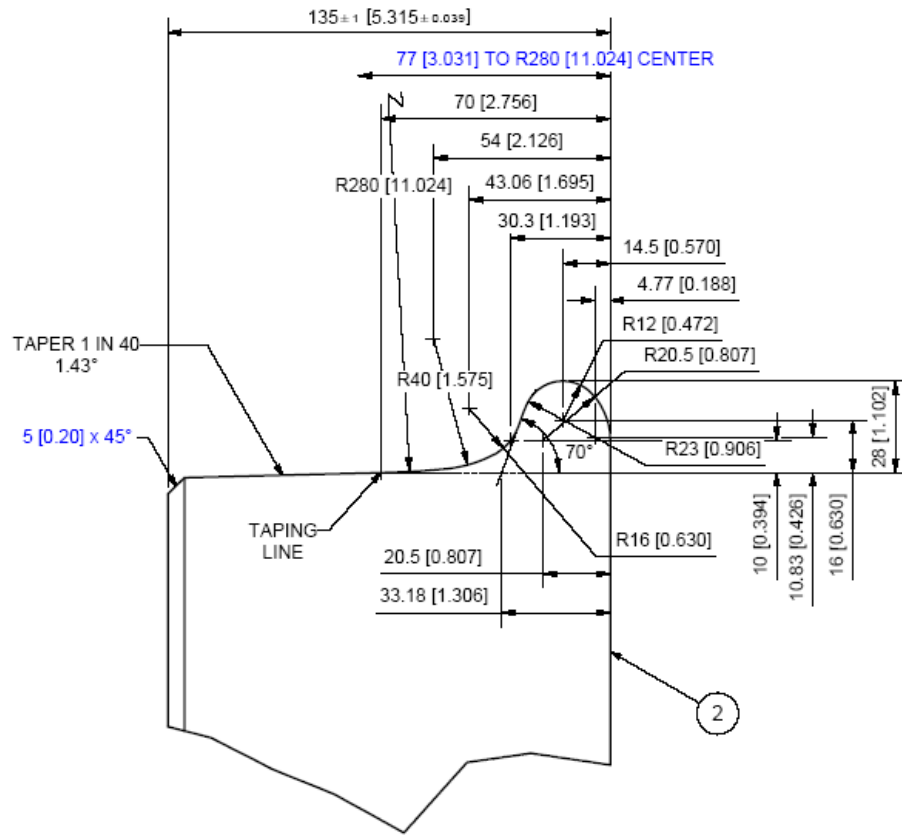
Se especifica que quedan prohibidas las perforaciones, soldaduras, calentado con soplete o esmerilados en las paredes del bastidor y otras piezas de refuerzo después del relevado de esfuerzos; se permitirá el mecanizado sin afectar rendimiento de material.

Para certificar las características de los bastidores a diferentes cargas se le practicarán pruebas estáticas y dinámicas según los protocolos acordados, el diseño estructural deberá cumplir con la Norma UIC615-4 y EN13749, presentándose a Metrorrey los certificados de las pruebas correspondientes. Podrán no realizarse las pruebas dinámicas si es un diseño que ya haya sido probado en los vehículos de Metrorrey, modelos MM-90, MM-93, MM-05, MM-20, MM-24 o similares y que el Proveedor solicite por escrito la omisión de dichas pruebas, anexando a su solicitud los certificados correspondientes.

En caso de que alguna soldadura resulte defectuosa, Metrorrey podrá solicitar pruebas complementarias por medio de: ultrasonido, radiografía, gammagrafía, magnetoscopia, etc. realizadas por un laboratorio o institución reconocida a nivel internacional para el componente que hubiese fallado, con cargo al proveedor. Estos casos no deberán exceder el 5% del total del lote de piezas.

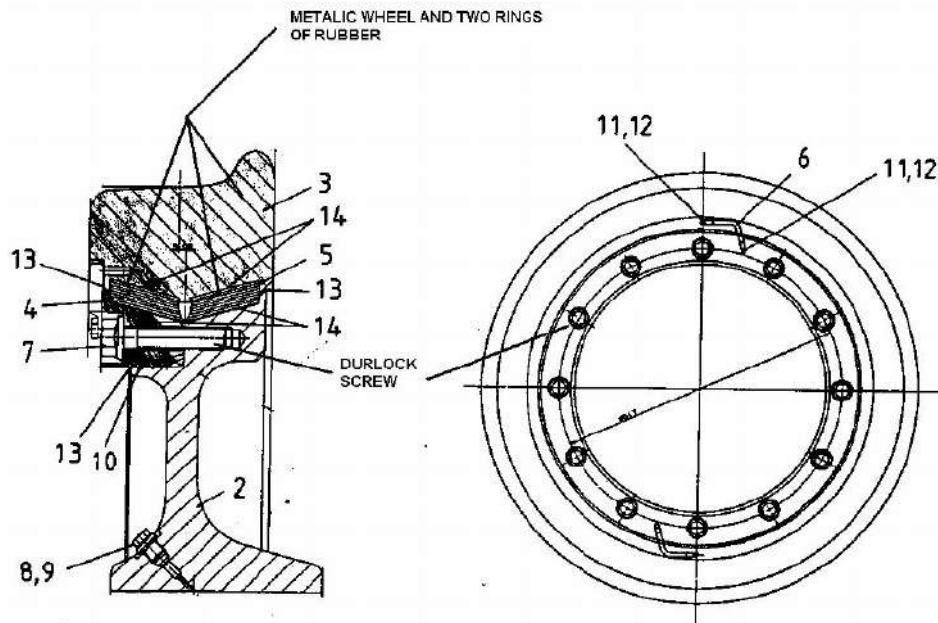
### **2.2.1.2. Ruedas y ejes**

Se utilizarán aros de rueda metálicos con un diámetro nominal de 740 +/- 0.5 mm, permitirán un diámetro mínimo de 660 mm antes de requerir ser cambiados. El montaje del aro en la masa de la rueda será a través de elementos elásticos para disminuir las vibraciones y el ruido durante su rodamiento sobre el riel. Además, deberán tener el siguiente perfil de ruedas:



Perfil de rodadura del aro de rueda (dimensiones en milímetros)

La siguiente figura ilustra un esquema de montaje de los aros de rueda:



Asegurarán el retorno de la corriente del negativo hacia la subestación rectificadora con trenzas montadas desde el exterior de la rueda y la masa, asegurando una resistencia eléctrica de 0.1 Ohm o menor. Además, deberán adaptarse al tipo de vías existentes en las instalaciones de Metrorrey (riel AREMA 115 RE).

Las ruedas para uso en los vehículos serán fabricadas en acero B4N de acuerdo con la norma UIC-810-1V.

Las ruedas deberán permitir el reperfilado de la pista y pestaña, admitiendo un desgaste radial de hasta 40 mm sin afectar las condiciones de servicio.

Los ejes serán del tipo de cajas de rodamiento en los extremos para facilitar las operaciones de mantenimiento.

La distancia entre espaldas de rueda deberá ser de 1360 +2/-0 mm.

Las cajas de rodamientos deberán de estar diseñadas para soportar a la suspensión primaria y permitir libremente su funcionamiento; además, podrán alojar elementos de medición tacométrica que se utilizarán para diversos propósitos. Contarán con sellos laberínticos que eviten la salida de grasa. La grasa lubricante deberá ser grasa comercial que se pueda adquirir en el mercado nacional.

El diseño final del conjunto ruedas, ejes y cajas de grasa deberá permitir el reperfilado de las ruedas y discos de freno en el torno bajo subterráneo (Marca HEGENSCHIEDT TIPO 104S) instalado y en servicio en el taller de mantenimiento menor de Metrorrey, introduciendo el vehículo completo, sin necesidad de desmontar ningún equipo o componente del vehículo.

### **2.2.1.3. Caja de engranajes (transmisión)**

La transmisión del par desarrollado por los motores de tracción se obtendrá por medio de un sistema simple de engranajes de reducción que irá montado sobre el eje y acoplado por un mecanismo que deberá absorber los movimientos de las suspensiones del bogie, llamada caja de engranes.

El valor de la relación deberá ser la apropiada para el motor de tracción seleccionado y garantizar las condiciones de operación señaladas en esta especificación.

Estos equipos deberán permitir un servicio prolongado sin requerir mantenimiento mayor (desensamble) durante un intervalo correspondiente a un recorrido mínimo de 500,000 Km.

El cambio de aceite de los reductores deberá realizarse a intervalos correspondientes a recorridos mínimos de 150,000 kilómetros, aceptándose un cambio inicial después de las pruebas de asentamiento del vehículo.

### **2.2.1.4. Suspensión primaria**

Su instalación será en los arcos del bastidor de bogie y se apoyará sobre las cajas de rodamientos que a su vez se apoyan sobre los ejes tanto de los bogies motrices como remolques.

La suspensión se conformará de elementos elásticos hule-metal tipo Chevrón o conico y no deberá incluir piezas de desgaste, siendo en términos generales libres de mantenimiento.

Cada eje tendrá uno de estos elementos en cada extremo para que la suspensión presente características apropiadas de flexibilidad tanto transversal como longitudinal.

La suspensión deberá permitir una libertad de movimiento vertical contando con los elementos que permitan transmitir los esfuerzos generados en la operación del tren entre los ejes y el bastidor, así como los amortiguadores necesarios en caso de requerirse.

#### **2.2.1.5. Lubricación**

El vehículo contará con un sistema de lubricación de pista y pestaña de rueda por medio de un sistema a base de sticks modificadores de fricción como los indicados en el punto 10.6.2 de la presente especificación.

### **2.2.2. Unión caja-bogie**

#### **Unión neumática**

La unión neumática caja-bogie se logrará por medio de mangueras flexibles, las cuales estarán provistas de elementos de conexión roscada a cada extremo de los conductos, estos elementos deberán soportar una presión de 28 bars o mayor.

#### **Unión eléctrica**

Los cables de alta tensión entre caja y bogie estarán unidos por un lado al motor de tracción y por otro a las cajas de conexión colocadas bajo el bastidor del vehículo.

La unión de los circuitos de baja tensión se realizará por medio de cables y con conectores múltiples aplicados sobre la caja y sobre los sensores (elementos de medición tacométrica), de tal manera que garantice la estanqueidad.

#### **2.2.2.1. Viga oscilante**

Tanto en M1 como en M2 este subensamble permitirá el enlace del bastidor de la caja a nivel del travesero de cuerpo con el bastidor del bogie mediante la suspensión secundaria y las bielas de arrastre; unida al bastidor de la caja por un balero radial que permite la rotación de la caja y del bogie motriz en el plano horizontal, formará parte del ensamble general del bastidor (M1 y M2).

La unión mecánica entre la caja y los bogies deberá garantizar las exigencias señaladas a continuación:

- Las dimensiones de la unión deben ser suficientes para asegurar un buen desempeño bajo las diversas condiciones a que se verá sometido en la operación.
- El ensamble de la caja-bogie se deberá realizar de la forma más sencilla, con objeto de simplificar dentro de lo posible la operación de separación de estos dos elementos.
- Los puntos de engrase serán fácilmente accesibles para las intervenciones de mantenimiento, sin necesidad de levantar la caja.
- La transmisión de los esfuerzos longitudinales tanto en tracción como en frenado.
- Absorber los esfuerzos transversales.
- Permitir la orientación de los bogies en curva, apegándose a los criterios internacionales establecidos al respecto; a fin de reducir al mínimo el desgaste de las ruedas sin descuidar la seguridad.

#### **2.2.2.2. Unión entre M1 y M2**

Los carros M1 y M2 serán unidos mediante el bogie articulado y el pasillo de intercurrencia de tal forma que se puedan realizar al menos las siguientes funciones:

- Conexión entre la articulación y el carro M2.
- Movimiento giratorio entre la articulación y el carro M2 sobre el eje horizontal y transversal.
- Transmisión de las fuerzas de tracción, de las fuerzas de frenado y del peso de la caja del vagón.

#### **2.2.2.3. Suspensión secundaria**

La suspensión secundaria de la caja se realizará por un sistema neumático. La carga de la caja y de los pasajeros será totalmente soportada por las bolsas de aire tipo fuelle.

En caso de falla de una de las bolsas neumáticas (o del suministro de aire), deberán preverse dispositivos elásticos adicionales que permitan al tren terminar con su recorrido sin más inconvenientes que una disminución en el confort de los usuarios y sin que se presenten inclinaciones o bamboleos peligrosos en el tren.

Deberá contar con amortiguadores verticales y horizontales de tipo ferroviario para limitar la amplitud y número de las oscilaciones verticales, transversales y de balanceo, a fin de garantizar las condiciones de confort, seguridad y estabilidad de marcha.

El circuito neumático de la suspensión secundaria se alimentará de la tubería de principal a través de una válvula de carga ajustada a una presión de 7.5 bars, de tal forma que la suspensión secundaria tendrá suministro de aire hasta que la presión de la tubería de principal sea de 7.5 bars o mayor, dando prioridad al resto de las cargas de aire, principalmente al frenado neumático de fricción.

La sujeción de las bolsas de aire a la viga oscilante deberá ser por medio de bridas metálicas; no se aceptarán bridas de plástico.

### **2.3. Cofres laterales y cofres de equipos**

La mayor parte del equipamiento del vehículo será instalado en cofres bajo bastidor interconectados con el vehículo por medio de conectores y conexiones atornillables; estos cofres podrán ser intervenidos fácilmente abriendo sus tapas desde el costado del vehículo para los cofres laterales y desde abajo para los cofres centrales. Las cerraduras serán del tipo acordado previamente con Metrorrey, siendo preferente la utilización de cerraduras de triangulo. Estos cofres deberán tener un diseño y ubicación que evite principalmente la penetración de agua, polvo y en su caso, permitir la salida de vapores producidos por los acumuladores. Su diseño incluirá un seguro que impida la apertura de la tapa el cofre en caso de que las cerraduras estén abiertas.

Los cofres, incluyendo el equipo de tracción, podrán ser construidos en acero inoxidable, acero resistente a intemperie o aluminio.

Por seguridad, deberá preverse que cualquier punto conteniendo alta tensión deberá estar debidamente señalizado y resguardado para evitar contactos accidentales durante las inspecciones de tal manera que no sea posible introducir algún brazo, mano o dedo a equipos sujetos a alta tensión sin remover alguna guarda o tapa.

### **2.4. Cabina de conducción**

Se ubicará en el frente delantero del carro M1 de los vehículos y su diseño armonizará con el tren como conjunto.

Se fabricará en resina poliéster reforzada con fibra de vidrio o similar y soportada por acero o aleación de aluminio estructural. En las áreas grandes y libres se aplicarán materiales de refuerzo que eviten vibraciones o deformaciones.

El Licitante presentara a Metrorrey un mínimo de 2 opciones de diseño de cabina (conceptuales que serán entregados en su propuesta técnica), para que se seleccione el que aplicará a los vehículos. Las propuestas de diseño de cabina interior y exterior deben ser de modelo moderno y aerodinámico.

En toda la superficie interior se aplicará una capa de aislante térmico y acústico.

Deberá preverse un parabrisas de proporciones panorámicas y si el diseño de la cabina lo permite, dos ventanas laterales de guillotina. El diseño de estos debe considerar los inconvenientes del sol, la lluvia, la escarcha y el polvo que pudieran afectar la visibilidad y crear una marcha insegura del tren y/o fatiga innecesaria del conductor.

Contará con una puerta entre cabina y salón de pasajeros y dos puertas más colocadas por ambos lados para facilitar el ingreso del conductor al interior de la cabina.

Deberán incluirse estribos en el exterior del vehículo para acceso desde nivel vías a las puertas laterales de cabina.

Deberá de contar con espacio suficiente para alojar en el futuro una pantalla de señalización CBTC (Communication Based Train Control). El equipo CBTC a bordo del tren no forma parte del alcance de suministro del fabricante del vehículo aquí especificado.

En la cabina se dispondrán los siguientes elementos y equipos:

- Pupitre de mando y conducción.

- Equipo de radiocomunicación.
- Sistema de Información.
- Todos los sistemas, componentes, controles e indicadores que por su función y operación deban estar al alcance del conductor.
- Extinguidor de fuego.
- Asiento del conductor con espacio suficiente para estirar las piernas.
- Indicadores de destino electrónicos programables a base de Led.
- Cámaras laterales retrovisores con monitor en cabina para observar los costados del tren.
- Cortinas enrollables (parasol) que cubran el total del parabrisas.
- Limpiador de parabrisas con aspersor de agua.
- Aire acondicionado.
- Puerta de acceso por ambos lados, que permita el acceso desde el exterior a la cabina; dichas puertas contarán con chapa con llave que permita al conductor cerrar el vehículo por el exterior
- Dos monitores para el sistema de video vigilancia.

Los materiales utilizados en la construcción de la cabina y de los elementos que la integran, deben cumplir con las normas más estrictas de fabricación y seguridad y ser de calidad auto extingible o preferentemente incombustible.

Los vidrios, cristales y otros materiales que sean utilizados en la cabina, deben apegarse en forma estricta a la norma NOM-P-5-CT-83, GB 18045-2000 o su equivalente vigente.

Se deberá instalar una unidad de refrigeración para la climatización de la cabina de conducción a fin de proporcionar al conductor un mayor confort durante el ejercicio de sus labores. Este equipo deberá contar, en la unidad manejadora de aire, con el serpentín de evaporación del refrigerante para el verano y de una resistencia eléctrica calefactora para el invierno, pudiendo ser del tipo bomba de calor.

El gas refrigerante deberá ser no contaminante del medio ambiente.

Estos equipos, así como la unidad integral instalada en el techo de la cabina serán alimentados eléctricamente por el convertidor estático de auxiliares, por lo que su carga deberá ser considerada en el cálculo de la capacidad nominal del mismo.

El control de operación de la unidad de climatización de cabina será por medio de un termostato, para ser ajustado en un rango que brinde el adecuado confort al conductor.



## Capítulo 3

### 3. Sistema neumático

#### 3.1. Grupo Motocompresor MCP (compresor rotativo)

Su función será el suministrar aire comprimido dentro de un rango de 8 a 10 bars, mediante un compresor de aire de tornillo, para los servicios que lo requieran. Su capacidad de generación será la necesaria y suficiente para alimentar los consumos del propio vehículo, así como también el consumo de un segundo vehículo acoplado a este, que por causas accidentales no tuviera producción propia de aire comprimido.

Contará para su arranque y paro automático, de un circuito de control que incluye un presostato que cumple con esa función. Asimismo, para su protección contará con un termostato que vigila la temperatura del aceite de lubricación; además de una válvula de seguridad que operará por presión excesiva.

Se colocará suspendido elásticamente bajo el bastidor y estará diseñado para impedir la transmisión de vibraciones a la carrocería.

Sus partes móviles deben estar bien balanceadas para lograr un mínimo desgaste y una baja emisión de ruido y vibraciones mecánicas. El bloque de tornillo estará diseñado para permitir las rutinas de mantenimiento menor y mayor.

La remoción y reemplazo del compresor no deberá tomar más de 2 horas. Dicha tarea la realizarán 2 personas de mantenimiento entrenadas y equipadas para tal fin.

El grupo motocompresor debe asegurar un servicio continuo y eficiente en las condiciones de funcionamiento más adversas.

Los rodamientos utilizados deberán absorber correctamente los esfuerzos radiales y axiales del compresor y solucionar correctamente la dilatación térmica de las partes de soporte o rotativas. La lubricación debe ser la adecuada y garantizar intervalos correspondientes a recorridos de 500,000 Km. de funcionamiento, libre de reparaciones mayores.

Su diseño contemplará una reserva de aceite en el depósito que debe ser suficiente para permitir la operación del equipo sin riesgo entre los niveles mínimo y máximo.

El motor impulsor será del tipo inducción, cerrado y construido de acuerdo con normas internacionales ISO o equivalentes, alimentado por el convertidor de auxiliares. Las conexiones deberán ser accesibles y permitir desmontarse con facilidad.

#### 3.2. Secador de aire

Este equipo deberá garantizar el suministro de aire a presión libre de polvos, aceite y humedad que pudieran dañar a los equipos alimentados por él.

Como la alimentación neumática a este equipo procederá del grupo MCP se preverá que en la línea del secador de aire no se tenga contra-presión.

Su funcionamiento será automático, silencioso y no se verá alterado por los esfuerzos a los que se someterá durante la operación normal de los trenes.

Deberá agrupar todas sus funciones en un conjunto de dimensiones mínimas y tener los dispositivos necesarios para la filtración de polvos, eliminación de aceite y deshidratación de aire.

Los elementos filtrantes tendrán una vida útil mínima de tres años.

Los contenedores y elementos internos deberán ser inmunes a la corrosión.

### **3.3. Tanques de almacenamiento**

El sistema neumático contará con varios tanques de almacenamiento, su función será la de almacenar el aire a presión necesaria para que los diversos equipos alimentados funcionen correctamente, permitiendo al compresor ciclos alternativos de funcionamiento de arranque y paro lo más largo posible. Los tanques o depósitos de aire serán cilíndricos con tapas semi-elípticas o torisféricas unidas por soldadura aplicada según la Norma EN 286.

Cada uno de los tanques de almacenamiento tendrán un grifo del tipo uso pesado para purgar o drenar posibles líquidos acumulados y las paredes internas deberán tener recubrimiento de teflón o un material protector similar. El grifo o válvula de desfogue deberá estar pintado en color amarillo fosforescente y la posición de las válvulas deberá estar claramente marcada como abierto o cerrado, además todas las válvulas tendrán el mismo ángulo de giro, a 90° o a 180°, para uniformidad de las mismas y evitar errores de operación.

### **3.4. Tuberías y accesorios**

Las tuberías deberán permitir el transporte y distribución del aire comprimido eficientemente y permitir con facilidad los trabajos de instalación y conexión. Estarán fabricadas en cobre o acero inoxidable.

El diseño final de la trayectoria de la tubería, el uso de los siguientes accesorios: presostatos, válvulas, reguladores de presión, filtros, llaves de paso y manómetros de frenos y tubería principal serán sometidos a aprobación de Metrorrey.

Todas las conexiones utilizadas serán diseñadas para soportar 3 veces la presión de trabajo (30 bars). Deberá preverse que, en caso de aflojamiento de las conexiones, no se permitirá que se suelte el tubo.

Todas las válvulas utilizadas en el sistema neumático deben de soportar sin riesgo las presiones de trabajo; deben seleccionarse para trabajo pesado y libres de mantenimiento en lo posible; con roscas imperial o métrica.

Deberán proveerse válvulas manuales accesibles desde el interior del vehículo, en el área de articulación junto a los mecanismos de liberación manual del freno de inmovilización, para desfogar totalmente el vehículo que lo requiera, así como válvulas manuales de aislamiento neumático detrás de la cabeza del acoplador.

Las mangueras de conexión entre los carros M1 y M2 deberán pasar por el lado del pasillo de la articulación por el cual pasa el cableado de control y de baja tensión. En caso de que las mangueras pasen por el lado de alta tensión, las conexiones de alterna y alta tensión deberán estar resguardadas para evitar el contacto con las mangueras, herramienta y personal al realizar labores de

mantenimiento o en caso de falla de las mangueras.

### **3.5. Suspensión secundaria**

Para asegurar un confort aceptable a los usuarios será indispensable que las frecuencias de oscilación de las suspensiones primaria y secundaria estén desfasadas con respecto a la frecuencia natural de la caja para evitar que estas entren en resonancia.

La estabilidad de la caja deberá estar asegurada para todas las condiciones de carga y velocidad. Estará montada sobre la viga oscilante que tendrá dos cámaras separadas neumáticamente, en las cuales descansarán las bolsas de aire a presión que son controladas automáticamente para mantener flotando al tren a una altura constante, nivelado y estable. Las vigas tendrán la base para el balero tipo anillo o corona que unirá la caja con el bogie.

El nivel del piso se deberá de mantener constante en forma automática independientemente de las variaciones de carga de los carros; esto se logrará mediante válvulas reguladoras de presión de alta fiabilidad, escaso mantenimiento y asociados a los detectores de la carga.

La suspensión permitirá un desplazamiento lateral de hasta 35 mm del bogie con respecto a la caja como máximo.

Cuando el vehículo se encuentra en servicio con una suspensión desinflada, debe responder a todos los criterios de seguridad y de circulación en curva.

### **3.6. Pantógrafo**

El pantógrafo será el mecanismo que utilizarán los vehículos para la captación de la energía eléctrica. Será instalado en el techo del carro M1 y deberá estar aislado eléctricamente de la carrocería por medio de dispositivos que cuenten con las características eléctricas y mecánicas adecuadas.

Los puntos de fijación en el techo deberán estar nivelados y ubicados con exactitud.

El accionamiento de este mecanismo podrá ser realizado por un cilindro neumático integrado al bastidor del mismo y deberá ser ajustado antes del montaje en el vehículo de acuerdo al protocolo de pruebas aplicable.

El pantógrafo deberá soportar una velocidad de 100 km/hr. Sin causar o sufrir daños o perturbaciones. La posición del plano de contacto deberá ser independiente de los movimientos del tren y mantenerse en contacto permanente con el hilo de contacto de la catenaria con una fuerza constante de 8.0 +/- 1.0 kilogramos.

Los movimientos de subida y bajada deberán ser controlados y regulados.

Deberá contar con elementos eléctricos flexibles (trenzas) que eviten que el flujo de corriente circule por las articulaciones y rodamientos del pantógrafo.

Las articulaciones se deberán fabricar con rodamientos sellados (a prueba de polvo y humedad), para evitar desgastes o daños prematuros y ocasionalmente permitirán el paso de corriente de 600 AMP.

El contacto con la catenaria será por medio de dos bandas paralelas de carbón de 1,050 mm de longitud c/u, que tocarán el hilo de contacto y tendrán excelentes características de frotamiento y

conductividad y garantizarán una vida útil superior a los 100,000 km.

El vehículo contará en la cabina con una bomba de aire eléctrica para izar el pantógrafo cuando no exista presión de aire en el vehículo.

### **3.7. Sistema de puertas para usuarios**

El sistema seleccionado tendrá un mecanismo de puertas de tipo deslizante hacia el interior del costado del vehículo, de accionamiento eléctrico. Para el control de apertura y cierre de las puertas de usuarios, deberá proveerse los dispositivos y los medios de interconexión adecuados entre los mandos y las puertas. Las cubiertas de las hojas de las puertas serán construidas en acero inoxidable o aluminio.

Los principales componentes del sistema de puertas son:

- Mecanismo de suspensión de hojas de las puertas.
- Mecanismo de accionamiento.
- Motor eléctrico.
- Mecanismo de desbloqueo

La posición de puertas cerradas y la lógica de control para la apertura y cierre de puertas será supervisada y controlada por la unidad programable de servicios (UPS), de la que se hablará en el capítulo 5.

Los tiempos de accionamiento serán los siguientes:

- El tiempo de apertura será de 2.5 a 3.5 seg.
- El tiempo de cierre será de 2.5 a 3.5 seg.

El cierre de las puertas deberá efectuarse en 2 fases:

- Fase rápida cuya duración es de 2 a 2.5 seg. acercándose las puertas, pero no cerrándose completamente, hasta alcanzar una separación de 10 cm entre las hojas.
- Fase lenta, completando el cierre de las dos hojas sin choque brusco, la duración de esta fase es de aproximadamente 1 seg.

Las órdenes de apertura y cierre se comandarán con los mandos en pupitre de cabina.

Se deberán instalar unas extensiones de 20 mm de elastómero en los umbrales (parte inferior exterior de las puertas) que amplíen el ancho total del vehículo a nivel de piso de 2.65 a 2.69 metros con el objetivo de impedir atrapamientos de personas u objetos entre el vehículo y el andén de las estaciones.

## Capítulo 4

### 4.- Sistema eléctrico

#### 4.1 Alimentación eléctrica

La tensión nominal distribuida en la catenaria es de 1,500 Vcc, permitiéndose una variación de +20% / -30%, el valor de la cual será mostrada en un voltímetro de línea instalado en el pupitre o en la pantalla de interfase con el conductor. Como ya se mencionó, la captación de corriente se realizará a través del pantógrafo y se distribuirá a los diversos equipos después de pasar por el disyuntor del convertidor de tracción y el fusible del convertidor de auxiliares.

Se reitera que el licitante ganador deberá realizar las mediciones que considere pertinentes para asegurar que los equipos alimentados por la alta tensión cuenten con protecciones que eviten que se envíen perturbaciones a la catenaria, así como no verse afectados por las perturbaciones provenientes de ella, ni poner en riesgo algún otro componente.

##### 4.1.1 Fuentes de energía

La energía eléctrica de alta tensión es suministrada por las subestaciones rectificadoras (SER's), localizadas estratégicamente en el taller y a lo largo de los viaductos (elevado y subterráneo), para asegurar un suministro de energía.

Esta fuente alimentará al convertidor estático de tracción (CET) y al convertidor estático de auxiliares (CEA), de este último se obtendrán:

- Una fuente de corriente alterna.
- Una fuente de Corriente Continua de baja tensión.

La fuente de corriente alterna de alimentará al grupo motocompresor, sistemas de aire acondicionado y ventilación de aparatos principalmente.

La baja tensión de corriente continua alimentará los sistemas de control, electrónica de frenado, servicios auxiliares, carga del banco de acumuladores y del alumbrado de pasajeros principalmente y su valor será mostrado en el voltímetro de batería instalado en el pupitre. Los circuitos de alta tensión y de corriente alterna deberán estar completamente aislados de la tierra del tren para evitar descargas a las personas.

Las conexiones de tierra de los circuitos de alta y baja tensión se realizarán por medio de conductores a un punto común de la masa del tren.

##### 4.1.2 Protecciones por interruptores termomagnéticos

Cuando las corrientes eléctricas que se demanden en los circuitos del tren sobrepasen los valores máximos permisibles entrarán en funcionamiento las protecciones por interruptores termomagnéticos aislando la alimentación de los circuitos involucrados, hasta que sean restablecidos. Estas protecciones serán seleccionadas tomando como referencia los valores nominales y máximos de cada equipo y circuito eléctrico, deberán garantizar y asegurar la integridad física de los componentes (contactores, relevadores, conductores, conexiones, motores).

Su ubicación deberá permitir el accionamiento rápido y seguro. Sus características de aislamiento y montaje deberán ser acordes con los valores de tensión y corriente involucrados. Contarán con indicadores ópticos de disparo.

Todos los interruptores termomagnéticos deberán contar con un contacto auxiliar conectado a varios circuitos que indicarán al conductor cuando algún interruptor se encuentre disparado.

Para la realización de pruebas de equipos tanto en planta como en las instalaciones de Metrorrey, estas se harán con las protecciones seleccionadas, debidamente colocadas.

#### **4.1.3 Conductores eléctricos**

Los conductores eléctricos a utilizar en los vehículos deberán ser libres de halógenos y estarán provistos de un aislamiento adecuado a las condiciones de operación de cada circuito.

La fabricación de los diferentes tipos de conductores, deberán apegarse a las especificaciones de las normas técnicas eléctricas de NEMA, IEEE u otras internacionales aplicables al Material Rodante.

Será admitido el uso de trenzas desnudas de diferentes calibres de conductor de cobre electrolítico con recubrimiento adecuado (plateado, estañado o barnizado) para prevenir oxidación de acuerdo con normas internacionales aplicables.

Todo el cableado deberá diseñarse e instalarse con circuitos de reserva en cantidad suficiente como para permitir por lo menos 3 reconexiones sin la necesidad de recablear o de realizar empalmes. Cada grupo de cables deberá contener un mínimo de 10% o 3 cables de reserva, lo que fuera mayor.

#### **4.1.4 Clemas y conectores**

Las clemas de conexión del cableado de control y de baja tensión deberán ser del tipo de resorte. En los circuitos que la carga sea mayor a 5 amperes se aceptará el uso de clemas de tornillo.

Todos los equipos y componentes eléctricos del vehículo, incluidos los cofres, deberán estar conectados a los circuitos del vehículo a través de conectores, esto aplica también para la interconexión entre las cajas M1 y M2. Se aceptarán conexiones de tornillo en los conductores de potencia y de alta tensión.

#### **4.1.5 Relevadores**

Todos los relevadores utilizados en el vehículo deberán ser de uso ferroviario, con indicador led del estado interno.

#### 4.1.6 Selectores, conmutadores, botones, carteros exteriores e instrumentación

La ubicación y operación de los selectores, conmutadores, botones e instrumentación deberán ser lo más parecido a las ubicaciones y operaciones en los vehículos que Metrorrey tiene en explotación en sus vehículos modelo MM-20 y MM-24. El Licitante y/o Proveedor deberá verificar la instrumentación existente en los vehículos modelo MM-20, la cual será la base para el diseño de la instrumentación de su vehículo.

Todos los componentes deberán ser de uso ferroviario.

La señalización de averías de los diferentes equipos deberá ser instalada en el pupitre de conducción, indicará a través de un sistema de información el estado del tren en general y de cada vehículo en particular, donde se mostrará, por ejemplo:

	<b>Leyenda</b>	<b>Color</b>	<b>Observaciones</b>
1.	Falla Ventiladores de Equipo	Rojo	
2.	Falla UPS	Rojo	Falla en unidad programable de servicios (UPS).
3.	Ausencia de Alta Tensión	Amarillo	
4.	Pantógrafo Abajo	Rojo	
5.	Falla Disyuntor CET	Rojo	
6.	Falla Disyuntor CEA	Rojo	
7.	Freno de Estacionamiento Aplicado	Amarillo	
8.	Motriz Inactiva	Rojo	
9.	Falla de Frenado	Rojo	Falla no grave detectada por la UEF
10.	Falla de Compresor	Rojo	
11.	Falla Convertidor de Tracción	Rojo	
12.	Falla Convertidor de Auxiliares	Rojo	
13.	Carros Bloqueados	Rojo	Presión en tubería de equilibrio menor a 5.5 bars con apertura del bucle de seguridad.
14.	Falla Mayor de Frenado	Rojo	Falla grave detectada por la UEF.
15.	ITCA Abierto	Rojo	Interruptor termomagnético de CA disparado.
16.	Baja Presión Tubería de Equilibrio	Rojo	Presión en tubería de equilibrio menor a 7.5 bars.
17.	Bloqueo ajeno	Rojo	Sobrepasado el tiempo de arranque.
18.	Bloqueo propio	Rojo	Freno de parada aplicado y Manipulador en tracción.
19.	Frenado de emergencia	Rojo	Freno de emergencia aplicado por el botón de emergencia o manipulador de tracción.
20.	Falla A/C usuarios	Rojo	
21.	STB activado	Amarillo	Traspaso de bucle activado
22.	Falla de Paratrén	Rojo	Falla en sistema de paratrén del Vehículo.

23.	Balatas FE liberadas	Amarillo	Zapatas del bogie remolque liberadas al accionar sirgas.
24.	Falla dispositivo hombre muerto	Rojo	Interruptor hombre muerto no activado.
25.	PRU activado	Amarillo	Procedimiento de remolque de Urgencia activada.
26.	Lavado de tren	Amarillo	Función de regulación a2km/hr activada.
27.	Termomagnético disparado	Rojo	Uno o varios interruptores termomagnéticos están disparados.
28.	Reconocer alarma	Azul	Botón pulsador iluminado para reconocer alarma
29.	Selector de traspaso activado	Rojo	Algún selector de traspaso se ha activado.
30.	Puerta abierta (salón de pasajeros)	Rojo	Indicará la o las puertas abiertas en cada vehículo.
31.	Ruptor KFS accionado	Rojo	Indicará el o los ruptores accionados en cada vehículo.

La información desplegada en el sistema permitirá definir si la indicación es del propio vehículo o de un vehículo acoplado a él (vehículo ajeno). La pantalla deberá permitir una fácil navegación y lectura de la información.

Los carteros exteriores deberán tener un flujo luminoso que les permita ser vistos claramente desde los extremos del tren.

#### 4.1.7 Montaje de componentes eléctricos y electrónicos

El cableado bajo bastidor deberá ser instalado sobre canaletas metálicas con aristas protegidas para evitar daños a los conductores eléctricos. En el interior del vehículo será aceptable la utilización de canaletas plásticas, que en su caso deberán ser libres de halógenos, de baja emisión de humos y retardantes al fuego.

El cableado de conexión entre M1 y M2 deberá pasar a derecha e izquierda del pasillo de articulación, por dentro del vehículo o en el techo por el exterior del mismo, de acuerdo al diseño de la articulación; el cableado de control y baja tensión por la derecha y el cableado de alta tensión por la izquierda. El cableado de control deberá ser a través de conectores y en el de alta tensión se aceptará el uso de conexiones de tornillo. Las zonas de conexión de alta tensión de M1 y M2 deberán contar con una tapa protectora adicional de acrílico como medida de seguridad. No se aceptará el paso de cableado por el piso del pasillo de articulación.

Los interruptores termomagnéticos, relevadores y clemas de conexión deberán montarse en riel DIN, ubicados en cofres y tableros de fácil acceso, formando grupos ordenados de forma funcional y estética.

Los equipos electrónicos como registrador de eventos, electrónica de frenado, electrónica de audio y voiceo, equipo de Paratrén magnético, sistema de video vigilancia CCTV y sistema



CBTC (preparaciones), deberán montarse en cofres bajo bastidor o en armarios en el interior del vehículo, de acuerdo con el diseño del fabricante manteniendo una accesibilidad adecuada para el mantenimiento de los equipos.

## 4.2 Disyuntor ultrarrápido

El Sistema de propulsión deberá ser protegido con un disyuntor ultrarrápido con control electromagnético y refrigeración natural del tipo UR6 o equivalente. Su rápido tiempo de respuesta después de un exceso de corriente (cortocircuito, etc.) deberá ser apropiado para la protección del Sistema.

Este interruptor de circuito estará diseñado para responder muy rápidamente después de detectar un exceso de corriente, suprimiendo el arco de corriente generado. Esta unidad deberá cumplir con:

- Alto nivel de aislamiento a tierra.
- Alta capacidad de interrupción.
- No susceptible a afectaciones por condiciones climatológicas.
- Vida mecánica y eléctrica elevada.
- Mínimo mantenimiento.
- Dimensiones y pesos reducidos.
- Tensión nominal de aislamiento de 2000 Vcc..
- Limitador del sobre-voltaje durante el corte.
- Diversos márgenes de regulación de intensidad.
- Robustez mecánica a las vibraciones e impactos.
- Construcción simple.

La unidad deberá cumplir con las recomendaciones 77 y 157.1 de la norma IEC.

## 4.3 Convertidor estático de tracción (CET)

El CET está formado por circuitos eléctricos y electrónicos indispensables para asegurar el control y mando del tren en cualquier condición de servicio.

Al igual que el Convertidor Estático de Auxiliares (CEA), este equipo está constituido básicamente por circuitos electrónicos de control y circuitos electrónicos de potencia, permitiendo la alimentación de los motores y el control y supervisión automática por la electrónica de control.

El CET deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

- Garantizará la operación correcta en todas las condiciones de trabajo (arranque y funcionamiento continuo), para un rango de temperatura ambiente de -10 a +50°C.
- Soportará las vibraciones y esfuerzos a los que estará sujeto el tren.
- Su funcionamiento deberá ser silencioso ( $\leq 70$  dB) y satisfactorio para una altitud de 600 msnm.
- El equipo deberá ser inmune a corrientes armónicas y transientes.
- La sobrecarga eléctrica permisible podrá ser mayor al 50% durante un minuto.

- En el caso de falla del circuito de potencia, éste será aislado por el equipo de control antes de que la corriente supere la capacidad de los circuitos de protección.
- Los semiconductores de potencia deberán contar con un sistema de enfriamiento confiable y de fácil mantenimiento.
- Los semiconductores de potencia deberán ser del tipo IGBT (Isolated Gate Bipolar Transistor) de última generación.
- El inversor del CET se alimentará directamente en 1,500 Vcc (-30 % / +20 %), el voltaje trifásico de salida para alimentación de los motores de tracción en corriente alterna y sus tolerancias correspondientes, será definido y precisado por el Licitante en su propuesta técnica.
- Los componentes del CET, serán agrupados de acuerdo a su función y montados en forma modular en una caja metálica con tapas aseguradas con cerraduras rápidas.
- Las cajas serán soportadas bajo el bastidor por soportes adecuados que faciliten el montaje y desmontaje e impidan la transmisión de vibraciones provenientes del tren.
- Los conductores utilizados en el cableado del CET deberán cumplir con lo indicado en el numeral 4.1.3.
- Para una demanda de tracción máxima y vía horizontal, la aceleración será de 1.0 m/s<sup>2</sup> para una carga desde el vehículo en vacío hasta 3/4 de carga (4 personas/m<sup>2</sup>, 70 kg/pers), arriba de 3/4 de carga (4/4 o 5/4) la aceleración podrá ser reducida, manteniendo la potencia de salida del CET al régimen de 3/4 de carga.

El Sistema de propulsión deberá ser maduro y fiable, así de desempeño comprobado en operación de sistemas similares a Metrorrey; el Licitante en su propuesta técnica deberá proporcionar la lista de referencias de los sistemas de transporte colectivo Metro, donde dichos sistemas han sido instalados y se encuentran operando, incluyendo el año de fabricación y la cantidad de sistemas suministrados.

#### **4.4 Resistencias de frenado**

Para el frenado dinámico se dispondrá de resistencias de frenado instaladas bajo bastidor. Las resistencias de frenado deberán ser capaces de disipar el 100% de la energía de frenado producida cuando se demande un frenado máximo de servicio (1.0 m/s<sup>2</sup>) en plano horizontal y hasta 3/4 de carga.

Las resistencias de frenado a instalar deberán ser enfriadas por convección natural y deberá preverse aislamiento térmico entre el cofre de las resistencias de frenado y el bastidor del vehículo, así como de los cables y equipos adyacentes.

El cofre de las resistencias de frenado estará debidamente conectado a masa y su construcción evitará que con el vehículo encendido existan partes con alta tensión accesibles sin desmontar alguna tapa o abrir alguna puerta de acceso.

#### **4.5. Motores de tracción**

Los motores de tracción serán del tipo inducción y rotor jaula de ardilla para corriente alterna trifásica autoventilados.

Cada vehículo contará con dos o cuatro motores de tracción, según el diseño propuesto, instalados en los bogies motrices y acoplados directamente a los reductores.

Su alimentación la realizará el convertidor estático de tracción, el cual además la controlará y supervisará mediante una unidad electrónica de control automático. La auto ventilación debe proporcionar un caudal de aire suficiente para garantizar una operación continua del vehículo en servicio.

Los materiales aislantes utilizados en la fabricación del motor deberán soportar 200 °C o superior (clase N o R). La caja de conexiones deberá ubicarse adecuadamente para facilitar la conexión de los conductores de potencia.

El factor de potencia del motor deberá ser 0.85 o mayor. El rotor deberá estar balanceado con gran precisión para una operación segura y duradera a la velocidad máxima de operación.

Los motores de tracción deberán ser libres de mantenimiento por un mínimo de 1,000,000 km. (un millón de kilómetros), salvo por tareas de lubricación a intervalos no menores a 150,000 kms.

Los ruidos de funcionamiento debidos a la ventilación y a los rodamientos serán mínimos para una operación silenciosa.

Los motores deberán asegurar un buen funcionamiento para las condiciones de sobrecarga establecidas y deberán cumplir con las especificaciones técnicas internacionales.

El fabricante expedirá los certificados de calidad y garantía, así como los protocolos de pruebas, mismas que serán realizadas de acuerdo a las normas correspondientes.

#### **4.6. Retorno de corriente (negativo y masa)**

El retorno de la corriente de tracción en el vehículo se logrará por medio de dispositivos montados en los extremos de las cajas de rodamientos de los bogies, los cuales servirán para cerrar el circuito eléctrico de la corriente de tracción con los rieles a través de las ruedas de los bogies, las cuales deberán estar provistas de terminales adecuadas para la conexión eléctrica.

Se instalarán trenzas conductoras flexibles suficientes entre caja, motores y bastidor del bogie para asegurar su eficaz conexión a masa, esto aplica para los bogies motrices y para los bogies remolques, según corresponda. Es indispensable respetar una distancia mínima entre puntos bajo tensión eléctrica y las piezas conectadas a la masa del bogie o de la carrocería, para anular la posible presencia de arcos eléctricos de acuerdo con las normas y prácticas internacionales.

Para el diseño de los vehículos deberá tomarse en cuenta (en particular para el sistema de protección contra descargas atmosféricas), que el retorno del negativo por los rieles es un sistema aislado de tierra. El fabricante proveerá un sistema de apartarrayos adecuadamente montando en la proximidad del pantógrafo.

#### 4.7. Convertidor estático de auxiliares (CEA)

Este equipo será diseñado en base a semiconductores IGBT (Isolated Gate Bipolar Transistor) de última generación, los cuales serán utilizados para obtener a partir de la alta tensión (1,500 Vcc), un voltaje de corriente alterna trifásica que alimentará a los siguientes componentes principales:

- Motor del compresor.
- Aire acondicionado de usuarios.
- Aire acondicionado de cabina de conducción.
- Ventilación de equipos.

Además, deberá proveer una salida de voltaje de corriente directa para alimentación de equipos de control e instrumentación, alumbrado y para recargar el banco de acumuladores.

Un gran número de equipos dependen del CEA, por lo que deberá ser diseñado con un alto grado de confiabilidad; asimismo deberá ser completamente compatible con los equipos que alimentará para evitar daños posibles en ellos. El ruido eléctrico generado por él no deberá alterar el funcionamiento de otros equipos y no deberá provocar perturbaciones a la red (catenaria).

Para responder a las condiciones de operación a las que serán sometidos los trenes y además lograr que el nivel de mantenimiento sea lo más bajo posible, el CEA deberá cumplir con los siguientes requerimientos mínimos:

1. Deberá ser compatible con los equipos que alimente.
2. El equipo deberá ser inmune a disturbios ocasionadas por el factor de distorsión armónica (THD) y transientes.
3. Deberá tener una reserva de potencia de al menos un 15%, tanto en corriente directa como alterna.
4. Soportará un régimen de funcionamiento continuo para las siguientes condiciones:
  - Rango de temperatura ambiente -10 a +50°C
  - Soportará vibraciones y esfuerzos del tren
  - Su funcionamiento será silencioso ≤ 70 dB
  - Altitud del lugar de uso 600 msnm
  - Humedad relativa promedio 85 %
  - Humedad relativa máxima 100 %
  - Sobrecarga 50 % (60 seg)
  - Aislamiento entrada/salida 100 %

El CEA deberá contar con un sistema de enfriamiento que le permita disipar el calor generado por sus componentes durante el funcionamiento continuo. Este sistema deberá ser confiable y de fácil mantenimiento, pudiendo ser por convección natural o ventilación forzada.

El fabricante expedirá los certificados de calidad y garantía, así como los protocolos de pruebas, mismas que serán realizadas de acuerdo a las normas correspondientes.

El Licitante deberá proporcionar en su propuesta técnica la memoria de cálculo de las cargas y determinación de la potencia nominal.

#### **4.8. Banco de acumuladores**

Un banco de acumuladores de energía eléctrica de níquel-cadmio será utilizado para proveer de corriente continua al vehículo para la alimentación emergente de:

- Equipo auxiliar.
- Sistema de radio.
- Circuitos de control.
- Alumbrado de emergencia.
- Sistema de video vigilancia CCTV (cámaras, grabador y accesorios).
- Paratren Magnético.
- Sistema CBTC (Futuro).
- Inversor 110 Vcc a 120 Vca, 60 Hz para contactos de servicio.

La tensión de la energía del banco de acumuladores deberá tolerar las condiciones máximas de operación y mantener el funcionamiento del tren en situaciones de emergencia durante un tiempo de 1.5 hrs. con el CEA apagado sin llegar a degradar el rendimiento de la batería.

En condiciones normales de operación el convertidor electrónico CEA, proveerá de carga a los acumuladores cuando exista presencia de alta tensión en el pantógrafo.

Las celdas deberán contener una boca de llenado ancha con tapón de seguridad. El tapón deberá ser removible para el mantenimiento de la celda.

El recipiente deberá resistir todo tipo de esfuerzos mecánicos que se puedan presentar en la instalación, operación y mantenimiento.

Los bornes deberán ser de un material que no se degrade con el paso del tiempo o bajo condiciones de operación rigurosas. Las conexiones se realizarán con cables flexibles o barras (donde sea posible) de calibres adecuados, con cubierta de material aislante ignífugo, con terminales cubiertas de plata y sujetas con arandelas elásticas y/o contratueras para evitar uniones flojas o que estas se aflojen con las vibraciones propias de la operación.

Todas las piezas exteriores del recipiente serán intercambiables.

El acumulador será definido eléctricamente por su capacidad y su corriente nominal de descarga de acuerdo a las condiciones de operación del vehículo y según las normas eléctricas internacionales aplicables. Las placas de identificación del banco y de los acumuladores deberán contener las siguientes leyendas:

- Razón social del fabricante.
- Fecha de fabricación.
- Signos de polaridad sobre la cubierta con el color convencional, rojo borne positivo; negro o azul borne negativo.

- Niveles de: máximo y mínimo del electrolito.
- Capacidad en amperes-hora.
- Número de serie.

Estas inscripciones serán claras y perdurables. Se dispondrá un contenedor que resguarde en forma adecuada cada acumulador de tal manera que evite su movimiento, pero que a su vez permita un desmontaje fácil y rápido para su mantenimiento o cambio.

El compartimiento del vehículo que contenga el banco de acumuladores deberá contar con un mecanismo a base de barras corredizas que permita sacar el banco de baterías para efectuar el mantenimiento; además, con el compartimiento en posición cerrado, deberá prever una ventilación adecuada para la disipación de gases durante la carga, así como para minimizar su condensación bajo cualquier condición de operación. Los acumuladores estarán diseñados para operar satisfactoriamente en un rango de temperatura ambiente de: -10°C a +50°C.

El Proveedor de los vehículos deberá expedir los certificados de pruebas del banco de acumuladores.

Las características y pruebas principales sugeridas que deberán tener los acumuladores utilizados estarán basadas en las especificaciones técnicas internacionales aplicables a este tipo de equipos.

#### **4.9. Interferencias con sistemas de instalaciones fijas**

El Licitante deberá garantizar que los equipos instalados en el vehículo no causen perturbaciones a los sistemas propios y los de las instalaciones fijas (señalización, subestaciones, radiocomunicación, estaciones, catenaria, etc.)

## Capítulo 5

### 5. Sistemas de control

#### 5.1. Unidad de control y regulación de marcha

Permitirá el suministro adecuado de energía a los motores de tracción del vehículo, manteniendo una estrecha vigilancia de los parámetros (velocidad, tensión, corriente, frecuencia y par), para optimizar su funcionamiento. Evitará patinajes y deslizamientos en tracción y frenado eléctrico.

El sistema de tracción deberá contar con un sistema de control que convierta a los motores en generadores, envíe la energía regenerada a la catenaria y conecte un banco de resistencias para la fase de frenado eléctrico sin regeneración.

El frenado eléctrico deberá ser capaz de reducir la velocidad del vehículo en un 100%, con una carga máxima de 3/4, hasta una velocidad de 8 km/hr o menor, a la cual se iniciará la transferencia del esfuerzo de frenado al sistema neumático, en forma paulatina y sin afectar el confort de los usuarios.

La unidad de control de marcha deberá garantizar que al iniciar tracción en una pendiente ascendente, el vehículo no se mueva en dirección contraria por efectos de la gravedad al desactivar el freno.

La unidad de control de marcha del vehículo deberá ser capaz de evaluar, emitir y memorizar señales y datos del sistema de tracción del tren. Este control deberá realizarse a través de órdenes y valores que el conductor imponga a través del manipulador del tren, de tal manera que con esta información y los programas escritos y almacenados en memoria podrán realizarse funciones de vigilancia, determinación de valores límite, bloqueo y encendido de dispositivos, y memorización de fallas.

Deberá tener habilitadas funciones de control de velocidad a 2 km/hr para lavado del vehículo y de 2.5 km/hr para acoplamiento, activada/desactivada por el Conductor por medio de un selector y comandada mediante el manipulador.

La unidad de control y regulación de marcha deberá tener los siguientes requerimientos mínimos:

- Contar con un programa de autoverificación de funcionamiento.
- Fácil inspección y mantenimiento.
- Todos los componentes y módulos que integran el equipo de mando y regulación deberán ser identificados por medio de etiquetas o inscripciones.
- Los módulos y/o tarjetas removibles deberán estar codificados para evitar confusión de ubicación.
- Las tarjetas que contengan circuitos electrónicos muy sensibles a interferencias deberán contar con un apantallado adicional.
- Deberá ser posible la extracción de datos almacenados en su memoria a través de la conexión de una computadora Laptop tipo industrial con puertos de comunicación tipo USB, Ethernet o RS-232. El licitante ganador entregará a Metrorrey los cables, software y Licencias de explotación necesarios.
- Algunos de los datos accesibles para su consulta, serán:

1. Código de fallas con descripción detallada de las condiciones de falla
2. Parámetros de operación que faciliten el diagnóstico de averías
3. Consumo de energía en Kwh.
4. Recuperación de energía en Kwh.
5. Pérdida de energía en resistencias de frenado en Kwh.
6. Distancia recorrida en Km.
7. Tiempo total de conexión del equipo en horas y minutos (00:00).
8. Tiempo de movimiento del vehículo en horas y minutos (00:00).
9. Los datos anteriores podrán ser puestos a cero por personal de mantenimiento.

### **5.1.1. Sensores**

Entre otros usos, los elementos sensores de medición tacométricos montados en las cajas de rodamiento, se emplearán como captadores de información para el dispositivo de corrección de patinaje y deslizamiento de las ruedas como ya se mencionó, pero además la señal que genere este sensor deberá ser compatible con el equipo de tracción y de frenado, o disponer de las interfaces necesarias para este fin.

El montaje de los sensores deberá ser de manera tal, que pueda realizarse mediante un método que minimice la necesidad de ajuste de distancia del sensor a la rueda dentada.

### **5.1.2. Manipulador de tracción**

Es un dispositivo que estará ubicado en la parte superior del pupitre de conducción. Este dispositivo deberá permitir el enlace entre los sistemas de control del tren y el conductor.

A través del manipulador de tracción el Conductor logrará comandar y controlar el arranque y el paro del tren, seleccionar la velocidad de tránsito y traccionar hacia adelante o hacia atrás.

Al manipulador lo integrarán los siguientes componentes:

- Manipulador con palanca de mando ergonómica equipada con dispositivo de hombre muerto tipo push button, para la seguridad de marcha del tren.
- Interruptor con llave para bloqueo/desbloqueo del manipulador
- Selector del sentido de marcha del tren con enclavamiento mecánico y/o eléctrico.
- Control de velocidad crucero.

La operación del dispositivo de hombre muerto del manipulador consistirá en que el Conductor deberá mantenerlo presionado durante todo el tiempo que el vehículo o tren este en movimiento.

Al soltar el arillo de hombre muerto el Conductor tendrá 2 segundos para restablecer el estado del dispositivo de hombre muerto en el manipulador sin que se aplique el frenado de emergencia. Una vez aplicado el frenado de emergencia, éste se mantendrá hasta que el vehículo o tren se detenga por completo.

El manipulador partirá desde una posición central de reposo denominada neutro, pudiendo deslizarse hacia adelante del punto neutro para tracción y hacia atrás del punto neutro para



frenado.

El rango de tracción será continuo. Para el rango de frenado se deberá contar con dos posiciones: la de frenado de servicio, que ocupará la mayor parte del rango, la cual deberá de ir incrementando la capacidad de frenado al ir desplazándose y la de frenado de emergencia, que estará al final del desplazamiento, el cual tendrá una leva que hará sensible para el Conductor la aplicación del freno de urgencia.

La distribución de controles y el color del manipulador serán de acuerdo con la fotografía siguiente:



Manipulador actual vehículos MM-20

La llave del interruptor deberá ser iguala la de los vehículos MM-20, en su oportunidad Metrorrey proporcionará una copia al Licitante ganador para su reproducción. El Proveedor entregará a Metrorrey 3 llaves por cada vehículo fabricado.

A continuación se muestra una imagen de la llave:



Llave de manipulador

### **5.1.3. Estación de botones para maniobras de acoplamiento/desacoplamiento por M2**

Las maniobras de acoplamiento/desacoplamiento de vehículos, que se realizarán en el depósito de trenes desde la parte trasera interior de uno de los vehículos M2, será comandada desde una botonera localizada en un compartimiento accesible con la llave de tren, que deberá localizarse en el frente trasero para facilitar al Conductor las maniobras de acoplamiento o desacoplamiento con otro vehículo.

La estación de botones en M2 contará con los siguientes dispositivos y funciones:

1. Selector de encendido de consola.
2. Selector de sentido de marcha (adelante-atrás).
3. Botón pulsador para accionar un silbato ubicado bajo la parte trasera del carro M2.
4. Botón pulsador para desacoplamiento M2.
5. Botón pulsador para tracción limitada a 7 km/hr.
6. Botón pulsador tipo hongo para frenado de emergencia.
7. Selector para encender los fanales ubicados en la parte trasera del carro M2.



Consola de Acoplamiento vehículo MM-20

## 5.2. Control de freno y antideslizamiento

Los componentes principales del sistema de frenado y antideslizamiento son:

- Unidad electrónica de frenado
- Unidad neumática de frenado
- Cilindros de frenado
- Válvulas de antideslizamiento

La unidad electrónica de frenado controla a la unidad neumática de frenado, por medio de señales eléctricas de acuerdo con la información que ésta reciba tanto del sistema neumático de frenado, así como de las señales de carga, de velocidad del vehículo y del control de tracción.

La unidad neumática de frenado retroalimentará a la vez a la unidad electrónica de frenado sobre el estado continuo del sistema neumático de frenado, por medio de transductores, y a su vez ajustará dichos cambios en los parámetros, con alta fiabilidad en su información.

La unidad electrónica evitará deslizamientos durante el frenado neumático y supervisará la aplicación de frenado eléctrico para, en caso de falla del freno eléctrico, hacerse cargo del frenado del vehículo, con la indicación de falla correspondiente. El frenado de emergencia será totalmente neumático y con control de antideslizamiento.

### 5.2.1. Unidad electrónica de frenado (UEF)

La unidad electrónica de frenado calculará un valor teórico de frenado a partir de todas las señales de entrada. Este será transformado por un convertidor electroneumático en una presión proporcional de mando de fuerza de frenado aplicada a los cilindros de freno. Esta fuerza de frenado será aplicada a cada uno de los discos montados en los ejes, mediante las zapatas de frenado

En caso de cambios en la información de entrada, la unidad electrónica de frenado deberá ajustar los valores de salida con un alto grado de confiabilidad y rapidez.

La unidad electrónica de frenado evitará deslizamientos durante el frenado neumático y supervisará la aplicación de frenado eléctrico para en caso de falla del freno eléctrico, hacerse cargo del frenado del vehículo, con la indicación de falla correspondiente.

La unidad electrónica de frenado deberá contar con las siguientes características:

- Dispositivos de auto prueba y reajuste de los parámetros.
- Durante la marcha de prueba se controlarán: los mandos de válvulas (conexión-desconexión), conexiones de seguridad de circuitos de válvulas, contactos de relés, etc.
- Puerto de comunicación USB, Ethernet o RS-232 para extracción de datos, análisis de eventos, etc.
- Mantenimiento mínimo.
- Software para configuración y diagnóstico.
- Información de averías hacia la cabina de mando.
- Análisis y memorización de fallas. En caso de pérdida eventual de la energía, los circuitos de memoria conservarán su información.
- Se deberán monitorear el estado de software y hardware registrando los códigos de avería correspondiente. Por ejemplo: señal de peso, estado de válvulas de la UNF y de antideslizamiento, sensores de velocidad.
- Reloj de tiempo real para registro de fecha y hora de eventos y averías.
- Permitir el monitoreo gráfico de señales en tiempo real.

La lógica del equipo deberá contar con un dispositivo de seguridad que no permita la operación de la electrónica en caso de la falta de montaje de alguna tarjeta en su rack.

Su protocolo de comunicación deberá ser comercial o normalizado. En caso de no ser comercial se deberá entregar licencia y toda la información correspondiente del mismo a Metrorrey.

Las tarjetas electrónicas de este equipo deberán implementarse con entradas y salidas, con sistema de tarjetas enchufables y tener una codificación que impida un montaje equivocado.

Contará con dos salidas digitales que indicarán condiciones de avería:

- Falla de frenado.- Implica averías que no ponen en riesgo la seguridad del equipo o su desempeño.
- Falla mayor de frenado.- Implica averías que ponen en riesgo la seguridad del equipo o su desempeño, por lo que el vehículo deberá ser retirado de servicio inmediatamente.

### **5.2.2. Tipos de frenado**

Las funciones descritas a continuación se refieren a un mando de frenado típico en los vehículos:

- Limitación de tirones y sacudidas.- Para comodidad de los pasajeros y protección de los equipos, se deberán evitar cambios de aceleración demasiado grandes; para los vehículos se establece  $da/dt = 0.7 \text{ m/s}^3$ .
- Freno de parada.- Se deberá generar un valor numérico de desaceleración de acuerdo a la demanda de frenado por el manipulador, para obtener un frenado tan suave y confortable como sea posible, ya sea en pendiente o en tramo horizontal.
- El máximo esfuerzo de frenado producirá una desaceleración del vehículo de  $1 \text{ m/s}^2$  desde una velocidad de 80 km/hr hasta 8 km/hr o menos, en terreno horizontal y hasta 3/4 de carga.
- Corrección de carga.- Esto ocurre cuando se registra menos peso que la tara del vehículo. Una carga de reemplazo, equivalente a 4/4 de carga será considerada para la aplicación del frenado.
- Freno de emergencia.- Frenado neumático puro, control de antideslizamiento y accionado directamente por las válvulas de freno de emergencia.

### 5.2.3. Freno regenerativo

El vehículo contará con frenado regenerativo con control de antideslizamiento, durante el cual la energía eléctrica producida durante el frenado será regresada a la catenaria para ser consumida por otros vehículos.

En caso de una receptividad máxima de la catenaria, el vehículo será capaz de enviar a la catenaria el 100% de la energía eléctrica de frenado.

Si la receptividad es parcial, se enviará el máximo posible a la catenaria y el resto a las resistencias de frenado, manteniendo el voltaje de catenaria en 1,750 Vcc.

### 5.2.4. Freno dinámico

El vehículo contará con frenado eléctrico con control de antideslizamiento a base de resistencias para el caso en que la catenaria no sea receptiva, y deberá ser capaz de disipar el 100% de la energía de frenado producida cuando se demande un frenado máximo de servicio en plano horizontal y hasta 3/4 de carga.

### 5.2.5. Freno neumático

El vehículo contará con frenado neumático de fricción con control de antideslizamiento que actuará por medio de discos y zapatas de frenado, los cuales irán montados en cada eje tanto en bogies motrices como en el remolque. Su accionamiento se realizará por medio de pistones neumáticos. El frenado deberá cumplir con los valores de desaceleración establecidos en el capítulo 10.

En todos los casos en que se demande una desaceleración mayor al máximo del que el motor actuando como generador (frenado eléctrico) pueda proporcionar, el frenado se complementará con frenado neumático. Lo anterior aplica a las transiciones de tracción y/o neutro a frenado o en los cambios repentinos de grado de frenado y en condiciones de carga mayor a 3/4.

El frenado neumático de fricción deberá ser capaz de sustituir totalmente al frenado eléctrico bajo cualquier condición de servicio, para el caso de aplicación del frenado de emergencia se aplicará exclusivamente frenado neumático.

Para los casos en que se comande un frenado de servicio y por cualquier falla el frenado eléctrico no sea capaz de suministrarlo, automáticamente será sustituido por el frenado neumático.

El esfuerzo eléctrico de frenado debe ser prioritario, bajo todas las condiciones de receptividad de la línea (usando las resistencias de frenado si se requiere), sobre el esfuerzo mecánico de frenado.

A una velocidad de 8 km/h o menor, el frenado eléctrico empezará a desaparecer y será sustituido por el frenado neumático de fricción; esta sustitución se realizará de tal manera que la desaceleración comandada sea constante, hasta el paro total del vehículo o tren.

El vehículo contará con un selector con capucha de seguridad ubicado en el pupitre, que permitirá eliminar la presión de aire en la tubería de frenado, para remolcarlo sin necesidad de desfogar el vehículo totalmente. Por seguridad si un vehículo no está acoplado con otro, no se podrá desfogar la presión de los frenos al activar el selector. Cuando el desfogue se active, deberá inhibirse la tracción en el vehículo, pero los que estén acoplados a él podrán traccionar y frenar normalmente desde cualquier vehículo del tren, la activación del selector se grabará en el registrador de eventos y generará un aviso luminoso y acústico en la cabina de conducción.

En caso de falla de freno eléctrico, el vehículo con falla establece automáticamente una limitación de velocidad para todo el tren a 30 km/hr a 4/4 de carga y de 40 km/hr con vehículo en falla vacío, para evitar el sobrecalentamiento de las zapatas y discos de frenado ya que el vehículo con falla reemplazará el frenado eléctrico faltante con el frenado neumático de fricción. Esta condición de limitación de velocidad será indicada al conductor en el equipo de información al conductor.

#### **5.2.6. Desaceleración en frenado**

- Desaceleración en frenado de servicio para un tren cargado a 3/4: 1.0 m/s<sup>2</sup>.
- Desaceleración en frenado de emergencia para un tren cargado a 4/4: 1.3 m/s<sup>2</sup> usando solo frenado neumático.

El vehículo suministrará las desaceleraciones anteriores para los estados de carga que se indican, cuando circula en vía recta horizontal.

#### **5.2.7. Freno de estacionamiento**

Al presentarse una baja presión de aire en la tubería principal (<5 bar), el freno de estacionamiento se accionará automáticamente. El freno de estacionamiento se instalará en los bogies remolque, a menos que los cálculos del Proveedor indiquen que también deberá instalarse en los bogies motrices.

El freno de estacionamiento deberá asegurar la detención de un vehículo con carga de 1.2 veces mayor al valor de los 4/4 de carga, en una pendiente del 4% (subida y/o bajada), con amplio margen de seguridad.

Cuando su accionamiento sea por baja presión de aire en la tubería principal, el funcionamiento automático del freno de estacionamiento se podrá anular por medio del

accionamiento manual de un mecanismo llamado "sirgas", sin necesidad de emplear herramienta alguna. Este mecanismo deberá ser accesible desde el interior del salón de pasajeros.

La aplicación del freno neumático de servicio será por actuación neumática directa y el freno de inmovilización operará a través de un resorte en el mecanismo de frenado.

### **5.2.8. Función de antideslizamiento**

Esta función tendrá como objetivo controlar la fuerza de frenado cuando se tenga una deficiente adherencia entre riel y rueda y aun así obtener distancias de parada mínimas, evitando desgastes prematuros de los aros de las ruedas.

Esta función deberá monitorear la velocidad de las ruedas, detectando cuando haya valores de adherencia inadecuados. Para ello, el sistema deberá medir la velocidad de los distintos ejes frenados y formar una velocidad de referencia como reemplazo de la velocidad real del vehículo y regular a través de las válvulas de antideslizamiento o del control de freno eléctrico la fuerza de frenado, en función de la velocidad y carga del vehículo.

El funcionamiento del sistema de antideslizamiento deberá ser constantemente monitoreado y en caso de avería, habrá un frenado sin la función de antideslizamiento y se indicará la condición de falla en la cabina con mandos.

### **5.3. Sistema paratrén de vehículo**

El paratrén magnético formará parte de los sistemas de seguridad para la conducción de los trenes. Su función principal es la de detener la marcha del tren en zonas restringidas por el sistema automático de señalización y control del tráfico de trenes.

Los requisitos operativos que deberá presentar el equipo son los siguientes:

- Consumo mínimo de energía.
- Distancia ajustable entre imán de vía y captor de vehículo de 30 a 100 mm.
- Mantenimiento mínimo.
- Funcionamiento excelente en un rango de velocidades de 0 hasta 150 km/hr.
- Deberá tener una caja de control que registre la activación del sistema e indicador de equipo en servicio.
- Interruptor precintado de by-pass.

Las funciones principales a realizar por el captor de paratrén magnético serán las siguientes:

- Provocar un frenado de emergencia en caso de que el vehículo rebase alguna señal de alto (semáforo al rojo).
- Rearme del sistema después de 5.0 seg. Del paro total del vehículo a través de botón de restablecimiento con contador.
- Con vía "libre" (semáforo en verde), debe asegurar la no activación del frenado de emergencia.
- Restaurador a ceros en los contadores, mediante un cerrojo de seguridad con llave.
- Botón con contador para "liberación", con el cual el Conductor podrá pasar una señal en rojo

sin activar el paro de emergencia. La liberación estará activa por 20 seg después de activarla.

El captor del vehículo deberá estar protegido por una carcasa hermética, a prueba de polvo, agua y de cualquier agente extraño que pudiera dañar el equipo.

El captor del vehículo será montado sobre el bogie motriz delantero al centro (abajo de la cabina de conducción) y alimentado por el voltaje de batería del tren.

Se guardará especial atención en el montaje de este equipo para absorber las vibraciones propias de la estructura del bogie.

Las características particulares del sistema de Paratren magnético a ser suministrado e instalado en cada vehículo por el Proveedor, quedan especificadas y definidas en el Anexo G de esta especificación, ya el sistema debe ser compatible con el equipo instalado en los viaductos de las líneas 1, 2 y 3.

#### **5.4. Sistema registrador de eventos**

El registrador de eventos es un dispositivo de seguridad que opera permanentemente con una alta fiabilidad, tiene como funciones principales las siguientes: registrar, grabar, desplegar y permitir la visualización de la información generada por la operación del vehículo ante cualquier cambio que ocurra en las señales que tiene conectadas, registrando la fecha y la hora en que ocurre dicho cambio además del valor que tienen las señales.

Este sistema deberá tener varias prioridades de registro de eventos. Algunos datos y eventos a registrar serán los siguientes:

- Frenado.
- Tracción.
- Selector tracción de emergencia activado.
- Selector traspaso puertas izquierdas activado.
- Selector traspaso puertas derechas activado.
- Selector freno de estacionamiento (SFE) activado.
- Puertas derechas en servicio.
- Puertas izquierdas en servicio.
- Puertas cerradas.
- Selector traspaso KFS activado.
- Frenado de emergencia aplicado por el Conductor.
- Marcha adelante.
- Marcha atrás.
- Ausencia de alta tensión.
- Falla de frenado.
- Luces principales encendidas.
- Luces auxiliares encendidas.
- Alumbrado de emergencia encendido.
- Alumbrado normal.
- Tiempo-fecha: (dd: mm: yyyy, hh:mm:ss: cc) donde "cc" es 1/10 por segundo.
- Velocidad.



- Distancia.
- Remolque de urgencia.
- Entradas digitales por definir hasta completar 32 en total.
- Presión de aire de tubería de frenado (analógica).
- Torque de motores (analógica).
- Demanda de tracción y frenado (analógica).

El registrador deberá contar con un puerto de comunicación para configuración, diagnóstico y descarga de registros del tipo USB y/o Ethernet.

Esta información deberá ser registrada en la memoria de estado sólido en el que los datos grabados serán siempre los más recientes. La memoria no requerirá baterías de respaldo para mantener su información. Será capaz de almacenar 120 horas de información en cualquier condición de utilización del vehículo.

Asimismo, la frecuencia de grabación (eventos almacenados en la memoria) de las señales monitoreadas podrá ser configurable o ajustable por Metrorrey, sobre la base de los siguientes intervalos de grabación: 100ms, 500ms, 1,000ms y "fuera". Este caso "fuera" se refiere a los canales que no tienen conectada alguna señal o se desea etiquetarlos como "disponibles".

El software dispondrá de una opción para que Metrorrey de manera autónoma pueda modificar los siguientes parámetros almacenados en el registrador de eventos:

- Fecha actualizada (día / mes / año).
- Hora actualizada (hora / minuto / segundo).
- Frecuencia de grabación de eventos: (100ms, 500ms, 1,000 ms y fuera).
- Diámetro de ruedas (desde 660 mm hasta 740 mm).
- Número de vehículo ( desde 0000 hasta 9999).
- Kilometraje acumulado (0,000,000).
- Número de dientes de la rueda dentada (desde 000 hasta 999).

El diámetro de rueda podrá ser configurado con resolución de 0.5 mm. por el personal de mantenimiento de Metrorrey a través de un puerto de comunicación.

El voltaje nominal de alimentación será el del banco de baterías.

#### **5.4.1. Principio de operación**

El sistema registrador contará con 2 modos de operación:

- El primero será cuando el sistema está en el vehículo, operando como una grabadora (modo de grabación estándar).
- El segundo es cuando el sistema está conectado a una computadora laptop o PC en modo de transferencia de información.

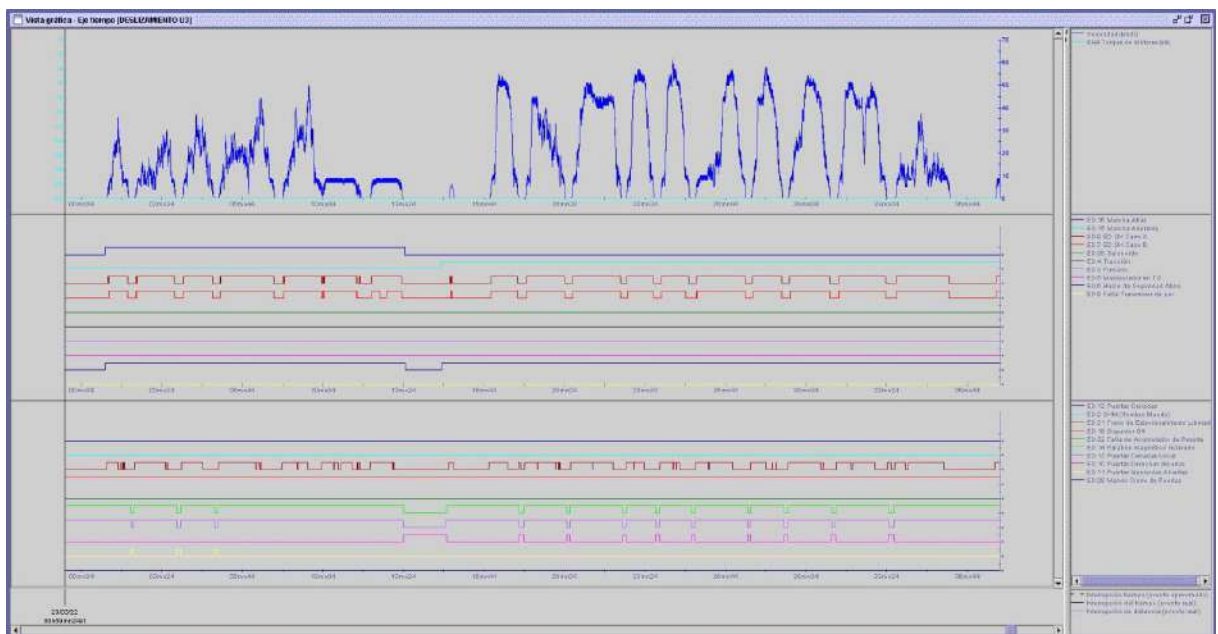
#### **5.4.2. Obtención de datos**

Para poder manejar, observar y analizar la información grabada en la memoria del registrador

se utilizará una computadora de escritorio o del tipo laptop con sistema operativo Windows 10 o superior. Se entregará a Metrorrey el software de manejo de datos desarrollado específicamente para el Registrador de eventos instalado y será apropiado para el análisis eficiente de los datos descargados y la creación de reportes gráficos de los eventos a analizar. Los software, licencias y certificados necesarios para la obtención y análisis de la información, así como para el ajuste de parámetros serán proporcionados por el Proveedor.

Debido al carácter legal de los datos almacenados en el registrador de eventos los archivos extraídos del mismo deberán ser encriptados y solo se podrán abrir con el software de explotación del mismo registrador, los archivos del tipo CSV o similares no son aceptados debido a su fácil alteración.

Para llevar a cabo la obtención de dicha información, el Proveedor deberá proporcionar a Metrorrey la documentación y capacitación referente a los procedimientos de manejo del (los) software(s).



*Ejemplo de reporte gráfico obtenido con Software SAM de Faiveley*

### 5.4.3. Odómetro digital

El odómetro digital registrará la distancia recorrida por el vehículo, en kilómetros, contando los pulsos generados por el sensor tacométrico cuando el vehículo está en movimiento.

El odómetro deberá ser configurable al tamaño real de la rueda y al número de dientes de la rueda polar, según se requiera.

Contará con un mínimo de 7 dígitos. Deberá tener opción para que, mediante una clave de acceso asignada, sea posible ajustar el kilometraje al valor actual del vehículo en el que se encuentre instalado. El odómetro deberá de estar visible permanentemente para el conductor y contará con iluminación para su fácil visualización por el Conductor en condiciones de poca luz (túnel y de noche).

Preferentemente el odómetro formará parte del velocímetro.

#### **5.4.4. Velocímetro electrónico analógico**

En el pupitre de conducción se instalará un velocímetro que estará en servicio solamente en la cabina donde se tomen los mandos de conducción. Este equipo será programado por medio de computadora del tipo laptop. Los parámetros que se podrán programar son los siguientes:

- Diámetro de la rueda.
- Número de dientes de la rueda polar.
- Punto de sobre velocidad.

Los equipos registradores de eventos, odómetros y velocímetros podrán formar parte de un solo equipo para que los registros y los datos mostrados al conductor sean los mismos, pero en caso de falla de alguno de ellos, los restantes deberán continuar en funcionamiento con un aviso de falla al Conductor. Deberá mostrar la velocidad en forma analógica en tiempo real en una escala con rango de 0-100 km/hr y en forma digital con un mínimo de 2 dígitos. Contará con iluminación para su fácil visualización por el Conductor en condiciones de poca luz (túnel y de noche).

#### **5.5. Unidad programable de servicios (UPS) o Train Control**

El tren contará con una unidad programable a base de microprocesador. Esta unidad controlará automáticamente diversos equipos auxiliares.

Entre las características más importantes que deberá cumplir el equipo están:

- Ser de tipo modular.
- Salidas de corriente directa proveniente del banco de acumuladores de estado sólido a prueba de cortocircuitos. Al desaparecer el cortocircuito, se restablece automáticamente la funcionalidad de la salida.
- Protección en las entradas y salidas contra interferencias magnéticas y/o eléctricas.
- Aislamiento interno por opto acopladores electrónicos.
- Consumo mínimo de energía.
- Altamente confiable.
- Compatibilidad absoluta con los equipos auxiliares.
- Sistema de auto diagnóstico.
- Señalización de fallas y/o funcionamiento del equipo.
- Programación desde software con sistema operativo Windows 10 o superior.
- Programa de aplicación abierto para modificaciones por Metrorrey.
- Lenguaje de programación en escalera, Grafset, Instruction List.
- Capacitación a personal técnico de Metrorrey en la programación, operación y mantenimiento (preventivo y correctivo) de la UPS.

La UPS deberá operar óptimamente bajo las condiciones siguientes:

- Rango de temperatura ambiente de -10°C a +50°C.
- Humedad relativa ambiente promedio de 85 %
- Humedad relativa ambiente máxima de 100%.
- Altura sobre el nivel del mar de 600 m.
- Tensión nominal de alimentación: Voltaje de baterías.

Entre los equipos que supervisará y controlará la UPS se encontrarán los siguientes:

#### **5.5.1. Sistema de alumbrado**

Controlará automáticamente el encendido y apagado del alumbrado normal y de emergencia. En caso de ausencia de tensión o falla del CEA, la UPS esperará 90 segundos para que se restablezca el funcionamiento normal; de no ser así, se apagará el alumbrado normal quedando en operación el alumbrado de emergencia.

#### **5.5.2. Motocompresor**

La UPS controlará la operación del motocompresor. Temporizará el arranque del motocompresor después de ocurrido el último paro como protección de este contra sobrecalentamiento y/o contrapresión. Además, supervisará al termostato del motocompresor y en caso de que se sobrepase la temperatura permitida ordenará el paro del equipo. Estas operaciones se deberán verificar durante la realización de pruebas eléctricas, mecánicas, de automatismos de control y funcionales de los vehículos.

#### **5.5.3. Neutralización de mandos de conducción**

La UPS comanda, supervisa y controla automática y permanentemente esta función para evitar que se puedan tomar simultáneamente los mandos de conducción en dos o más cabinas de un mismo tren.

#### **5.5.4. Puertas**

La UPS también supervisa y emite las señales visibles y audibles que permiten la energización de los dispositivos que comandan la apertura y cierre de puertas, así como la señalización correspondiente, tanto en cabina como la que se proveerá en la parte lateral exterior del vehículo. La apertura de puertas podrá ser comandada por el conductor hasta que el vehículo este totalmente detenido. Antes de que se abran las puertas se emitirá una señal audible a los pasajeros igual a la de anuncio de salida durante 3 seg.

En el exterior de cada carro M1 y M2, por cada lado, habrá unos indicadores luminosos (llamados carteros dobles), el de color ámbar encenderá cuando alguna puerta de ese lado del carro correspondiente este abierta.

En el interior del salón de pasajeros se instalarán indicadores luminosos con forma de flecha en color rojo y la leyenda de "puertas en servicio", que indicarán a los pasajeros el lado del vehículo en el que las puertas están en servicio. Estarán ubicados en el marco superior de la articulación y en los extremos de M1 y M2, para un total de 8 indicadores por vehículo (4 indicadores en la zona de la articulación y 4 indicadores en los extremos).

El Conductor oprimirá el botón de anuncio de salida y automáticamente se emitirá una señal audible a los pasajeros para indicarles que las puertas serán cerradas, la señal permanecerá presente hasta el cierre. El cierre de puertas estará condicionado a que transcurra un mínimo de 3 segundos después de iniciado el anuncio de salida/señal audible en el salón de pasajeros.

Para la operación de los botones de apertura y cierre de puertas, será suficiente presionarlos

y soltarlos para que su función sea accionada; para el caso del botón de cierre de puertas, éste deberá mantenerse presionado hasta que todas las puertas se cierren por completo y se active en forma automática el mantenimiento de cierre. Si el botón se suelta antes de que las puertas estén cerradas se interrumpirá el proceso de cierre, al presionar el botón nuevamente el proceso de cierre continuará. Durante la interrupción del cierre no se abrirán las puertas en forma automática ni se reactivará el anuncio de salida, el Conductor podrá abrir las puertas presionando el botón de preparación de apertura con lo que se cancelará el proceso de cierre.

### **5.5.5. Bucle de seguridad**

El propósito del circuito llamado bucle de seguridad es supervisar la serie de condiciones abajo descritas y en caso de no cumplirse una o más de las mismas, automáticamente se aplicará el frenado de emergencia.

El bucle de seguridad estará formado por dos grupos de condiciones a monitorear. El primer grupo estará formado por las siguientes condiciones:

- Pérdida del mantenimiento de cierre de puertas.
- Conmutador(es) KFS activado(s)
- Dispositivo de hombre muerto no activado.
- Freno de estacionamiento aplicado.
- Conducción desde cabina intermedia.
- Supervisión de velocidad cero.
- Baja presión de tubería de principal.

Al presentarse cualquiera de estas condiciones, automáticamente se aplicará un frenado de emergencia.

Si desaparece la condición que ocasiona el frenado de emergencia, éste se mantendrá hasta que el vehículo se detenga completamente.

La supervisión de estas condiciones puede ser ignorada cuando se accione el selector con cubierta precintada denominado selector de traspaso de bucle. La activación de este selector se grabará en el registrador de eventos y generará aviso luminoso y acústico en la cabina de conducción. La función del selector de traspaso de bucle puede ser realizada por selectores individuales para cada una de las condiciones a supervisar.

Al soltar el manipulador se activará la función de hombre muerto y el Conductor tendrá 2 segundos para restablecer el estado del dispositivo de hombre muerto en el manipulador sin que se aplique el frenado de emergencia.

El segundo grupo estará formado por las siguientes condiciones:

- Alguna puerta abierta.
- Vigilancia de presión de aire de la tubería principal.
- Paratrén magnético activado.
- Vigilancia del Sistema de Control de puertas y velocidad.
- Manipulador en Freno de Urgencia

Este segundo grupo no estará supervisado por la UPS, sino que será configurado por cableado, interruptores, relevadores y sensores directamente sobre el bucle de seguridad. Al

igual que el otro grupo de condiciones, la supervisión de éstas podrá ser anulada por selectores de by-pass.

#### **5.5.6. Control de la velocidad por accionamiento de KFS**

Se realizará una supervisión de la velocidad para condicionar el funcionamiento de los siguientes dispositivos de seguridad:

- Aplicación de frenado de emergencia al activar algún KFS a velocidad menor o igual a 12 km/hr. con aviso audible continuo al Conductor. Solo aviso audible continuo al Conductor si la velocidad es mayor a 12 km/hr. En ambos casos una indicación en el pupitre de cual KFS del tren fue activado, además de indicación exterior en el cartero doble verde por ambos lados en el carro donde se activó el KFS (M1o M2).

#### **5.5.7. Luces intermitentes de tránsito y frenado**

Cuando el Conductor accione el selector de los fanales auxiliares, la UPS generará una señal intermitente que los energice, estas luces son intermitentes con duración de un segundo encendido y un segundo apagado; así mismo la UPS controlará las luces de tránsito amarillas y rojas que indican el sentido de desplazamiento, así como las luces rojas con mayor intensidad que indican la aplicación del freno.

Las luces de tránsito amarillas y rojas estarán apagadas en los extremos acoplados del vehículo.

#### **5.5.8. Monitoreo de tensión de corriente alterna**

La UPS vigilará permanentemente el nivel de tensión y corriente de las tres fases del circuito de corriente alterna producida por el Convertidor de auxiliares. Ante cualquier parámetro anormal comandará la desconexión del motocompresor, los equipos de aire acondicionado y de todos los ventiladores.

#### **5.5.9. Control de pantógrafo**

La UPS supervisará la presencia de tensión de la catenaria, después de 5 segundos de no detectar alta tensión se replegará el pantógrafo, esperará 20 segundos y lo desplegará nuevamente, si la ausencia de tensión continúa será nuevamente replegado, permaneciendo en esta posición hasta que se active el botón de pantógrafo arriba con lo que el pantógrafo volverá a subir si se detecta tensión en la catenaria, permanecerá desplegado, en caso contrario se replegara.

En el pupitre de la condición deberá haber una indicación de la condición de pantógrafo abajo.

### **5.6. Computadora tipo Laptop industrial para mantenimiento**

En el alcance de suministros del Proveedor se incluye: una computadora tipo laptop industrial con características multifuncionales y operativas de última generación, con el software y licencias necesarios para realizar las revisiones, ajustes y modificaciones de acuerdo con lo indicado en esta especificación para cada equipo que así lo requiera, entre otros: La UPS, la UEF, sistema de tracción, convertidor de auxiliares, equipos de aire acondicionado, el registrador de eventos, etc.

La computadora será de uso rudo con características de acuerdo con los requerimientos del software de cada equipo. Mediante esta Laptop será posible la extracción de datos almacenados en los equipos instalados a bordo conectándose a través de sus puertos de comunicación tipo USB, Ethernet y RS-232 compatibles, con los cables y terminales necesarios.

## 5.7. Radio

Para satisfacer las necesidades de comunicación requeridas en los vehículos se contará con un equipo de radio TETRA (Terrestrial Trunked Radio) de gran fiabilidad, para uso de comunicaciones críticas en sistemas de transporte público, el cual permitirá establecer comunicación con:

- PCC (Puesto de Control Central).
- Depósito.
- Radios portátiles.
- Otros vehículos.

El sistema de radiocomunicación de Metrorrey es una infraestructura digital de comunicaciones denominada NEBULA para redes PMR (Private Mobile Radio) y PAMR (Public Access Mobile Radio) basada en el estándar abierto TETRA.

NEBULA utiliza una arquitectura de operación basada en IP que permite direccionar la información entre los equipos a bordo de los trenes con los demás equipos dentro de la red con topología distribuida con enlaces asíncronos.

### Características de los equipos de terminales a bordo de trenes

Los terminales TETRA son dispositivos de última generación de radio móvil modelo [RTP-800](#), a continuación se describen los componentes principales:

- Antena.
- Equipo de Radio.
- Voltaje nominal: +24VDC, +48VDC, +72VDC, +96VDC y +110VDC según EN 50155
- Aparato de mano (auricular).

La imagen siguiente muestra la terminal de radio RTP-800 y su interfaz de usuario.



**Consola modular**



**Consola RCC-3000**

El sistema de radiotelefonía está constituido por un rack estándar de 2U, 19" y una consola de interfase con el conductor.

El voltaje nominal de alimentación para este equipo es de 110 Vcd, con un consumo máximo de 150W a plena carga de todos los elementos del sistema radio. Temperatura de operación  $-25^{\circ}\text{C}$  a  $+70^{\circ}\text{C}$ , Clase OT3, según norma EN 50155. Altitud de operación según valores recogidos en la norma EN 50155 y la temperatura de almacenamiento de  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $+85^{\circ}\text{C}$ .

### 5.8. Sistema de voceo

Este equipo será parte del sistema de comunicación a bordo del tren y su función será la amplificación y difusión de señales de audio, como son:

- Comunicación cabina-cabina.
- Comunicación Conductor-pasajeros.
- Anuncio de salida y cierre de puertas.
- Anuncio de apertura de puertas.
- Música ambiental.
- Anunciador automático de Estaciones con audio pregrabado.



- Anuncios varios pregrabados de interés general.

Contará con características de alta fidelidad y comprobada calidad. Deberán ser suministrados para asegurar una nítida reproducción de música y voz. Iguales condiciones de calidad prevalecen para el cableado entre bocinas, amplificadores y la fuente de música o voz.

El micrófono de cabina para voceo será del tipo micrófono de mano con cable espiral.

El equipo reproductor de mensajes pregrabados deberá poder ser programado/reprogramado por personal técnico de Metrorrey, para agregar, quitar o modificar Líneas, Estaciones y/o mensajes.

Estos equipos se alimentarán con un voltaje de CD de la batería sin presentar alteraciones a la salida. Además, deberán protegerse contra inversión de polaridad y resistir transientes de voltaje.

### **5.9. Sistema de video vigilancia (CCTV)**

El vehículo contará con un sistema de video vigilancia formado por ocho cámaras de alta definición ubicadas en:

1. Marco superior de la articulación de M1 dirigida hacia la cabina de conducción.
2. Marco superior de la articulación de M2 dirigida hacia el frente trasero.
3. Área superior central de cabina dirigida hacia la articulación.
4. Área superior central de ventana trasera de M2 dirigida hacia la articulación.
5. Área superior lado izquierdo en el interior de cabina dirigida hacia el Conductor.
6. Área superior lado izquierdo del tablero de destino dirigida hacia el viaducto.
7. Costado izquierdo en el exterior de la cabina, dirigida hacia atrás.
8. Costado derecho en el exterior de la cabina, dirigida hacia atrás

Las cámaras deberán ser a prueba de vandalismo, clasificación IK10 e IP67 para operar en red compacta, 2 mega pixeles, resolución de 1920x1080 como mínimo, deberán cumplir con la norma EN50155 o equivalente. Asimismo, deberán contar con un ángulo de visión de 114° horizontal, 65° vertical y 119° diagonal e iluminación mínima de 0.21 Lux @F1.8 (color).

Las cámaras dirigidas hacia el Conductor, hacia el viaducto y las cámaras laterales deberá contar con la característica de visión nocturna para poder realizar una visualización clara y nítida.

El sistema de CCTV abordado deberá contar con un grabador de video (NVR) con capacidad de por lo menos una semana para las ocho cámaras del vehículo operando en forma continua durante el horario de servicio, el NVR deberá localizarse en un compartimento accesible mediante llave solo para el personal técnico de Metrorrey y estará equipado y preparado para descargar la información grabada a una laptop o una memoria flash comercial USB o SD.

La cabina de conducción contará con dos monitores de al menos 15" que permitirá al Conductor ver la imagen de las cámaras del salón de pasajeros de cada vehículo en forma cíclica en periodos de tiempo ajustables. Deberá indicar la cámara y el vehículo que se despliega encada momento, tomando en cuenta para efectos de diseño y dimensionamiento funcional que los trenes podrán tener una formación de 2, 3 ó 4 vehículos.

### **5.10. Sistema de Información**

Los vehículos estarán equipados con un Sistema centralizado de información al Conductor y al personal de mantenimiento que proporcionará la información del estado y señales de cada uno de los equipos, tales como: el convertidor estático de tracción, el convertidor estático de auxiliares, el frenado neumático, la UPS, los equipos de aire acondicionado y otros.

La información será presentada en la cabina de conducción en una pantalla con tamaño mínimo de 12" sensible al tacto, donde se desplegará permanentemente la configuración del tren con el estado de las variables básicas de operación del mismo, utilizando colores, imágenes y/o animaciones, que permitan una interfaz hombre-máquina intuitiva y amigable; informará al Conductor el estado del tren, en caso de avería contará con un menú de ayuda al mantenimiento y deberá indicar las recomendaciones pertinentes para que la afectación al servicio sea mínima.

El acceso a las opciones de mantenimiento estará protegido con contraseña para evitar el acceso no autorizado.

El menú de mantenimiento permitirá al personal técnico de Metrorrey lo siguiente:

- Interactuar con los registros de falla de cada uno de los equipos.
- Selección y monitoreo en tiempo real de diversas variables de entrada, de proceso y de salida de cada uno de los equipos.

#### **5.11. Sistema de Control de Puertas y Velocidad**

Los vehículos estarán equipados con un Sistema de Control de Puertas y velocidad (SCPV).

El SCPV es un sistema que realizará dos funciones:

1. Supervisará que la apertura de puertas ya sea izquierdas, derechas o ambas, se realice de manera correcta de acuerdo a la Estación donde se ubique el tren.
2. Supervisará que el tren respete las restricciones de velocidad establecidas en cada zona de: Línea 1, Línea 2, Línea 3 y de Patios y Talleres.

El Sistema permitirá que Metrorrey pueda configurar y/o reconfigurar:

- Puertas en servicio en cada estación
- Zonas de velocidad restringida
- Características de Líneas actuales y futuras

En la cabina de conducción se instalará un selector de by-pass de puertas izquierdas y otro de by-pass de puertas derechas que caso de falla del SCPV permitirán la apertura de puertas del lado del lado correspondiente. La aplicación del by-pass se indicará con una señal luminosa en la señalización de averías y el evento se grabará en el registrador de eventos

Durante la puesta en marcha se realizarán los ajustes finales de los parámetros de acuerdo con las condiciones reales de operación, la configuración resultante se usará para el resto de los vehículos.

El Sistema estará preparado para que Metrorrey pueda configurar y/o reconfigurar:

- Un mínimo de 5 Líneas
- Diez direcciones en cada sentido por Línea
- Hasta 30 estaciones por Línea más dos zonas de maniobras

- Puertas derechas, izquierdas o ambas en servicio
- Punto normal de paro para trenes de 2, 3 ó 4 vehículos
- Un mínimo de seis intervalos de supervisión de velocidad por interestación y zona de maniobras.
- Doce zonas específicas como Deposito, Peines, Vía de pruebas, etc.

La configuración será realizada mediante software, generando el archivo de configuración correspondiente, el cual será posteriormente cargado en cada vehículo. Los parámetros de vehículo, hora y fecha se configurarán en cada vehículo previa introducción de una contraseña de mantenimiento.

El equipo deberá integrar una bitácora de eventos con capacidad mínima de un mes de operación continua del vehículo, grabando cada evento de operación ya sea mediante acción de restricción, falla, funciones y teclas seleccionadas por el Conductor. Cada evento registrará el número del vehículo, la fecha y la hora, el estado de entradas y salidas, los parámetros de operación tales como: identificadores de Línea, vía, estación, interestación, velocidad y distancias recorridas, zona de maniobras y códigos de falla.

En el inicio, el conductor configurará la Línea, la ubicación y la dirección del tren en cada extremo de la Línea para los vehículos en la punta del tren; en los siguientes recorridos no será necesario configurar de nuevo, cada equipo abordado conocerá permanentemente la ubicación del tren, aunque el vehículo no tenga mandos.

Al configurar la dirección del vehículo, el Conductor podrá seleccionar el punto de destino, el cual podrá ser una terminal o las estaciones donde se permita realizar servicios provisionales.

Las funciones realizadas por el Control de puertas y velocidad pueden ser integradas en la Unidad Programable de Servicios.

Las direcciones que podrán seleccionarse se muestran en el Anexo B.

### **5.11.1. Función de control de puertas**

La función de control de puertas supervisará que las puertas seleccionadas por el Conductor sean las correctas de acuerdo a la base de datos configurada en el sistema y que la ubicación del tren en la Estación sea la correcta dentro de un margen de +/- 10 metros; si las dos condiciones se cumplen, el sistema permitirá la apertura de las puertas seleccionadas; si alguna condición no se cumple el sistema no permitirá que se abran las puertas y avisará al Conductor de manera visual y audible de la condición incumplida y dará la opción de que el Conductor confirme que desea abrir las puertas seleccionadas y en la posición en que se encuentra el tren.

El sistema se inicializará en la Estación terminal o en su zona de maniobras antes de iniciar el recorrido, seleccionando la Línea, la dirección y la Estación o zona de maniobras de inicio.

La configuración inicial del sistema en lo relativo a la apertura de puertas será de acuerdo con la tabla mostrada en el Anexo B.

### **5.11.2. Función de control de velocidad**

La función de control de velocidad supervisará que la velocidad del tren sea igual o menor que la velocidad predefinida para la ubicación del tren.

La supervisión de velocidad producirá un aviso al Conductor y un frenado de emergencia mediante la apertura del bucle de seguridad, cuando la velocidad del tren entre dentro de alguno de los intervalos siguientes:

- Intervalo de advertencia. En caso de que la velocidad esté dentro del intervalo de advertencia, se producirá un aviso visual y acústico al Conductor sin abrir el bucle de seguridad.
- Intervalo de frenado. En caso de que la velocidad establecida sea rebasada, se producirá un aviso visual y acústico desde 1 km/hr antes de alcanzarla y el frenado de emergencia se realizará al sobrepasar la velocidad establecida en 3 km/hr o más.

El sistema se inicializará junto con la función de control de puertas.

Para cada Línea y dirección se configurará una velocidad general, la cual deberá poder se definida como de advertencia o de frenado; además, para cada interestación o zona de maniobras deberá poderse definir hasta cuatro zonas de velocidad supervisada, de tal forma que si el tren se encuentra fuera de las zonas de velocidad supervisada, se aplicará la general para esa Línea y dirección.

La configuración inicial del sistema en lo relativo a la velocidad será de acuerdo con las tablas mostradas en el Anexo B.

#### **5.12. Preparación adicional disponible.**

Los vehículos suministrados serán autónomos para su operación, requiriendo únicamente el suministro de energía eléctrica y vías para su operación.

Sin embargo, adicionalmente los vehículos estarán preparados para recibir los siguientes equipos:

Pilotaje Automático (PA). El PA asociado con el Sistema CBTC será suministrado e instalado a futuro (por otros), por tal motivo el Proveedor deberá dejar espacios reservados y disponibles en los ductos, canaletas de cableado, paneles en los costados, el techo y el piso, equivalentes al 15% del total del espacio diseñado y ocupado por otros equipos y componentes.

## Capítulo 6

### 6. Pruebas

#### 6.1. Generalidades

Con el objeto de asegurar el cumplimiento de estas especificaciones en cuanto a funcionamiento y calidad, todos los elementos constitutivos del Material Rodante deberán someterse a un riguroso programa de pruebas cuyos protocolos, actas e instructivos serán proporcionados por el Proveedor Metrorrey.

Metrorrey se reserva el derecho de repetir, ampliar, complementar o pedir certificación de terceros de cualquier prueba y no aceptará el envío del o de los vehículos que no estén plenamente terminados, probados y ajustados. Es responsabilidad del Proveedor de los vehículos, obtener la autorización de Metrorrey para el procedimiento de cualquier prueba antes de su aplicación. Será siempre decisión de Metrorrey el participar o no con algún representante en la realización y verificación de cualquier prueba. La obligatoriedad de estas pruebas podrá omitirse si el Proveedor presenta los certificados correspondientes a equipos idénticos 100% a los propuestos, ya probados en sistemas similares a Metrorrey.

#### 6.2. Tipos de pruebas

Se definen 3 tipos de pruebas:

- **Pruebas prototipo.-** las que se realizarán al primer equipo (cabeza de serie) de un nuevo diseño no probado aun, antes de lanzar su producción en serie. En este caso el Proveedor se obliga a ajustar los equipos a las condiciones de fabricación y servicio previstos en esta especificación y a determinar que el vehículo cabeza de serie se apegue estrictamente a ellas. La obligatoriedad de estas pruebas podrá omitirse si el Proveedor presenta los certificados correspondientes a equipos idénticos 100% a los propuestos, ya probados en sistemas similares a Metrorrey.
- **Pruebas tipo.-** las que se realizarán al primer vehículo cabeza de serie de un diseño ya probado en otros lotes y otras solicitadas por Metrorrey durante la producción.
- **Pruebas serie.-** las que se realizarán a todos y cada uno de los vehículos del lote a producir.

##### 6.2.1. Pruebas de control de resistencia para prototipos

Para ciertos elementos estructurales esenciales, estas pruebas se realizarán únicamente al primer equipo de un nuevo diseño no experimentado, antes de lanzar su producción en serie, el Proveedor procederá a efectuar pruebas de control de resistencia sobre los elementos prototipos o sobre piezas especialmente construidas para estas pruebas, antes de iniciar la fabricación de piezas serie.

##### 6.2.2. Pruebas estáticas de la caja

La primera estructura construida es sometida a pruebas prototipo después de que todos los componentes y laminación que contribuyen a la resistencia han sido colocados en su lugar.

La estructura que descansa sobre los apoyos normales caja-bogie será sometida a la aplicación de fuerzas verticales y horizontales.

Los esfuerzos serán registrados y las deformaciones medidas y registradas por cualquier procedimiento válido propuesto por el Proveedor y aprobado por Metrorrey.

Las fuerzas verticales aplicadas en la caja serán las determinadas por el Proveedor mediante memorias de cálculo para simular las cargas reales que se presentarán en la operación en las instalaciones de Metrorrey, para la determinación de dichas fuerzas deberán considerarse al menos las siguientes condiciones:

- La diferencia entre la tara de la caja en operación de marcha y el peso real de la estructura sometida a las pruebas.
- La sobrecarga de pasajeros definida en el capítulo 1, aumentada en un cierto porcentaje previamente convenido, para el efecto dinámico.

Es necesario que el dispositivo de aplicación de las fuerzas verticales y horizontales permita una variación progresiva entre cero y los valores máximos esperados durante la operación, escalados con su factor de seguridad de acuerdo con la normatividad ferroviaria internacional aplicable.

Las fuerzas horizontales son dos fuerzas opuestas de un valor máximo, aplicadas sobre piezas que simulan los acoplamientos, unidas a la estructura como lo estarían estos acoplamientos.

La prueba estática de la tensión de caja deberá cumplir con la categoría P-IV de la norma EN 12663.

Las localizaciones del equipo de medición serán propuestas oportunamente por el Proveedor y aprobadas por el representante de Metrorrey que podrá solicitar la reubicación y/o la colocación de sensores suplementarios.

Si durante las pruebas los esfuerzos medidos exceden a los valores convenidos o si se detectan deformaciones permanentes, el Proveedor deberá realizar en la estructura de la caja todas las modificaciones que sean necesarias. Cuando estas modificaciones se realicen, se procederá a una nueva serie de pruebas.

### **6.2.3. Pruebas dinámicas a la viga oscilante**

La viga oscilante sufre en la práctica grandes esfuerzos y es indispensable verificar con pruebas dinámicas que su conjunto este bien diseñado para resistirlos.

Estas pruebas deberán ser efectuadas en un laboratorio que posea el equipo necesario para la aplicación de fuerzas variables de frecuencia elevada. Estas fuerzas serán determinadas en función de la utilización del Material Rodante establecido en el capítulo 1.

Si aparecen prematuramente fallas sobre el conjunto que se prueba, el Proveedor deberá realizar las correcciones necesarias, repitiendo nuevamente las pruebas.

Los gastos en que se incurran para la construcción del elemento de bastidor destinado a las pruebas y eventualmente a las herramientas necesarias, la retribución del laboratorio y los fletes de transporte, deberán estar incluidos en su propuesta y forman parte del alcance de suministro del Proveedor.

#### **6.2.4. Pruebas dinámicas del bastidor del bogie motriz y bogie remolque**

Estas pruebas tienen por objeto verificar que los bastidores del bogie motriz y bogie remolque sean aptos para soportar esfuerzos a la fatiga sin fallas. Los más grandes esfuerzos serán a los que pueden estar sometidos las siguientes partes.

- El bastidor del bogie.
- Las otras partes estructurales y principales utilizadas para la construcción general del bogie.

Las pruebas serán efectuadas en un laboratorio que posea el equipo necesario para la aplicación de fuerzas variables de frecuencia elevada. Para cada pieza, estas fuerzas serán determinadas en función de la utilización del Material Rodante establecido en el capítulo 1.

Si aparecen prematuramente fallas sobre el conjunto que se prueba, el Proveedor deberá realizar las correcciones necesarias, repitiendo nuevamente las pruebas.

Los gastos en que se incurran para la construcción del bastidor del bogie motriz destinados a las pruebas y eventualmente a las herramientas necesarias, la retribución del laboratorio y los fletes de transporte deberán estar incluidos en su propuesta y forman parte del alcance de suministro del Proveedor.

#### **6.2.5. Pruebas a pórtico central**

Las pruebas al pórtico central aplicaran solo si el diseño de vehículo contempla la utilización de un pórtico central. Estas pruebas tienen por objeto verificar que la estructura del pórtico central sea apta para soportar esfuerzos a la fatiga sin fallas.

Las pruebas serán efectuadas en un laboratorio que posea el equipo necesario para la aplicación de fuerzas variables de frecuencia elevada. Para cada pieza, estas fuerzas serán determinadas en función de la utilización del Material Rodante establecido en el capítulo 1.

Si aparecen prematuramente fallas sobre el conjunto que se prueba, el Proveedor deberá realizar las correcciones necesarias, repitiendo nuevamente las pruebas.

### **6.3. Pruebas de la unidad de transmisión o caja de engranes**

Las pruebas a efectuarse serán aquellas que realizará el fabricante de estos equipos. El certificado de los resultados satisfactorios de estas pruebas deberá ser entregado a Metrorrey.

### **6.4. Pruebas del grupo motocompresor**

Las pruebas a efectuarse serán aquellas que realizará el fabricante de estos equipos. El certificado de los resultados satisfactorios de estas pruebas deberá ser entregado a Metrorrey.

## **6.5. Pruebas de los circuitos y equipos eléctricos**

### **6.5.1. Pruebas a circuitos eléctricos**

Los circuitos instalados sobre el vehículo sujeto a estas pruebas estarán clasificados en cuatro categorías (designadas A, B, C y D).

- A) Los circuitos de tracción. Se refiere a los cables alimentadores de los motores de tracción y de retorno de corriente. Estos circuitos serán sometidos, durante 1 minuto a una tensión alterna de prueba de 50 o 60 Hz, igual al doble del voltaje eficaz máximo de operación de los motores.
- B) Los diversos circuitos de alta tensión. Estos son todos los circuitos alimentados en alta tensión que no están comprendidos en la categoría anterior, estos circuitos serán sometidos durante 1 minuto a una tensión de prueba de corriente alterna de 50 o 60 Hz, igual a 3,000 Vca. eficaces.
- C) Los diversos circuitos de baja tensión en corriente directa comprenden todos los circuitos alimentados exclusivamente por 110 Vcd. Estos circuitos serán sometidos durante un minuto, a una tensión de prueba de corriente alterna de 50 o 60 Hz, igual a 1,500 Vca., eficaces.
- D) Los diversos circuitos de baja tensión en CA. Estos circuitos serán sometidos durante un minuto a una tensión de prueba de corriente alterna de 50 o 60 Hz igual a 1,500 Vca. eficaces.

Para cada una de estas categorías, la tensión de prueba se aplicará:

- Entre cada circuito y la masa/tierra del vehículo.
- Entre los diferentes circuitos de la misma categoría.
- Entre circuitos de las diferentes categorías de acuerdo a las características de cada circuito.

Durante estas pruebas, todos los aparatos, componentes y cables de tierra estarán en su lugar y correctamente montados.

Los cables de tierra, después de desconectados, serán objeto de una prueba especial de la categoría A.

Después de estas pruebas, los aislamientos de los diferentes circuitos serán medidos entre ellos y con respecto a tierra. Si esta verificación revela una insuficiencia, la(s) parte(s) dañada(s) será(n) reemplazada(s) y el vehículo será sometido a una nueva prueba.

### **6.5.2. Pruebas a equipos eléctricos**

Los diferentes equipos serán sometidos separadamente a pruebas "tipo" llevadas a cabo sobre cierto número de ellos y a pruebas "serie" llevadas a cabo sobre todos los equipos.

Las pruebas tipo tienen por objeto la verificación de las funciones asignadas a cada equipo y la medida de las características de su operación consisten, además, en las pruebas destinadas a verificar la seguridad y la robustez en servicio.



Las pruebas serie tienen por objeto la verificación de la conformidad de cada aparato con respecto a los modelos que hayan cumplido satisfactoriamente las pruebas tipo. Especialmente cada prueba serie comprenderá una prueba de resistencia a la tensión, en las condiciones descritas en el punto 6.5.1 para los circuitos de los vehículos y una medida de aislamiento entre circuitos y entre estos y tierra del aparato.

#### **6.6. Pruebas a los motores de tracción, equipo de control tracción-frenado, fusibles y disyuntores de potencia y equipos periféricos**

Las pruebas a estos equipos se dividen en dos tipos principales:

- Pruebas de fábrica.
- Pruebas en la vía de pruebas y en la Línea de explotación.

Estas pruebas a su vez se dividen en pruebas “tipo” y pruebas “serie”, las pruebas a realizarse serán aquellas recomendadas por el fabricante de los equipos, reservándose Metrorrey el derecho de solicitar pruebas adicionales que a su juicio fueran necesarias o bien el modificar el método de pruebas utilizado por el Proveedor.

#### **6.7. Pruebas de los equipos antes de su embarque**

Antes de la aceptación de cualquier equipo, el representante de Metrorrey y el Proveedor con miras a la recepción para lo referente a la autorización de embarque, procederán a las pruebas y verificaciones aplicables. El fabricante de cada equipo deberá elaborar y presentar un programa detallado de estas pruebas y verificaciones al Proveedor, quien lo aprobará previamente de común acuerdo con el representante de Metrorrey y que podrá complementar posteriormente, en caso necesario para responder a las necesidades y requisitos establecidos.

Después de la aplicación completa y satisfactoria del programa de pruebas, un certificado firmado por el fabricante será entregado para cada equipo probado al Proveedor.

Las pruebas a efectuar son de dos clases:

##### **6.7.1. Pruebas mecánicas.**

Realizadas sobre el funcionamiento de acuerdo con especificaciones de todos los equipos.

##### **6.7.2. Pruebas neumáticas.**

Comprenden:

- Verificación general de estanqueidad: el compresor estando parado y todos los circuitos, comprendiendo los cilindros de freno alimentados a la presión de aire nominal de operación, no deberá haber caída de presión TDP mayor a 0.2 bars en 5 minutos y en los cilindros de freno no deberá ser mayor a 0.1 bar en 3 minutos.
- Verificación de las presiones de ajuste de los aparatos y válvulas de seguridad.
- Medición del tiempo de llenado de todo el sistema y de recuperación de la presión máxima de operación.
- Pruebas de funcionamiento de todos los circuitos.

## **6.8. Pruebas de los vehículos en línea antes de la puesta en servicio**

Cuando los vehículos hayan arribado a las instalaciones de Metrorrey y después de haber sido puestos a punto para la operación y previa impartición de los cursos de capacitación al personal operativo por parte del Proveedor, Metrorrey conjuntamente con el Proveedor procederán a realizar las pruebas preoperativas en línea antes de la aceptación para la puesta en servicio con usuarios. Estos tiempos se deberán considerar en el programa de suministro y puesta en marcha.

El Proveedor proporcionará personal calificado, material y equipo adecuado para instrumentar y efectuar estas pruebas, ajustándose a los tiempos y horarios programados por Metrorrey, siendo estos preferentemente en horarios fuera de servicio a usuarios; el recorrido de pruebas de asentamiento deberá ser de 300 km. por vehículo y en el transcurso de estas, el Proveedor solucionará de inmediato las anomalías de funcionamiento que él haya constatado o que le sean señaladas por Metrorrey. Las fechas para realizar las pruebas para puesta en servicio deberán estar contenidas en el programa de suministro y puesta en marcha.

Las pruebas podrán ser pruebas tipo, o bien pruebas serie.

### **6.8.1. Pruebas tipo**

Estas pruebas efectuadas sobre el primer vehículo por entregar comprenden:

- Comprobación del funcionamiento de la suspensión secundaria
- La determinación de los ajustes definitivos para la tracción, el frenado y el aire acondicionado.
- La determinación de las temperaturas alcanzadas durante las pruebas equivalentes al servicio con máxima capacidad (5/4) y temperatura ambiente máxima (50° C) y humedad relativa del 85 %. Los equipos a monitorear son ruedas metálicas, ejes motrices, motores de tracción, transmisiones, convertidores de tracción y de auxiliares, compresor de aire, aire acondicionado, acopladores, caja de aparatos, etc.
- La determinación de las aceleraciones para diversos estados de carga y de adherencia rueda-riel.
- La determinación de las temperaturas en el interior de los vehículos.
- Confirmación de la desaceleración del frenado de servicio y de urgencia.

### **6.8.2. Pruebas serie.**

Estas pruebas son efectuadas sobre todos los elementos antes de la puesta en servicio y comprenden:

- Una verificación breve de las características de operación.
- Una verificación del buen funcionamiento general.

## Capítulo 7

### 7. Documentación

#### 7.1. Estudio para la fabricación de los vehículos

El Material Rodante deberá ser considerado como equipo de alta seguridad, por lo que sus procedimientos y métodos de diseño, fabricación, pruebas y puesta a punto deberán ser evaluados por Metrorrey.

Los procesos deberán estar avalados por los dueños de las patentes o proveedores de tecnología, equipos, productos y materiales utilizados en la fabricación.

En los casos en que los procesos de fabricación sean desarrollados por iniciativa del Proveedor de los vehículos, estos deberán estar respaldados por los estudios respectivos desde su inicio por las áreas involucradas en el proceso de fabricación.

Cualquiera que sea el caso, las áreas de control de calidad y/o aseguramiento de la calidad del Proveedor deberán mantener una vigilancia estricta de la fabricación, de los métodos, de los procedimientos y de la secuencia lógica de estos.

El Proveedor deberá informar a Metrorrey de la recepción final de equipos y materiales en la fábrica de cada uno de sus proveedores o maquiladores. Metrorrey se reserva el derecho de asistir o no a la recepción de equipos y materiales.

#### 7.2. Documentos a emitir y entregar en copia impresa y digitalizada a Metrorrey

Los documentos a emitir y entregar copia impresa y digitalizada a Metrorrey están clasificados en 3 categorías:

- **Primera Categoría:** Documentos necesarios para la fabricación.
- **Segunda Categoría:** Documentos relativos a los equipos completos, elaborados y suministrados por todos los fabricantes.
- **Tercera Categoría:** Documentos necesarios para la operación y mantenimiento del Material Rodante.

##### 7.2.1. Primera categoría: documentos necesarios para la fabricación

Comprende:

- 1.-Una lista general de partes detallada con todas las piezas, equipos y aparatos comprendidos dentro de la fabricación.
- 2.-Una colección completa de planos de ejecución.
  - Planos de conjuntos generales y particulares.
  - Planos de montaje de aparatos o de grupos de aparatos interdependientes.
  - Planos de construcción y dibujos de detalles correspondientes.
  - Diagramas funcionales de la instalación neumática y planos de tubería

completa.

- Diagramas de cableado y planos de cableado.
- Diagramas funcionales de la instalación eléctrica.

3.-Un expediente completo conteniendo las memorias de cálculo.

- Notas de cálculo justificando las dimensiones de los equipos principales y de todos aquellos que tengan una función de seguridad particular:
  - ❖ Estructuras de cajas.
  - ❖ Sistemas de choque y tracción.
  - ❖ Sistemas de unión caja-bogie.
  - ❖ Bastidor de bogie.
  - ❖ Ejes, sistemas de rodamiento.
  - ❖ Motores de tracción.
  - ❖ Sistema de freno de disco y de inmovilización.
  - ❖ Sistema de aire acondicionado.
  - ❖ Sistema eléctrico.
- Notas de cálculo de verificación del comportamiento de tracción.
- Notas de cálculo de verificación del comportamiento de frenado, así como del sistema antipatinaje, antideslizamiento y del freno de urgencia.

4.- Documentos diversos.

- Planos referentes a movimiento relativo de los bogies con respecto a las cajas.
- Planos referentes a movimiento relativo de los enganches con respecto a la caja.
- Planos de movimiento relativo de los mecanismos de frenado.

### **7.2.2. Segunda categoría: documentos relativos a los componentes completos**

Para cada componente definido dentro de la primera fase del estudio mediante un plano de dimensiones generales, se establecerá lo siguiente:

- Un plano de conjunto completo con codificación de despiece.
- Un plano de detalle por pieza que haga referencia al conjunto al que pertenece.
- Planos eléctricos, electrónicos y mecánicos completos.
- Planos de conjuntos y detalles de todos los aparatos, además de aquellos estudiados y suministrados por fabricación especializada.
- Para los aparatos completos estudiados y suministrados por fabricantes especializados, planos de dimensiones generales señalando sus características principales y despiece de componentes codificados. Estos planos indicarán todos los datos necesarios para el requerimiento de los aparatos y para su recepción.

Además de todos los planos y documentos técnicos impresos, el Proveedor entregará a Metrorrey un respaldo de esta información en discos ópticos (CD o DVD) de computadora personal compatible con sistema operativo Windows 10 o superior, junto con el software necesario para su manejo y reproducción.

### 7.2.3. Tercera categoría: documentos necesarios para la operación y mantenimiento del material

Comprende:

- Un plano de conjunto a escala del vehículo con todas las cotas principales.
- Un plano de conjunto a escala de cada tipo de bogie con todas las cotas principales.
- Planos destinados a ser integrados dentro de un informe descriptivo de los vehículos para el empleo del personal de conducción y de mantenimiento, mostrando la disposición de los aparatos dentro de todos los armarios y cofres existentes.
- Descripciones detalladas de funcionamiento para todos los aparatos o conjuntos de aparatos.
- Instructivo de mantenimiento de todos los aparatos.
- Instructivo de desmontaje, montaje y ajuste de todos los equipos y aparatos con los planos de despiece (explosionado) y listas de las herramientas especiales, necesarias para estas operaciones.
- Listados de todas las partes de cada uno de los equipos referenciadas a sus planos de despiece, con información de número de parte, de catálogo, modelo, marca, fabricante, tales que permitan su fácil identificación para efectos de compra de refacciones.
- Rutinas de mantenimiento para cada uno de los equipos establecidas en intervalos múltiplos de 12,500 Km.

Todos los documentos necesarios para la operación y el mantenimiento de este material deberán estar en idioma español México y las unidades de medida de las características serán expresadas en unidades del sistema métrico decimal.

La información que deben contener los manuales de mantenimiento comprende:

- Una descripción del equipo y una explicación de los principios de funcionamiento en forma simplificada, utilizando esquemas y/o croquis.
- Un listado de maniobras secuenciales con una explicación que constituya el modo correcto de operación del equipo. En esta parte se requiere resaltarlas maniobras que puedan considerarse críticas o peligrosas; y a que su mala ejecución influye en la seguridad del equipo, del personal o de los usuarios.
- Un listado de los trabajos necesarios para la correcta conservación del equipo, para cada uno de los cuales se deberán especificar los siguientes datos:
  - La periodicidad con la cual deben de realizarse estos trabajos, en kilómetros recorridos.
  - Una descripción detallada del método que deberá seguirse para la correcta ejecución del trabajo.
  - Una especificación técnica de los materiales necesarios para la ejecución de los trabajos, haciendo especial mención de las herramientas y/o equipos de fabricación especial.
  - Deberá contener el listado de todas y cada una de las piezas que componen el equipo, adjuntando a cada una su referencia y planos.

## **7.3. Ejecución de los documentos**

### **7.3.1. Introducción**

Los planos de una colección que definen un vehículo se refieren a:

- Los aparatos y sistemas mecánicos, eléctricos o neumáticos instalados en él.
- La soportería, estructura, revestimiento, cofres, tuberías o montajes de aparatos.

Los primeros, llamados planos de aparatos, son frecuentemente utilizados en los casos de operaciones de mantenimiento y más particularmente para el aprovisionamiento de las refacciones.

Los segundos, llamados planos de fabricación, se emplean raramente en el mantenimiento. En consecuencia, se deja al Proveedor la posibilidad de presentar los planos y nomenclatura del segundo grupo en las formas que el juzgue conveniente para su utilización dentro de los talleres, pero le es impuesto que aquellos del primer grupo, satisfagan en su presentación las normas ISO correspondientes u otras equivalentes.

### **7.3.2. Contenido de la colección**

#### **1. Clasificación-lista de planos**

Los planos deberán estar clasificados en capítulos, cada capítulo se refiere a una parte del material que forma un conjunto funcional (por ejem.: estructura de la caja, instalación neumática sobre caja).

Cada capítulo contendrá una lista de todos los documentos involucrados (planos de conjuntos, planos de detalles, nomenclaturas, documentos diversos tales como notas de cálculo), clasificados en un orden coherente, que facilite la búsqueda de cada uno de ellos.

#### **2. Nomenclatura general**

Estará establecida por capítulos separados. Proporcionará por lo menos la lista completa de todas las piezas o equipos que intervienen en la fabricación del material, indicando para cada una, la cantidad por tipo de sección, el material y el número de plano que la define.

#### **3. Planos de aparatos o equipos**

Cada aparato estará definido por un plano de conjunto o juego de planos de conjunto parciales, si es necesario con los planos de detalle indispensables para el mantenimiento.

El dibujo de una pieza de detalle se representará en el estado en que ella debe ser utilizada en el montaje. Si esta debe sufrir una operación de maquinado después de ensamblado sobre otra pieza, se establece un plano de conjunto parcial, constituido con todas las indicaciones que definen el maquinado.

Los planos de los conjuntos de aparatos y los planos de conjuntos parciales tendrán una nomenclatura especial enumerando cada una de las piezas que constituyen el conjunto. Adicionalmente, la lista de partes estará dispuesta de tal forma que permita a Metrorrey

establecer el número de identificación que atribuirá a cada una de estas piezas la cual se aceptará que pueda venir por separado.

### **7.3.3. Ejecución de los planos**

#### 1. Presentación general de los planos

Los planos son elaborados utilizando exclusivamente los formatos normalizados de acuerdo con las especificaciones de dibujo de Metrorrey, mencionado la razón social del Proveedor que lo ha establecido, el número de plano y los diversos datos útiles.

Estará reservado en el cuadro o al lado de este, un espacio en el que figurará el logotipo de Metrorrey.

#### 2. Indicaciones particulares

Los materiales, acabados superficiales y tolerancias de ejecución, estarán definidos con referencias a las especificaciones aplicables.

3. En cada plano se indicará al momento de su elaboración, el peso calculado de la pieza o del conjunto representado.

### **7.3.4. Ejecución de los documentos (anexo a los planos)**

Entran dentro de esta categoría los diagramas eléctricos y neumáticos, las notas de cálculo y los instructivos de funcionamiento.

Estos documentos (no planos) serán entregados en carpetas de dimensiones uniformes, en hojas tamaño carta.

## **7.4. Entrega de documentos**

El Proveedor deberá proporcionar:

- Tres conjuntos de copias legibles sobre papel bond, de los documentos de las categorías uno y dos dentro del mes que precede a la entrega del primer vehículo.
- Cinco conjuntos de copias legibles sobre papel de calidad acordada por las partes, de los documentos de la tercera categoría en el mes que precede a la entrega provisional del primer vehículo.
- Las copias para estos conjuntos deberán mantenerse actualizadas cada 6 meses con todas las revisiones y modificaciones aceptadas, desde el día de su emisión, hasta el día de la liberación de las garantías. Todas las modificaciones efectuadas deberán estar claramente visibles en los documentos correspondientes.
- Dos juegos de cada una de las tres categorías, en disco compacto comercial en formatos de acuerdo con el punto 11.4.1 y en su caso, los documentos de la tercera categoría en formato PDF. Estos juegos deberán mantenerse actualizados con todas las revisiones y modificaciones aceptadas, desde el día de su emisión, hasta el día de la liberación de las garantías. Todas las modificaciones efectuadas deberán estar claramente visibles en los archivos correspondientes.

## **7.5. Supervisión de fabricación**

Personal de Metrorrey supervisará la fabricación en planta(s) del Proveedor de los vehículos, por lo que el Proveedor deberá asignar una oficina con teléfono, acceso a internet y las facilidades estándar de oficina (escritorios, sillas, archiveros). El Proveedor permitirá el libre acceso a las áreas involucradas en el diseño, fabricación y pruebas en Planta de los vehículos de Metrorrey, así como proporcionar viáticos y alojamiento a este personal. Se considerará un total de 2 personas desde el inicio de fabricación del primer vehículo hasta la autorización de embarque del último vehículo. Para solventar los gastos de estas labores de supervisión del personal de Metrorrey, el Proveedor incluirá dentro del alcance de suministro una partida equivalente al 0.1% del importe total del costo de los vehículos. Al término de la supervisión se procederá al finiquito correspondiente a esta partida.



## Capítulo 8

### 8. Condiciones y requerimientos para la fabricación

#### 8.1. Materiales de fabricación

Los materiales que se utilicen en la fabricación de los vehículos deberán de ser nuevos y de la mejor calidad disponible en el mercado mundial, perfectamente apropiados para las funciones de las piezas donde se empleen y a los esfuerzos que se sometan.

Los materiales serán seleccionados entre aquellos que definen las especificaciones técnicas de los ferrocarriles y las normas europeas o sus equivalentes internacionales que se acuerden.

El plano de cada pieza deberá indicar la especificación técnica que define el material que la constituye, así como la referencia del plano del ensamble al que pertenece.

#### 8.2. Piezas o componentes de seguridad

Las piezas de seguridad son aquellas cuya falla provocaría un accidente grave. Éstas son sometidas a un control de calidad especial, teniendo como objetivo descartar todas aquellas que pudieran presentar defectos que comprometan su resistencia mecánica. El diseño debe garantizar una vida útil prolongada. Las piezas a calificar dentro de esta categoría son:

- Las piezas constitutivas de los ejes, rueda metálica y sus componentes, todos los elementos que forman el reductor y la viga oscilante, acoplador, sistema de frenos, etc.
- Las piezas que intervienen en la construcción de los bogies motriz y remolque y en la unión mecánica entre la caja y el bogie y la suspensión secundaria.

##### 8.2.1. Piezas de forja

Las piezas de forja, después de haber pasado durante la fabricación todas las verificaciones previstas por las especificaciones técnicas a las que se refieren los planos que las definen, son sometidas una a una cuando están completamente terminadas, a las verificaciones siguientes:

- Examen cuidadoso de todas las superficies para localizar grietas, fisuras, defectos de superficie, golpes de herramientas, etc.
- Toda pieza que presente alguno de estos defectos será rechazada.
- Exploración por medio de ultrasonido a fin de localizar defectos internos.
- Toda pieza que refleje un eco anormal será rechazada.

##### 8.2.2. Piezas de fundición

Su control de calidad se efectuará mediante la aplicación de pruebas de acuerdo con las normas y especificaciones internacionales vigentes.

### **8.2.3. Soldadura por resistencia**

Este procedimiento es particularmente recomendado para el ensamble de elementos de lámina de metal. Las máquinas utilizadas deben estar provistas de un tablero de control automático de secuencia de soldadura. Durante el trabajo, se procederá a controlar la calidad de los puntos de soldadura obtenidos, según las normas y especificaciones internacionales aplicables vigentes.

### **8.2.4. Soldadura por arco eléctrico**

Se usa según la naturaleza de los metales a ensamblar ya sea por medio del procedimiento de electrodo con revestimiento o bien con el procedimiento de arco protegido.

Para todas las soldaduras se aplicarán las pruebas de control de calidad según las normas y las especificaciones internacionales aplicables vigentes.

### **8.3. Intercambiabilidad de las piezas mecánicas**

Deberá asegurarse la estandarización e intercambiabilidad de las piezas mecánicas entre equipos.

## Capítulo 9

### 9. Garantías

El Proveedor de los vehículos garantizará a Metrorrey que el equipo que entregará será de óptima calidad, fabricado de acuerdo con los mejores métodos, y que estará libre de defectos en el diseño, fabricación, materiales y mano de obra.

#### 9.1. Plazos de garantía

El Proveedor de vehículos y sus proveedores se obligan a cumplir con los siguientes plazos de garantía:

- Dos años para el conjunto de suministro (vehículos), excepción hecha para los componentes enumerados a continuación, los cuales se requiere una mayor duración.
- Recorrido en línea no menor de 500,000 km o cinco años, lo que ocurra primero, para:
  - Bastidor de bogie.
  - Ejes motores.
  - Ejes portadores.
  - Caja de engranajes.
  - Motores de tracción.
- De un recorrido de 250,000 km. o dos años y medio, lo que ocurra primero, para los mecanismos de las puertas de pasajeros.
- A dos años para los equipos de la parte electrónica y eléctrica, excepto los materiales de consumo siempre y cuando no sea por falla sistemática.
- A cuatro años para las pinturas y acabados.
- A cinco años para las tomas de corriente, terminales, interruptores, resistencias y cables.
- A cinco años para las protecciones anticorrosivas.

#### 9.2. Vigencias

La garantía de cada vehículo deberá ser considerada a partir de su puesta en servicio en las líneas de Metrorrey y a más tardar a partir de 6 meses después de la entrega; siempre y cuando el retraso sea por causas imputables a Metrorrey.

Metrorrey notificará por escrito al Proveedor de los defectos que aparezcan o se detecten en los equipos y éste se compromete a que después de recibir la notificación corregirá tal defecto por su cuenta y a su costo, reparando y/o reemplazando las partes defectuosas en un plazo no mayor a 10 días hábiles. Metrorrey se obliga a proveer facilidades de trabajo al Proveedor, en las condiciones que se acuerden.

Los equipos serán reparados por el Proveedor tantas veces como sea necesario durante el periodo de garantía. El periodo de garantía se podrá ampliar dependiendo de los resultados de fiabilidad.

#### 9.3. Defectos sistemáticos

En caso de que durante el periodo de garantía, aparezcan o se detecten defectos en un mismo lote de módulos o componentes de equipos que representen el 10% o más del lote total de módulos o componentes suministrados, dichos defectos serán clasificados como "defectos sistemáticos" y en tal caso, el Proveedor se obliga a tomar las medidas necesarias para garantizar que dichos defectos

sistemáticos no se sigan presentando. Si después de 60 días de que Metrorrey notifique al Proveedor de la aparición del defecto sistemático, éste no ha iniciado la corrección, o en 120 días no ha terminado la corrección en el 100% de los módulos o componentes, Metrorrey podrá tomar las medidas correctivas necesarias con cargo al Proveedor, para eliminarlos defectos en forma definitiva y satisfactoria, para lo cual hará uso de la fianza correspondiente, previa notificación de Metrorrey al Proveedor.

En caso de que fuese necesario realizar modificaciones o reparaciones por parte del Proveedor o sus Proveedores, debido a vicios de construcción o diseño, el periodo de garantía será prolongado por un periodo no menor al tiempo transcurrido desde que se declara el defecto sistemático hasta su reparación definitiva. La extensión de la garantía aplicará sobre todo en el equipo involucrado con defecto sistemático.

#### **9.4. Vicios ocultos**

Serán considerados como vicios ocultos, la aparición de fallas repetitivas sobre un mismo modulo o componente hasta 24 meses después de concluido el periodo de garantías y que represente el 10 % o más del número total adquirido. En este caso el fabricante se obliga a aplicar las correcciones necesarias por su cuenta y a su cargo hasta eliminarlas a satisfacción de Metrorrey. Si después de 60 días de que Metrorrey notifique al Proveedor de la aparición del vicio oculto, éste no ha iniciado la corrección, o en 120 días no ha terminado la corrección en el 100% de los módulos o componentes, Metrorrey podrá tomar las medidas correctivas necesarias con cargo al proveedor, para eliminarlos en forma definitiva y satisfactoria, para lo cual hará uso de la fianza, correspondiente, previa notificación de Metrorrey al Proveedor.

#### **9.5. Modificaciones**

En caso de que fuese necesario realizar modificaciones o reparaciones, debido a vicios de construcción o diseño, el período de garantía se aplicará al conjunto del equipo, aunque su construcción haya sido confiada por partes a diversos fabricantes, obligándose el Proveedor de los vehículos de informar a Metrorrey todos los eventos que realizará para este efecto. En todo caso, el Proveedor del vehículo será responsable ante Metrorrey de la calidad y/o funcionamiento de los componentes del mismo.

#### **9.6. Sanciones**

Las sanciones y penalizaciones estarán sujetas a las condiciones contractuales.

## Capítulo 10

### 10. Características generales de componentes.

En este capítulo se mencionan las marcas de los componentes principales que actualmente tienen algunos vehículos de Metrorrey. El Licitante podrá proponer marcas "equivalentes" que sean compatibles y de calidad igual o superior. El Licitante deberá demostrar técnicamente que las marcas equivalentes cumplan con la calidad, especificaciones y características técnicas. Estas marcas propuestas deberán ser aprobadas en su momento por Metrorrey. Para tal efecto el Licitante deberá incluir en su propuesta técnica las fichas técnicas descriptivas de las características, dimensiones, fotografías, marcas, modelos y catálogos de todos y cada uno de aquellos componentes que defina como "equivalentes" a los descritos en los párrafos subsecuentes de esta especificación.

Los talleres de mantenimiento de Metrorrey cuentan con equipo, herramental y dispositivos de fabricación especial para realizar el mantenimiento a los vehículos, por lo que se requiere que los equipos que se propongan puedan ser mantenidos con la infraestructura actual.

Si en la propuesta técnica del Licitante existen algunas variaciones adicionales a la presente especificación, deberán ser mencionadas en su Propuesta Técnica y estarán sujetas a la aprobación de Metrorrey con el fin de asegurar que sean compatibles con las instalaciones fijas.

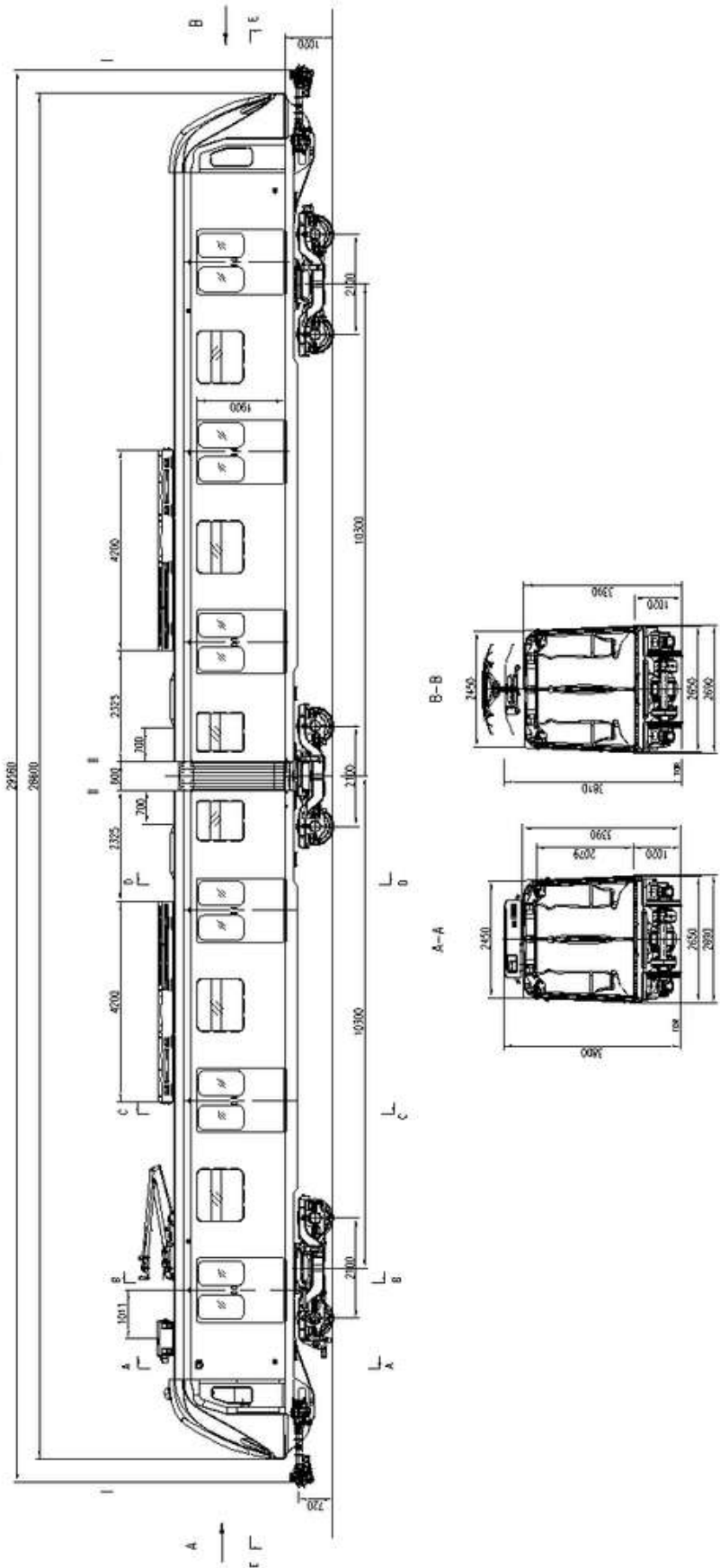
#### 10.1. Características generales de los vehículos que circulan en Líneas 1, 2 y 3

Longitud total del vehículo entre acopladores	29.560 m
Longitud total entre los frentes de vehículo	28.60 m
Ancho exterior máximo entre paredes de costados a nivel del piso	2.650 m
Ancho exterior máximo entre paredes de costados a nivel del techo	2.450 m
Ancho total exterior del vehículo en umbrales de puertas a nivel de piso	2.690 m
Ancho interior máximo entre paredes de costados	2.530 m
Altura piso-techo del salón de pasajeros	2.079 m
Altura del techo del vehículo al hongo del riel	3.740 m
Altura mínima del pantógrafo al hongo del riel	3.930 m
Altura máxima del pantógrafo al hongo del riel	6.100 m
Altura del piso del vehículo al hongo del riel	1.020 m
Altura del hongo del riel a plataforma de andén	0.970 m
Altura libre de las puertas de usuarios	1.900 m
Ancho libre de las puertas de usuarios	1.350 m
Distancia entre centros de bogies	10.300 m
Distancia entre ejes de bogies	2.100 m
Distancia entre espaldas de ruedas	1360 +2/-0 mm
Diámetro nominal de las ruedas	
Nuevas	740 mm
Usadas:	660 mm
Ancho de la vía (trocha)	1,435 +1/-0 mm

Velocidad máxima de operación	80 km/hr
Radio mínimo de curvatura horizontal:	
En la línea (en vías principales a 30 km/hr.)	50 m
En vías de Patios y Talleres con tren vacío y terreno horizontal	45 m
Radio mínimo de curvatura vertical	300 m
Pendiente máxima a remontar, partiendo de 0 km/hr	4 %.
Número de asientos por vehículo	56
Número máximo de pasajeros por vehículo	355
Ancho de los asientos	440 a 450 mm
Número de puertas para usuarios, por vehículo	12
Número de cabinas	1
Tensión nominal de alimentación	1,500 Vcc
Rango de variación (+20% / -30%)	1,050 a 1,800 Vcc
Tiempo promedio de parada en Estaciones	18 seg.
Tensión de los circuitos de control	110 Vcd
Tensión de los circuitos de C. A.	380 Vca 3 fases, 50 Hz
Aceleración máxima a 3/4 de carga en tracción	1.0 m/s <sup>2</sup>
Desaceleración máxima:	
En frenado normal o de servicio (a 3/4)	1.0 m/s <sup>2</sup>
En frenado de emergencia (a 4/4)	1.3 m/s <sup>2</sup>
Condiciones de carga:	
Carga a 3/4	4 personas/m <sup>2</sup> (70 kg/persona)
Carga a 4/4	6 personas/m <sup>2</sup> (70 kg/persona)
Carga a 5/4	8 personas/m <sup>2</sup> (70 kg/persona)
Captación de energía en vehículo	Pantógrafo @2 bandas de carbón de 1,050 mm. de longitud c/u

M2 Car

M1 Car



## 10.2. Accesorios

Extintor vs incendio:	Al menos 1 por vehículo
Tipo	ABC o Cold fire
Capacidad	6 lt
Vidrios y cristales:	
Cristales de puertas	filtrasol-gris 6 mm
Cristales de ventanas	Filtrasol gris duo vent, 4-6 mm
Calidad	Cristales de seguridad templados según ISO 22752 o equivalente
Parabrisas	Cristales de seguridad templados según la Norma EN15152
Escalera de socorro convertible en plataforma, con anclaje en canal inferior de puerta.	

## 10.3. Luminarias en salón de pasajeros

Nivel de iluminación requerido	≥ 200 lux sostenidos
Lámparas normales y de emergencia:	
Tipo	Led
Color	5000±300K
Longitud máxima de lámpara	1.22 m
Tensión de alimentación	110 Vcd

## 10.4. Características generales de Vías actuales

Vía ferroviaria con trocha de 1,435 +1/ -0 mm. y riel AREMA 115RE, dureza 300 HB.

### 10.4.1. En Línea

<b>Vías principales</b>	
Sistema de fijación	Directa a concreto. Riel continuo soldado.
Distancia entre centros de vías	Línea 1: 3.0 m
	Línea 2 subterráneo: 3.0 m
	Línea 2 elevado: 3.4 m
	Línea 3 subterráneo: 3.1 m
	Línea 3 elevado: 3.5 m
Gálidos paso libre (dinámico)	50 mm /Vehículo
Gálidos paso libre (estático)	350 mm /Vehículo
Velocidad máxima	80 km/hr
<b>Vías curvas</b>	
Sistema de fijación	Directa a concreto. Riel continuo soldado
Peralte máximo permisible	150 mm
Aceleración lateral máxima permisible	1.0 m/s <sup>2</sup>
Radio de curvatura mínimo vertical	250 m



Radio de curvatura mínimo horizontal (Vía de enlace L1-L2)	135 m
Radio de curvatura mínimo horizontal (Tramo subterráneo L2 entre Fundadores y Padre Mier)	150 m
Velocidad máxima de operación	80 km/hr
Cambiavías:	Vía principal 1:9
	Enlaces entre Líneas 1:6
Distancia del centro de vía al andén de Estaciones	1,405 mm
Inclinación en montaje de riel (sujetadores)	1:40
Dureza del riel	300 HB

#### 10.4.2. Patios y Talleres de San Bernabé

Radio mínimo de curvatura existente	45.0 m
Radio mínimo de diseño en curvas en vías de Patios y Talleres	45.0 m (Tren vacío, vel. máx. 20 km/hr)
Cambiavías	todos 1:6
Sobre ancho en vías secundarias	1,441 mm

#### 10.5. Sistema de Catenaria actual

Catenaria autotensionada hilo de contacto (h. c.) + hilo mensajero (h. m.) en vía principal	
Zig zag (lado izq. 350 mm / lado der. 350 mm)	+/- 350 mm
Altura desde el hongo del riel, en vía principal	4.5 +/- 0.1 m
Altura de h. c. desde el hongo del riel En la Estación Regina L2	4.1 m
Nota.- El pantógrafo deberá operar correctamente en esta condición.	
Catenaria a tensión fija (sólo hilo de contacto) en Patios y Talleres	
Altura desde el hongo del riel	5.0 +/- 0.1 m

#### 10.6. Equipos mecánicos actuales

##### 10.6.1. Estructura y caja

Alineación	1.0 mm en 25 m
Nivelación	1.0 mm en 120 m
Planicidad	> 0.6 kg/cm <sup>2</sup>
Anticlimber	De 913 a 1,033 mm

##### 10.6.2. Bogies

Carga máxima permisible bogie motriz	12 Ton. por eje
Carga máxima permisible bogie remolque	12 Ton. por eje
Lubricadores de rueda (sticks)	Marca LB Foster Rail Technologies Pestaña LCF 3" / Pista HPF 3"

### 10.6.3. Suspensión primaria

Elementos elásticos tipo Chevrón

### 10.6.4. Ruedas

Diámetro exterior de ruedas	
Marca	GHH
Nuevas	740 mm
Usadas	660 mm
Reperfilado	Cuando la diferencia entre diámetros mismo eje >1 mm ó 70,000 km.
Dureza	250-280 HB
Desviación concéntrica	< 0.3 mm
Desviación lateral	< 0.5 mm

### 10.6.5. Caja de engranes (transmisión) MM-90

Marca	Thyssen BSI
Tipo	9002-00, 9002-02 y 9002-03
Potencia permisible	115 KW
Velocidad permanente eje - piñón	1,790 rpm
Velocidad máxima permanente eje -piñón	3,617 rpm
Par permanente eje - piñón	614 Nm.
Par de deslizamiento (árbol hueco)	12,488 Nm.
Par máximo al freno (árbol hueco)	6,801 Nm.
Relación de transmisión	5.625:1
Tipo de engranes	Dentado ciclopaloide
Rodamientos	Cónicos
Lubricante	Aceite sintético
Marca	Mobilube SHC 75W90
Capacidad	10 lt.
Margen de nivel	10 mm
Temperatura máxima	170°C
Juego axial de árbol hueco	0.20 mm
Cambio de aceite	200,000 km

### 10.6.6. Motor de tracción MM-90

Marca	Siemens
Modelo	1TB 2027 OMD03

Tensión nominal	500 V
Intensidad nominal	405 A
Potencia nominal	262 KW
Factor de potencia	0.80
Frecuencia	60 Hz
Velocidad nominal	1182 1/min
Velocidad máxima	3600 1 /min
Conexión	Y
Numero de bornes	3
Numero de polos	6

#### 10.6.7. Acoplador

Marca	BSI
Tipo	Compact II
Giro horizontal	+/- 40%
Autocentrado	+/- 10%

### 10.7. Equipo neumático

#### 10.7.1. Suspensión secundaria

Tipo	Neumática por bolsas de aire
Control	Válvula reguladora de altura
Amortiguadores	verticales y horizontales

#### 10.7.2. Compresor de aire

Marca	Knorr
Tipo	SL6
Presión de operación	8 a 10 bars
Flujo	600 l/min @ 10 bar

### 10.8. Control

#### 10.8.1. Unidad electrónica de frenado (UEF)

Unidad electrónica de control ESRA	STN46131
Unidad neumática	II111974/01A1A
Caliper de freno de servicio	II111857/27WX
Caliper de freno de estacionamiento	II111859/6527WX
Disco de freno	KP0639867-1750
Valvulas de antideslizamiento	II64108/8055024

#### 10.8.2. Banco de acumuladores

Tipo	Alcalino Ni-Cd
------	----------------

Modelo	FNC 100MR2
Capacidad	110 A-hr
Tensión nominal	110 Vcd
No. de celdas	80
Tensión de celda	1.2 Vcd
Temperatura ambiente	-10°C a +50°C

### 10.8.3. Captor de paratrén de vehículo

Marca	Siemens
Tensión de alimentación	110 Vcd
Corriente nominal	0.61 Amp
Consumo de potencia	25 W
Resistencia	61 (Ohm) - 10 %.
Espiras de la bobina	6,000
Tiempo de conmutación	< 1.0 seg
Extinción de la chispa	Por varistores
Tensión de prueba	2000 Vca
Resistencia de aislamiento	> 20 Mohm
Flujo magnético en el vehículo	30 micro Wb.
Esfuerzo permisible por vibración	7.0 G
Temperatura de operación	-10°C a +50°C
Humedad	DIN 40040 - C.
Protección	DIN 40050

Los circuitos de vía (CDV) utilizados en las líneas 1, 2, 3 y Patios y Talleres son marca SIEMENS, tipo FTGS-917, sintonizados en audio frecuencia con rangos de operación entre 4.75 Khz. y 16.5 Khz. Existen otros equipos instalados en vías como son: Paratrenes y Cuenta-ejes (Siemens AZs(M) 350).

En Metrorrey tenemos instalados 2 tipos de Sistemas ATP y sus características son:

- Los Enclavamientos a base de Relés electromecánicos en Línea 1 (excepto San Bernabé) y la Línea 2 A son modelo S25000 – Q5697 – A .C5, de 40 Vcd y los circuitos de vía son modelo FTGS-917, marca SIEMENS
- Los Enclavamientos Electrónicos en la Línea 2B y San Bernabé de Línea 1 es el modelo S25000 – Q5697 – A .B6 de 200 Vcdy los circuitos de vía son modelo FTGS-917, marca SIEMENS
- Los Enclavamientos Electrónicos en la Línea 3 y Patios y Talleres son modelo SICAS-ECC y los circuitos de vía son modelo TCM-100, marca SIEMENS.

#### 10.8.4. Sensores tacométricos

Transmisión de impulsos (rueda fónica)	Marca: Knorr, tipo GID-5
--	--------------------------

#### 10.9. Pantógrafo

Marca	Faiveley
Modelo	LV-2600
Rango de velocidad de operación	100 a 140 km/hr
Extensión máxima	2,600 mm
Peso	120 kg
Fuerza estática con un arquet de 10 kg.	10 dan máx. (ajustable)
Normas constructivas	VIC 608 y IEC. 494
Deflexión lateral	18 mm. @ 300N máx.
Corriente máx. con dos bandas de carbón metalizadas	1,000 Amp
Voltaje nominal	1,500 Vcc
Accionamiento neumático	De 4 a 10 bars
Vida útil de las bandas de carbón	Min. 70,000 km
Aisladores	Material cerámico para 3,600 Vcd

#### 10.10. Registrador electrónico de eventos, velocímetro-odómetro

Marca	Faiveley
Registrador	TOM
Velocímetro-odómetro	No. 541980

#### 10.11. Radio

Tipo	TETRA - NEBULA
Radio UHF 9 canales, 10 watts	MDT400
Dimensiones	90x144.5x47.2 mm
Características eléctricas	110/12 Vcd, 100W

#### 10.12. Aire Acondicionado pasajeros

Marca	Stone Iberica
Modelo	P-35-MT
Potencia frigorífica	35,000 kcal/hr
Unidades por vehiculó	2

#### 10.13. Cabina de conducción

## ***Pupitre de conducción***



## ***Panel Lateral Izquierdo***



## Panel Lateral Derecho



## Pantalla HMI





## ***Panel Control Paratren***



## ***Panel de lado izquierdo***

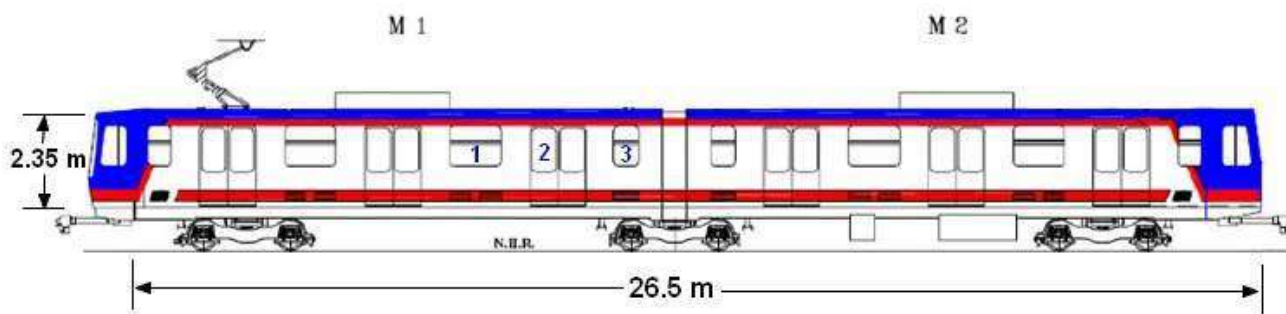




# Equipo instalado e tabique



#### 10.14. Área de ventanas y puertas (por costado):



- 1.- 4 ventanas de 1.20 x 0.95 m
- 2.- 6 puertas de 1.35 x 1.90 m
- 3.- 6 ventanas de 0.55 x 0.95 m

Área de ventanas=  $4 \times 1.2 \times 0.95 + 6 \times 0.55 \times 0.95 = 7.56 \text{ m}^2$  = 12.1%  
 Área de puertas=  $6 \times 1.35 \times 1.9 = 15.39 \text{ m}^2$  = 24.7%  
 Área de vestiduras interior = 63.2%  
 Área de costado=  $26.5 \times 2.35 = 62.27 \text{ m}^2$  = 100%

#### 10.15. Definiciones y Abreviaturas utilizadas:

Licitante	Empresa registrada participante en el Concurso
Proveedor	Licitante ganador a quien se asigna el Contrato
Fabricante	Empresa fabricante de equipos y componentes
MCP	Grupo Motocompresor
NPRSD	Nuevo Procedimiento de Remolque Sin Desfogue
MTBF	Tiempo medio entre fallas aplicable a fiabilidad de equipos y componentes
Amp	Amperios.
°C	Grados Celsius o centígrados
CET	Convertidor estático de tracción
CEA	Convertidor estático de auxiliares
dB	Decibeles
Hz	Hertz
Hr	Hora
INOM	Corriente nominal
Kg	Kilogramos
Km	Kilómetros
Kw	Kilowatts
Khz.	Kilohertz
KV	Miles de volts
KFS	Conmutador de frenado de emergencia (ruptor)
lt.	Litros

Lb	Libras
m	Metros
mm	Milímetros
ms	Milisegundos
N	Newton
KN	Kilo newton
Nm.	Newton metro
r.p.m.	Revoluciones por minuto
PWM	Modulación por ancho de pulso
msnm	Metros sobre el nivel del mar
Ton	Toneladas
UPS	Unidad programable de servicios
UEF	Unidad electrónica de frenado
V	volts
Vcd	Voltaje de corriente directa alimentado por banco de acumuladores
Vcc	Voltaje de corriente continua alimentado por Catenaria
Vca	Voltaje de corriente alterna

## Capítulo 11

### 11. Empaque y recepción, servicios al cliente

#### 11.1. Empaque y recepción

##### 11.1.1. Empaque y embarque

La carga, flete, descarga, trámites, impuestos, derechos, aranceles y seguros de los equipos y todos sus componentes, serán responsabilidad del Proveedor y quedan incluidos en su alcance de suministros para su entrega en Patios y Talleres San Bernabé del STC Metrorrey. Los equipos y todos sus componentes deberán empacarse y embarcarse de acuerdo a las mejores prácticas comerciales. Cualquier daño imputable a empaque, manejo o transportación defectuosos o inadecuados, deberán ser corregidos por el Proveedor en el sitio de entrega antes de la recepción.

##### 11.1.2. Pruebas y verificación pre-operativas

El Proveedor deberá suministrar antes de iniciar el embarque, todos los planos, manuales e instructivos que sean necesarios para la puesta a punto de los equipos, para la revisión y en su caso la aprobación o rechazo correspondiente por Metrorrey.

Metrorrey será notificado por el Proveedor para iniciar las pruebas en fábrica, una vez que todos los equipos de cada vehículo hayan sido puestos a punto. Las pruebas en fábrica serán atestiguadas por personal de Metrorrey. Las pruebas en fábrica y su aprobación por Metrorrey son obligatorias para poder embarcar él o los vehículos correspondientes a cada lote a ser remitido a Monterrey.

A la recepción de él o los vehículos de cada lote, Metrorrey programará conjuntamente con el Proveedor una prueba general de cada vehículo con el fin de verificar la correcta operación de los mismos; en caso de que existan defectos o deficiencias, se elaborará una lista de ellos. Los trabajos para corregir los defectos deberán ser realizados por el Proveedor bajo su costo y responsabilidad y serán verificados por Metrorrey antes de que se puedan reiniciar las pruebas.

Metrorrey asignará personal para verificar o supervisar la puesta a punto y las pruebas, estos representantes técnicos tendrán la capacidad y la autoridad suficiente para detener o rechazar cualquier procedimiento o actividad que a su juicio no cumpla con la presente especificación, las practicas, normas, códigos o técnicas nacionales y/o internacionales aplicables.

##### 11.1.3. Puesta en servicio

El Proveedor entregará a Metrorrey el programa y protocolo de pruebas de puesta en servicio, aplicable al 100% del lote en las Líneas 1, 2 y 3, para su aprobación y aplicación con 30 días de anticipación a la realización de las mismas en el primer vehículo. Dicho protocolo deberá incluir pruebas de funcionamiento de todos los equipos individuales, del vehículo como conjunto, de operación normal dentro del rango de voltaje de alimentación especificado (1,050 a 1,800 Vcc), incluyendo pruebas de remontar la pendiente máxima desde velocidad cero, de acoplamiento con vehículos del mismo lote y con modelos MM-20 y MM-24, así como pruebas de socorro con los MM-90, MM-93 y MM-05, en ninguna de estas condiciones deberán presentarse perturbaciones que impidan la operación normal del vehículo en prueba. Cuando

el vehículo esté listo para realizar las pruebas de los equipos de paratrén y radiocomunicación, se programarán las pruebas de tal forma que no interfieran con la operación normal del servicio a usuarios.

El Proveedor queda obligado a operar, vigilar y ajustar todos los elementos de los equipos y sistemas en el taller durante los primeros 30 días de la puesta en operación.

La recepción de los vehículos será efectuada si la puesta a punto y el funcionamiento son reconocidos como satisfactorios; con reservas (listado de puntos pendientes) si se presentan anomalías; en este caso, corresponderá al Proveedor corregir todas las desviaciones en el tiempo previamente estipulado, resueltos los puntos pendientes se realizará la aceptación final según corresponda.

#### **11.1.4. Certificados de pruebas e instructivos de operación y mantenimiento**

El Proveedor deberá entregar a Metrorrey todos los certificados de las pruebas realizadas.

### **11.2. Servicios al cliente**

#### **11.2.1. Tiempos de entrega**

El Proveedor será el único responsable ante Metrorrey del cumplimiento oportuno de los programas de fabricación, pruebas, instalación y puesta en servicio de los equipos y sistemas que componen a los vehículos. Es su responsabilidad que los vehículos se entreguen terminados en las fechas compromiso.

En el caso de presentarse retrasos, las sanciones o negociaciones entre las partes involucradas se apegarán a lo indicado en la parte correspondiente de los contratos que se establezcan.

#### **11.2.2. Refacciones**

El Proveedor deberá suministrar una lista de refacciones o partes de repuesto. Las refacciones y partes de repuesto forman parte del alcance de suministro y serán por un monto equivalente al 2% del valor del lote de vehículos a suministrar. El listado deberá indicar el concepto, marca, modelo, fabricante, cantidad que se propone y su precio unitario. Metrorrey seleccionará artículos y cantidad en la medida que lo juzgue conveniente, manteniendo el monto total. Metrorrey podrá modificar la lista de refacciones propuesta por el Proveedor y éste complementará los precios unitarios para que el listado final sea a entera satisfacción de Metrorrey.

Deberá incluirse en la lista:

- Consumibles como lubricantes, filtros, etc. para el desarrollo de los trabajos de mantenimiento preventivo.
- Refacciones menores como tarjetas electrónicas, sensores, presostatos, relevadores, mangueras, selectores, sensores, etc. para la realización de mantenimientos correctivos.
- Refacciones mayores estratégicas como motor de tracción, transmisiones, cajas de grasa, bogies, resistencias de frenado, convertidor de auxiliares, compresor de aire, cilindros de frenado, unidad neumática de frenado, acoplador, ventanas, manipulador de tracción, registrador de eventos, etc.

La lista propuesta que deberá someterse a consideración de Metrorrey incluirá prácticamente todo componente del vehículo que pueda ser sujeto de reemplazo en mantenimiento preventivo y correctivo.

El Proveedor deberá garantizar que estará en posibilidades de suministrar todos los materiales, refacciones y partes de repuesto requeridos para el mantenimiento de los equipos, por un periodo mínimo de 20 años, respetando los precios unitarios originales debidamente actualizados con la inflación del país de origen.

### **11.2.3. Servicio de postventa**

Para otorgar el servicio de postventa el Proveedor de los vehículos se obliga a tener al menos dos especialistas residentes y personal técnico que el Proveedor determine, en los talleres de Metrorrey durante el tiempo de garantía de los equipos y componentes de los vehículos, al menos durante 2 años después de la entrega del último vehículo para servicio. Los especialistas residentes tendrán a su cargo la solución de todo problema presentado en el Material Rodante que sea causado por fallas de equipos en garantía.

### **11.2.4. Capacitación al personal de operación y mantenimiento**

Está incluido en el alcance de suministro un programa de capacitación que deberá ser impartido por especialistas, en sesiones compartidas de teoría y práctica con duración no menor de 200 horas instructor para grupo técnico electromecánico (10 personas), 200 horas instructor para el grupo técnico electrónico (10 personas) y 200 horas instructor para el grupo conductores e inspectores de tráfico (125 Conductores y 30 Inspectores y Supervisores de Tráfico), Metrorrey designará el personal de cada grupo.

Dicha capacitación deberá ser impartida iniciando el mes posterior a la entrega provisional del primer vehículo.

La capacitación se impartirá en idioma español México y la literatura que se entregue será también en este idioma. La capacitación se realizará en las instalaciones del STC Metrorrey.

## **11.3. Procedimientos**

### **11.3.1. Propuesta técnica**

El Licitante que desee participar en el concurso de fabricación y suministro de los vehículos para Metrorrey, deberá preparar una propuesta técnica y hacerla llegar a Metrorrey para su estudio y análisis.

La propuesta técnica deberá contener como mínimo lo siguiente:

- 1 Declaración de equipos equivalentes a los especificados por STC Metrorrey, se debe incluir ficha técnica descriptiva, catálogos, fotografías y explicación del cambio.
- 2 Referencias de otros vehículos similares fabricados.
- 3 Declaración de normas aplicables al Sistema de Control incluyendo ficha técnica descriptiva, catálogos, fotografías de los equipos y componentes que lo integran.

- 4 Propuestas de diseño conceptual de cabina de conducción, exterior e interior (Numeral 2.4).
- 5 Memoria de cálculo de las cargas y determinación de potencia nominal del Convertidor Estático de Auxiliares (CEA) (numeral 4.7)
- 6 Comprobantes de Certificación. Carta en papel membretado de la empresa, firmada por el representante o apoderado legal, en la que declare bajo protesta de decir verdad, de contar con una certificación internacional en procesos de diseño, fabricación y servicio.
- 7 Formato de protocolos de pruebas, donde se detallen las pruebas que se efectuarán a los equipos principales.
- 8 Formato del protocolo de puesta en servicio, donde se describa la secuencia necesaria para poner en operación cada sistema.
- 9 Catálogo de materiales y equipos principales incluidos en la propuesta técnica del Licitante, incluyendo marca y características técnicas generales.
- 10 Tres cartas de recomendación. Carta en papel membretado del Cliente y firmada por el responsable del proyecto, que avale el buen desempeño de vehículos de características similares a lo detallado en esta especificación técnica, e indicando los alcances, tiempo de entrega, fecha de entrega y el grado de satisfacción del producto entregado.

La propuesta económica será documentada por separado, detallando los costos y la aplicación de recursos, incluyendo lo indicado en el punto 7.5 de la presente especificación (supervisión de fabricación).

#### **11.4. Desarrollo de los trabajos**

##### **11.4.1. Entrega de información**

Metrorrey acordará con el Proveedor el formato de dibujo requerido y la asignación de claves para documentos y dibujos, así como la estructuración de niveles de información (layers) y asignación de códigos de color y tipos de líneas.

Todos los dibujos se deberán presentar impresos, en idioma español México, reproducible de acuerdo con las normas de dibujo proporcionadas por Metrorrey.

Los dibujos emitidos por computadora se entregarán cargados en archivos de trabajo, seriados y consecutivos, en formato compatible con AutoCAD 2014, en archivos electrónicos en disco compacto comercial (CD o DVD).

Los documentos se entregarán para revisión y/o aprobación de Metrorrey en impresión original en idioma español México, quien revisará, comentará y en su caso aprobará en revisión cero. Ya aprobados los documentos, el diseñador los entregará en disco compacto de computadora, en procesador de palabras Microsoft Word, AutoCAD 2014, para documentos de primera y segunda categoría y formato PDF para documentos de la tercera categoría.

## CAPITULO 12

### 12. Cuestionario Técnico

El Licitante deberá llenar este cuestionario bajo este formato original, en todos y cada uno de sus renglones, a máquina o a mano con letra de molde clara y firmarlo encada página.

<b>CUESTIONARIO TÉCNICO DEL MATERIAL RODANTE</b>			
<b>Cons.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>
1	Queda entendido por el Licitante que ¿El objetivo de este documento es el de establecer los requerimientos mínimos indispensables que constituirán el alcance del Licitante para el diseño, fabricación, suministro, instalación, integración, pruebas, puesta en servicio y capacitación de los vehículos dobles articulados? Referencia numeral 1.1.		
2	Queda entendido por el Licitante que ¿deberá entregar un producto que cumpla a satisfacción con todos los parámetros de calidad, en base a la presente especificación técnica y cumpliendo con las normas mexicanas e internacionales aplicables en esta materia? Referencia numeral 1.2.		
3	Queda entendido por el Licitante que ¿queda comprometido al cumplimiento de los objetivos listados en los 7 puntos? Referencia numeral 1.3.		
4	Queda entendido por el Licitante que ¿ha leído y entendido plenamente la descripción del material rodante en la que se establecen las características técnicas particulares más relevantes y se compromete a cumplirlas a satisfacción de Metrorrey? Referencia numeral 1.4.		
5	Queda entendido por el Licitante que ¿ha leído y comprendido los requerimientos a cumplir de los servicios a pasajeros especificados? Referencia numeral 1.5.		
6	Queda entendido por el Licitante que ¿ha leído y comprendido los requerimientos a cumplir de las condiciones de empleo de los vehículos especificados? Referencia numeral 1.6.		
7	Queda entendido por el Licitante que ¿ha leído y comprendido los requerimientos a cumplir de la distancia media entre fallas especificado? Referencia numeral 1.7.		
8	Queda entendido por el Licitante que ¿ha leído y comprendido los requerimientos a cumplir en lo referente al consumo de energía especificado? Referencia numeral 1.8.		
9	Queda entendido por el Licitante que ¿ha leído y comprendido los requerimientos a cumplir en lo referente al Sistema mecánico especificado? Referencia numeral 2.		
10	Queda entendido por el Licitante que ¿ha leído y comprendido los requerimientos a cumplir en lo referente al Sistema neumático especificado? Referencia numeral 3.		
11	Queda entendido por el Licitante que ¿ha leído y comprendido los requerimientos a cumplir en lo referente al Sistema eléctrico especificado? Referencia numeral 4.		



<b>Cons.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>
12	Queda entendido por el Licitante que ¿ha leído y comprendido los requerimientos a cumplir en lo referente al Sistema de control especificado? Referencia numeral 5.		
13	Queda entendido por el Licitante que ¿ha leído y comprendido los requerimientos a cumplir en lo referente a las pruebas especificadas? Referencia numeral 6.		
14	Queda entendido por el Licitante que ¿ha leído y comprendido los requerimientos a cumplir en lo referente a la emisión y entrega de la documentación especificada? Referencia numeral 7.		
15	Queda entendido por el Licitante que ¿ha leído y comprendido los requerimientos a cumplir en lo referente a las condiciones y requerimientos para la fabricación especificadas? Referencia numeral 8.		
16	Queda entendido por el Licitante que ¿ha leído y comprendido los requerimientos a cumplir en lo referente a las garantías especificadas? Referencia numeral 9.		
17	Queda entendido por el Licitante que ¿ha leído y comprendido los requerimientos a cumplir en lo referente a las características generales especificadas de los componentes? Referencia numeral 10.		
18	Queda entendido por el Licitante que ¿ha leído y comprendido los requerimientos a cumplir en lo referente al empaque y recepción, servicio al cliente, procedimientos y desarrollo de los trabajos especificados? Referencia numeral 11.		
19	¿Su propuesta contiene desviaciones a esta especificación técnica? <b>Si su respuesta es sí, anexe hoja(s) describiendo al detalle</b>		

### **Notas importantes.**

- 1.-Si el espacio destinado no es suficiente, anexe hoja(s) con su(s) respuesta(s).
- 2.-No deje espacios sin respuesta.
- 3.- Su firma en la presente especificación técnica significa que ha leído y entendido todos y cada uno de los requerimientos de Metrorrey y que su propuesta incluye el diseño, fabricación, instalación pruebas, capacitación, garantías y puesta en servicio necesarios para el diseño de la ingeniería de detalle, suministro de los equipos, ensambles componentes, montaje, instalación, pruebas y puesta en marcha cumplirán total mente con ésta especificación técnica.

Proponente.- Nombre y cargo:

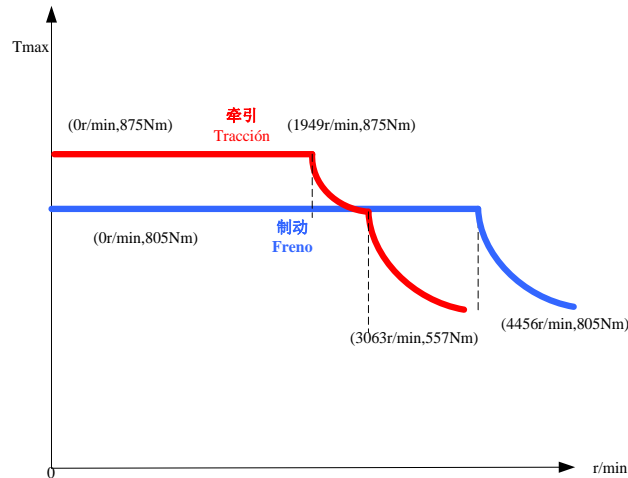
---

Firma: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

## CAPITULO 13

### 13. ANEXOS

#### 13.1. ANEXO A: Curvas de desempeño de los vehículos actuales



#### Envolvente del par máximo de tracción/freno del motor

Las características de tracción se dividen en tres secciones: zona de par constante, zona de potencia constante y zona de característica natural. Cuando la tensión de red  $U_{net} = 1500V$ :

Zona de par constante:  $0 \leq V \leq 1949 \text{ r/min}$        $T = 875 \text{ Nm}$

Zona de potencia constante:  $1949 \text{ r/min} < V \leq 3063 \text{ r/min}$        $T = 3063 * 875 / V \text{ Nm}$

Zona de característica natural:  $3063 \text{ r/min} < V \leq 4456 \text{ r/min}$        $T = 557 * 50 * 50 / (V * V) \text{ Nm}$

Cuando la tensión de red  $U_{net} < 1500 V$ , los puntos de inicio de potencia constante y de característica natural avanzan proporcionalmente, es decir: punto de inicio de potencia constante =  $35 * U_{net} / 1500$ ; punto de inicio de característica natural =  $55 * U_{net} / 1500$ ; cuando la tensión de red  $U_{net} > 1500 V$ , la envolvente característica permanece sin cambios.

La envolvente de la característica de freno se divide en zona de par constante y zona de característica natural. Cuando la velocidad es menor que el punto de salida del freno eléctrico, el freno eléctrico comienza a retirarse. Cuando la tensión de red  $U_{net} = 1650V$  :

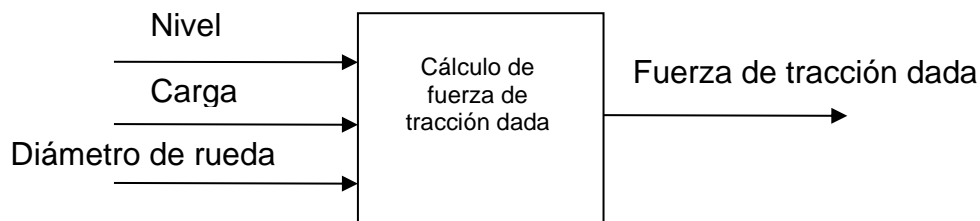
Zona de par constante:  $0 \leq V \leq 4456 \text{ r/min}$        $T=805 \text{ Nm}$

Zona de característica natural:  $4456 \text{ r/min} < n$        $T=805 \cdot 4456 \cdot 4456 / (V \cdot V) \text{ Nm}$

Cuando la tensión de red  $U_{\text{net}} < 1650 \text{ V}$ , el punto de inicio de la característica natural avanza proporcionalmente, es decir: el punto de inicio de la característica natural =  $80 \cdot U_{\text{net}} / 1650$ ; cuando la tensión de red  $U_{\text{net}} > 1650 \text{ V}$ , la envolvente característica no cambia.

### **Cálculo de la fuerza de tracción dada**

La señal dada por el controlador del tren o ATO es la señal de nivel de tracción, que corresponde al valor requerido de la aceleración del tren. Por lo tanto, la DCU necesita calcular la fuerza de tracción dada y realizar compensación de nivel, de carga y de diámetro de rueda para hacer que el tren acelere. Existe una relación lineal con el nivel del tren.



La fuerza de tracción dada no excederá el par máximo limitado por la curva característica de tracción. La fuerza de tracción dada aumentará/disminuirá en una cierta pendiente y el límite de impacto será menor a  $0.7 \text{ m/s}^3$ .

### **Cálculo de fuerza dada del frenado eléctrico**

DCU utiliza frenado eléctrico tanto como sea posible según el nivel de frenado, y retroalimenta la fuerza de frenado eléctrico real al sistema de frenado. La fuerza de frenado eléctrico dada no excederá el límite de par máximo de su curva característica. La fuerza de frenado eléctrico dada aumentará/disminuirá en una cierta pendiente, y el límite de impacto será inferior a  $0,75 \text{ m/s}^3$ . Durante el proceso de conversión electroneumática de baja velocidad, el límite de impacto =  $1,0 \text{ m/s}^3$ . Si la carga excede el rango normal, se toma AW3 como carga predeterminada.

### 13.2. ANEXO B: Sistema de Control de Puertas y Velocidad (SCPV)

Las direcciones que podrán seleccionarse inicialmente serán:

<b>Línea 1</b>	
<b>Dirección Exposición</b>	
<b>Estación</b>	<b>Dirección</b>
Talleres	Exposición
Talleres	San Bernabé
Talleres	Aztlán
Talleres	Mitras
Talleres	Edison
Talleres	Cuauhtémoc
Talleres	F. U. Gómez
Talleres	Y griega

<b>Línea 1</b>	
<b>Dirección Talleres</b>	
<b>Estación</b>	<b>Dirección</b>
Exposición	Talleres
Exposición	Y griega
Exposición	F .U. Gómez
Exposición	Cuauhtémoc
Exposición	Edison
Exposición	Mitras
Exposición	Aztlán
Exposición	San Bernabé

<b>Línea 2</b>	
<b>Dirección Zaragoza</b>	
<b>Estación</b>	<b>Dirección</b>
Sendero	Zaragoza
Sendero	Anáhuac
Sendero	Universidad
Sendero	Anaya
Sendero	Cuauhtémoc
Sendero	Zaragoza

<b>Línea 2</b>	
<b>Dirección Sendero</b>	
<b>Estación</b>	<b>Dirección</b>
Zaragoza	Sendero
Zaragoza	Cuauhtémoc
Zaragoza	Anaya
Zaragoza	Universidad
Zaragoza	Anáhuac

<b>Línea 3</b>	
<b>Dirección Hospital Metropolitano</b>	
<b>Estación</b>	<b>Dirección</b>
Sendero	Hospital Metropolitano
Sendero	Anáhuac
Sendero	Universidad
Sendero	Anaya
Sendero	Cuauhtémoc
Sendero	Zaragoza
Sendero	Santa Lucía
Sendero	F .U. Gómez

<b>Línea 3</b>	
<b>Dirección Sendero</b>	
<b>Estación</b>	<b>Dirección</b>
Hospital Metropolitano	Sendero
Hospital Metropolitano	F .U. Gómez
Hospital Metropolitano	Santa Lucía
Hospital Metropolitano	Zaragoza
Hospital Metropolitano	Cuauhtémoc
Hospital Metropolitano	Anaya
Hospital Metropolitano	Universidad
Hospital Metropolitano	Anáhuac

La configuración inicial del sistema, en lo relativo a la apertura de puertas, será de acuerdo a la siguiente tabla:

<b>Línea 1</b>			
<b>Dirección Exposición</b>			
<b>Estación</b>	<b>Inicio de estación</b>	<b>Final de estación</b>	<b>Puertas en servicio</b>
Talleres	026+855.502	026+965.502	Derechas
San Bernabé	025+462.000	025+336.000	Derechas
Unidad Modelo	024+469.000	024+349.000	Derechas
Aztlán	023+128.000	023+008.000	Derechas
Penitenciaría	022+028.000	021+908.000	Derechas
Alfonso Reyes	021+196.000	021+076.000	Derechas
Mitras	020+095.000	019+975.000	Derechas
Bolívar	019+304.000	019+184.000	Derechas
Hospital	018+542.000	018+422.000	Derechas
Edison	017+161.000	017+041.000	Derechas
Central	016+225.000	016+105.000	Derechas
Cuauhtémoc	015+482.000	015+356.000	Derechas
Del Golfo	014+435.000	014+315.000	Derechas
Félix U. Gómez	013+450.000	013+309.000	Derechas
Parque Fundidora	012+579.000	012+459.000	Derechas
Y griega	011+685.000	011+565.000	Derechas
Palacio Federal	010+103.000	009+993.000	Derechas
Lerdo de Tejada	008+897.000	008+777.000	Derechas
Exposición	008+213.000	008+093.000	Derechas
Zona de Maniobras Exposición		007+728.000	Ambas

<b>Línea 1</b>			
<b>Dirección Talleres</b>			
<b>Estación</b>	<b>Inicio de estación</b>	<b>Final de estación</b>	<b>Puertas en servicio</b>
Zona de Maniobras Exposición	007+728.000		Ambas
Exposición	008+093.000	008+213.000	Derechas
Lerdo de Tejada	008+777.000	008+897.000	Derechas
Palacio Federal	009+993.000	010+103.000	Derechas
Y griega	011+565.000	011+685.000	Derechas
Parque Fundidora	012+459.000	012+579.000	Derechas
Félix U. Gómez	013+309.000	013+450.000	Derechas
Del Golfo	014+315.000	014+435.000	Derechas
Cuauhtémoc	015+356.000	015+482.000	Derechas
Central	016+105.000	016+225.000	Derechas
Edison	017+041.000	017+161.000	Derechas
Hospital	018+422.000	018+542.000	Derechas

Bolívar	019+184.000	019+304.000	Derechas
Mitras	019+975.000	020+095.000	Derechas
Alfonso Reyes	021+076.000	021+196.000	Derechas
Penitenciaría	021+908.000	022+028.000	Derechas
Aztlán	023+008.000	023+128.000	Derechas
Unidad Modelo	024+349.000	024+469.000	Derechas
San Bernabé	025+336.000	025+462.000	Derechas
Talleres		026+855.502	Izquierdas

<b>Línea 2</b>			
<b>Dirección Zaragoza</b>			
<b>Estación</b>	<b>Inicio de estación</b>	<b>Final de estación</b>	<b>Puertas en servicio</b>
Zona de Maniobras Sendero	239+987.202		Ambas
Sendero	240+405.617	240+531.617	Derechas
Tapia	241+497.000	241+617.000	Derechas
San Nicolas	242+272.551	242+392.551	Derechas
Anáhuac	243+766.193	243+886.193	Derechas
Universidad	245+563.000	245+683.000	Derechas
Niños Héroes	246+420.000	246+540.000	Derechas
Regina	247+477.252	247+597.253	Derechas
General Anaya	248+741.000	248+861.000	Derechas
Cuauhtémoc	249+940.000	250+060.000	Izquierdas
Alameda	250+960.297	251+080.297	Derechas
Fundadores	251+479.317	251+599.317	Derechas
Padre Mier	252+166.030	252+286.030	Derechas
Zaragoza	252+701.088	252+821.088	Derechas
Zona de Maniobras Zaragoza		252+985.829	Ambas

<b>Línea 2</b>			
<b>Dirección Sendero</b>			
<b>Estación</b>	<b>Inicio de estación</b>	<b>Final de estación</b>	<b>Puertas en servicio</b>
Zona de Maniobras Zaragoza	252+985.829		Ambas
Zaragoza	252+821.088	252+701.088	Derechas
Padre Mier	252+286.030	252+166.030	Derechas
Fundadores	251+599.317	251+479.317	Derechas
Alameda	251+080.297	250+960.297	Derechas
Cuauhtémoc	250+060.000	249+940.000	Izquierdas
General Anaya	248+861.000	248+741.000	Derechas
Regina	247+597.253	247+477.252	Derechas
Niños Héroes	246+540.000	246+420.000	Derechas
Universidad	245+683.000	245+563.000	Derechas
Anáhuac	243+886.193	243+766.193	Derechas

San Nicolás	242+392.551	242+272.551	Derechas
Tapia	241+617.000	241+497.000	Derechas
Sendero	240+531.617	240+405.617	Derechas
Zona de Maniobras Sendero		239+987.202	Ambas

<b>Línea 3</b>			
<b>Dirección Hospital Metropolitano</b>			
<b>Estación</b>	<b>Inicio de estación</b>	<b>Final de estación</b>	<b>Puertas en servicio</b>
Zona de Maniobras Sendero	239+987.202		Ambas
Sendero	240+405.617	240+531.617	Derechas
Tapia	241+497.000	241+617.000	Derechas
San Nicolas	242+272.551	242+392.551	Derechas
Anáhuac	243+766.193	243+886.193	Derechas
Universidad	245+563.000	245+683.000	Derechas
Niños Héroes	246+420.000	246+540.000	Derechas
Regina	247+477.252	247+597.253	Derechas
General Anaya	248+741.000	248+861.000	Derechas
Cuauhtémoc	249+940.000	250+060.000	Izquierdas
Alameda	250+960.297	251+080.297	Derechas
Fundadores	251+479.317	251+599.317	Derechas
Padre Mier	252+166.030	252+286.030	Derechas
Zaragoza	252+701.088	252+821.088	Derechas
Santa Lucía	254+200.995	254+320.995	Derechas
Adolfo Prieto	350+696.074	350+576.074	Derechas
Félix U. Gómez	350+062.145	349+942.145	Derechas
Conchello	349+401.313	349+281.313	Derechas
Violeta	348+159.609	348+039.609	Derechas
Ruiz Cortines	347+632.557	347+512.557	Derechas
Los Angeles	346+925.009	346+805.009	Derechas
Hospital Metropolitano	345+684.079	345+564.079	Derechas
Zona de Maniobras Hosp. Metropolitano		345+225.000	Ambas

<b>Línea 3</b>			
<b>Dirección Sendero</b>			
<b>Estación</b>	<b>Inicio de estación</b>	<b>Final de estación</b>	<b>Puertas en servicio</b>
Zona de Maniobras Hospital Metropolitano	345+225.000		Ambas
Hospital Metropolitano	345+564.079	345+684.079	Derechas
Los Ángeles	346+805.009	346+925.009	Derechas
Ruiz Cortínez	347+512.557	347+632.557	Derechas
Violeta	348+039.609	348+159.609	Derechas



Conchello	349+281.313	349+401.313	Derechas
Félix U. Gómez	349+942.145	350+062.145	Derechas
Adolfo Prieto	350+576.074	350+696.074	Derechas
Santa Lucía	254+320.995	254+200.995	Derechas
Zaragoza	252+821.088	252+701.088	Derechas
Padre Mier	252+286.030	252+166.030	Derechas
Fundadores	251+599.317	251+479.317	Derechas
Alameda	251+080.297	250+960.297	Derechas
Cuauhtémoc	250+060.000	249+940.000	Izquierdas
General Anaya	248+861.000	248+741.000	Derechas
Regina	247+597.253	247+477.252	Derechas
Niños Héroes	246+540.000	246+420.000	Derechas
Universidad	245+683.000	245+563.000	Derechas
Anáhuac	243+886.193	243+766.193	Derechas
San Nicolas	242+392.551	242+272.551	Derechas
Tapia	241+617.000	241+497.000	Derechas
Sendero	240+531.617	240+405.617	Derechas
Zona de Maniobras Sendero		239+987.202	Ambas

La configuración inicial del sistema, en lo relativo a la velocidad, será de acuerdo a las siguientes tablas:

<b>Línea 1</b>					
<b>Dirección Talleres</b>					
<b>Inicio de zona</b>	<b>Final de zona</b>	<b>Inicio de supervisión</b>	<b>Velocidad límite</b>	<b>Longitud de zona supervisada</b>	<b>Acción de supervisión</b>
Línea 1	Dirección Talleres	Línea 1	60	Línea 1	Frenado
Zona de Maniobras Exposición	Exposición	1	20	100	Frenado
Zona de Maniobras Exposición	Exposición	162	40	208	Frenado
Exposición	Lerdo de Tejada	564	40	60	Advertencia
Lerdo de Tejada	Eloy Cavazos	1086	40	60	Advertencia
Lerdo de Tejada	Eloy Cavazos	693	40	136	Advertencia
Lerdo de Tejada	Eloy Cavazos	814	40	379	Frenado
Eloy Cavazos	Y griega	768	40	141	Advertencia
Eloy Cavazos	Y griega	56	40	273	Frenado
Eloy Cavazos	Y griega	909	40	226	Frenado
Eloy Cavazos	Y griega	1297	40	183	Frenado
Y griega	Parque Fundidora	774	40	60	Advertencia
Y griega	Parque Fundidora	15	40	255	Frenado
Parque Fundidora	Félix U. Gómez	739	40	60	Advertencia
Félix U. Gómez	Del Golfo	877	40	60	Advertencia

Del Golfo	Cuauhtémoc	924	40	60	Advertencia
Cuauhtémoc	Central	626	40	60	Advertencia
Central	Edison	816	40	60	Advertencia
Central	Edison	160	40	330	Advertencia
Central	Edison	315	40	698	Frenado
Edison	Hospital	1321	40	60	Advertencia
Edison	Hospital	439	40	131	Advertencia
Edison	Hospital	560	40	710	Frenado
Hospital	Bolívar	642	40	60	Advertencia
Bolívar	Mitras	671	40	60	Advertencia
Mitras	Alfonso Reyes	981	40	60	Advertencia
Mitras	Alfonso Reyes	1	20	149	Advertencia
Mitras	Alfonso Reyes	169	40	241	Frenado
Alfonso Reyes	Penitenciaría	712	40	60	Advertencia
Alfonso Reyes	Penitenciaría	15	50	246	Advertencia
Penitenciaría	Aztlán	980	40	60	Advertencia
Penitenciaría	Aztlán	15	40	318	Frenado
Aztlán	Unidad Modelo	1221	40	60	Advertencia
Aztlán	Unidad Modelo	540	40	100	Advertencia
Aztlán	Unidad Modelo	640	40	268	Frenado
Unidad Modelo	San Bernabé	760	30	30	Advertencia
Unidad Modelo	San Bernabé	790	40	218	Frenado
San Bernabé	Talleres	1	30	315	Frenado
San Bernabé	Talleres	1163	23	375	Frenado
San Bernabé	Talleres	1243	15	90	Frenado
San Bernabé	Talleres	1538	13	83	Frenado
En San Bernabé a Talleres permitirá optar por una ruta secundaria, de acuerdo a:					
San Bernabé	Talleres	1	30	315	Frenado
San Bernabé	Talleres	1123	23	358	Frenado
San Bernabé	Talleres	1481	15	30	Frenado
San Bernabé	Talleres	1531	13	120	Frenado

Línea 1					
Dirección Exposición					
Inicio de zona	Final de zona	Inicio de supervisión	Velocidad límite	Longitud de zona supervisada	Acción de supervisión
Línea 1	Dirección Exposición	Línea 1	60	Línea 1	Frenado
Talleres	San Bernabé	30	10	121	Frenado
Talleres	San Bernabé	151	25	404	Frenado
Talleres	San Bernabé	555	30	1096	Frenado

Zona de Maniobras San Bernabé	San Bernabé	92	40	250	Advertencia
San Bernabé	Unidad Modelo	871	40	60	Advertencia
Unidad Modelo	Aztlán	1221	40	60	Advertencia
Unidad Modelo	Aztlán	338	40	97	Advertencia
Unidad Modelo	Aztlán	435	40	257	Frenado
Aztlán	Penitenciaría	980	40	60	Advertencia
Aztlán	Penitenciaría	545	40	197	Advertencia
Aztlán	Penitenciaría	742	40	375	Frenado
Penitenciaría	Alfonso Reyes	712	40	60	Advertencia
Penitenciaría	Alfonso Reyes	223	50	174	Advertencia
Alfonso Reyes	Mitras	981	40	60	Advertencia
Mitras	Bolívar	671	40	60	Advertencia
Bolívar	Hospital	642	40	60	Advertencia
Hospital	Edison	1261	40	60	Advertencia
Hospital	Edison	15	40	773	Frenado
Edison	Central	816	40	60	Advertencia
Edison	Central	15	40	463	Frenado
Central	Cauhtémoc	626	40	60	Advertencia
Cauhtémoc	Del Golfo	924	40	60	Advertencia
Del Golfo	Félix U. Gómez	877	40	60	Advertencia
Félix U. Gómez	Parque Fundidora	745	40	60	Advertencia
Parque Fundidora	Y griega	774	40	60	Advertencia
Parque Fundidora	Y griega	336	40	187	Advertencia
Parque Fundidora	Y griega	523	40	895	Frenado
Y griega	Eloy Cavazos	310	40	75	Advertencia
Y griega	Eloy Cavazos	110	40	129	Frenado
Y griega	Eloy Cavazos	385	40	255	Frenado
Y griega	Eloy Cavazos	1235	40	240	Frenado
Eloy Cavazos	Lerdo de Tejada	1086	40	60	Advertencia
Eloy Cavazos	Lerdo de Tejada	43	40	248	Frenado
Lerdo de Tejada	Exposición	417	30	60	Advertencia
Lerdo de Tejada	Exposición	477	40	207	Frenado
Exposición	Zona de Maniobras Exposición	5	20	272	Frenado
Exposición	Zona de Maniobras Exposición	277	10	50	Frenado
Exposición	Zona de Maniobras Exposición	327	0	329	Frenado

<b>Línea 2</b>					
<b>Dirección Zaragoza</b>					
<b>Inicio de zona</b>	<b>Final de zona</b>	<b>Inicio de supervisión</b>	<b>Velocidad límite</b>	<b>Longitud de zona supervisada</b>	<b>Acción de supervisión</b>
Línea 2	Dirección Zaragoza	Línea 2	73	Línea 2	Advertencia
Zona de Maniobras Sendero	Sendero	1	30	161	Frenado
Sendero	Tapia	983	40	45	Advertencia
Tapia	San Nicolás	671	40	45	Advertencia
San Nicolás	Anáhuac	1389	40	45	Advertencia
Anáhuac	Universidad	1692	40	60	Advertencia
Universidad	Niños Héroes	748	40	60	Advertencia
Niños Héroes	Regina	956	45	50	Frenado
Regina	General Anaya	1155	40	60	Advertencia
General Anaya	Cuauhtémoc	978	45	155	Frenado
Cuauhtémoc	Alameda	945	40	60	Advertencia
Cuauhtémoc	Alameda	60	45	270	Frenado
Alameda	Fundadores	416	40	60	Advertencia
Fundadores	Padre Mier	587	40	60	Advertencia
Fundadores	Padre Mier	62	40	492	Frenado
Padre Mier	Zaragoza	300	30	60	Advertencia
Padre Mier	Zaragoza	360	40	120	Frenado
Zaragoza	Zona de Maniobras Zaragoza	15	20	118	Frenado
Zaragoza	Zona de Maniobras Zaragoza	118	10	45	Frenado
Zaragoza	Zona de Maniobras Zaragoza	165	0	2	Frenado

<b>Línea 2</b>					
<b>Dirección Sendero</b>					
<b>Inicio de zona</b>	<b>Final de zona</b>	<b>Inicio de supervisión</b>	<b>Velocidad límite</b>	<b>Longitud de zona supervisada</b>	<b>Acción de supervisión</b>
Línea 2	Dirección Sendero	Línea 2	73	Línea 2	Advertencia
Zona de Maniobras Zaragoza	Zaragoza	1	30	162	Frenado
Zaragoza	Padre Mier	430	40	60	Advertencia
Padre Mier	Fundadores	583	40	60	Advertencia
Padre Mier	Fundadores	62	40	748	Frenado

Fundadores	Alameda	413	40	60	Advertencia
Alameda	Cuauhtémoc	709	45	216	Frenado
Cuauhtémoc	General Anaya	1068	45	60	Advertencia
Cuauhtémoc	General Anaya	61	45	238	Frenado
General Anaya	Regina	1165	40	45	Advertencia
Regina	Niños Héroes	948	40	45	Advertencia
Niños Héroes	Universidad	752	40	45	Advertencia
Universidad	Anáhuac	1689	40	60	Advertencia
Anáhuac	San Nicolás	1387	40	60	Advertencia
San Nicolás	Tapia	671	40	60	Advertencia
Tapia	Sendero	855	30	90	Advertencia
Tapia	Sendero	945	40	120	Frenado
Sendero	Zona de Maniobras Sendero	4	20	111	Frenado
Sendero	Zona de Maniobras Sendero	111	10	52	Frenado
Sendero	Zona de Maniobras Sendero	163	0	2	Frenado

Inicio de supervisión es la distancia en metros desde el inicio de zona.

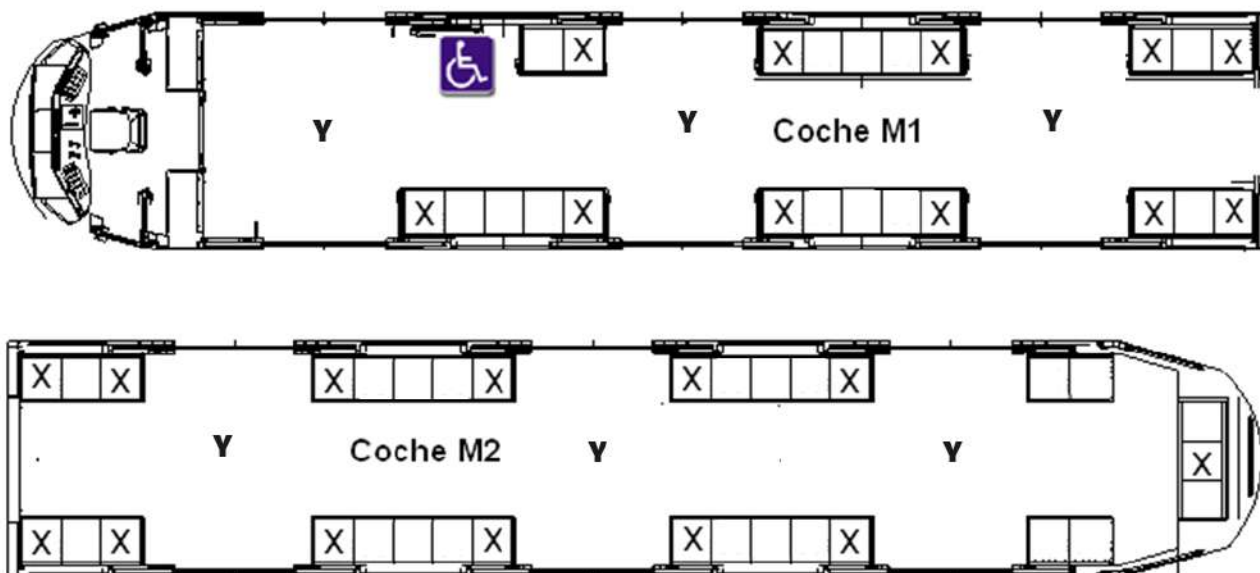
Longitud de zona supervisada es la distancia en metros desde el inicio de supervisión.

En zonas específicas de las instalaciones, la configuración inicial será:

Zona	Velocidad límite	Acción de supervisión
Rampa de enlace Línea 1 a Línea 2	20	Frenado
Peines	7	Frenado
Deposito	10	Frenado
Nave de mantenimiento	5	Frenado
Lavado de trenes	3	Regulación
Vía de pruebas	35	Frenado
Al encender equipo	10	Frenado

Para la función de lavado de trenes, el equipo deberá interactuar con el sistema de tracción para regular la velocidad de tal forma que no rebase los 3 Km/hr, sin que sea necesario el frenado del tren.


### 13.3. ANEXO C: Distribución y colores de asientos en vehículos MM-24



Asientos marcados con "X", color verde Pantone 355-C.

Asientos no marcados, color verde Pantone 7479-C.

Marcas Y corresponden a pasamanos tipo piña.

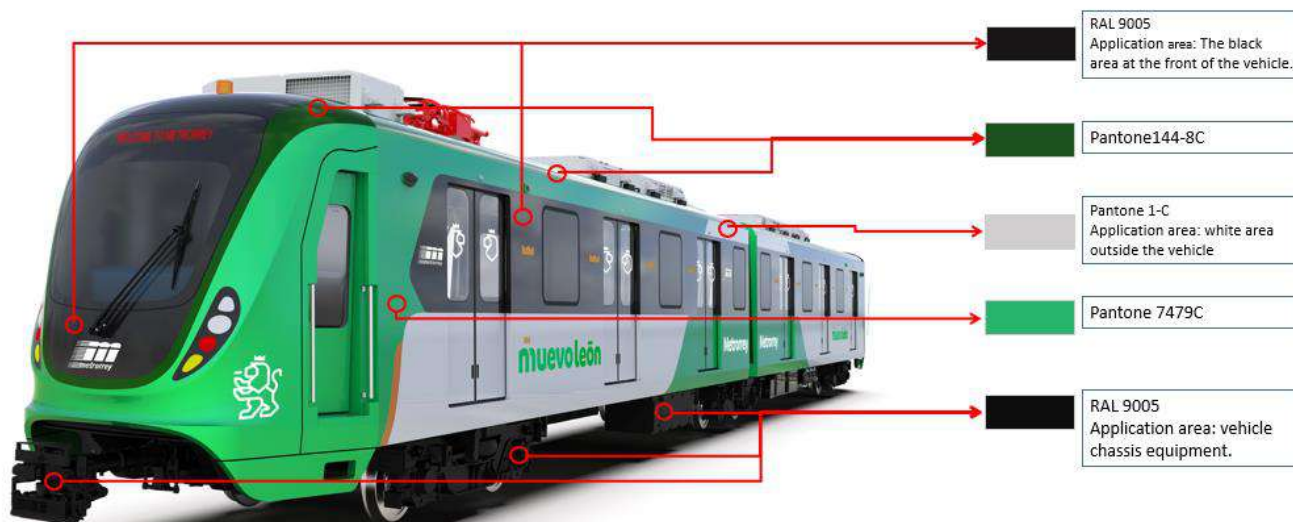
 Área reservada para alojar una silla de ruedas

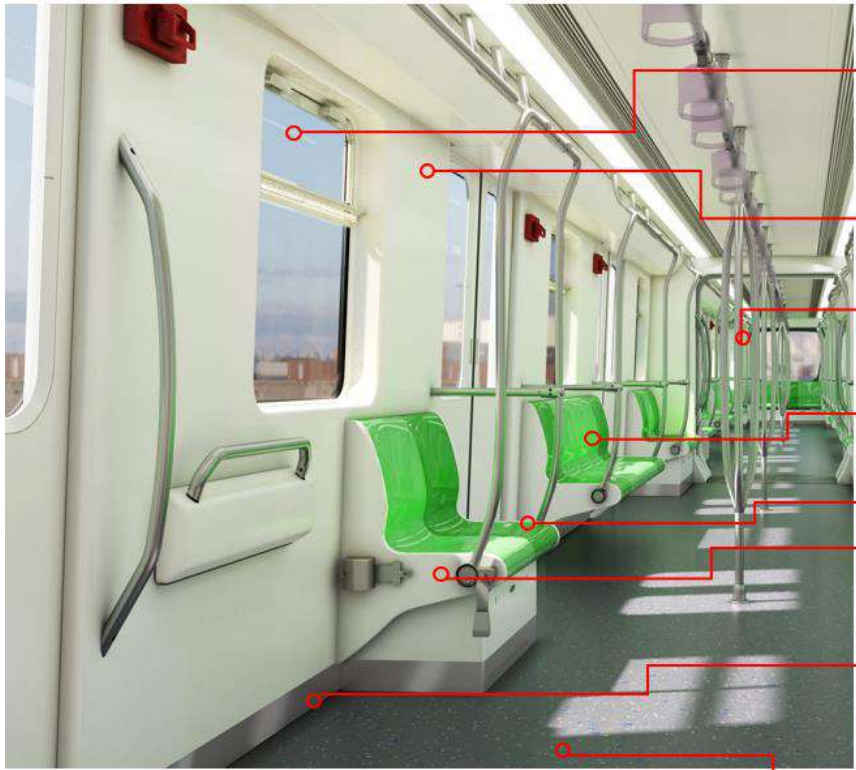


Vista de asientos en el coche M1, MM-24



### 13.4. ANEXO D: Vista general del vehículo





Blue star grey, subject to confirmation sample.  
Application parts: door glass, side wall glass.



RAI 9016  
Main application parts: internal side wall, back wall, side roof, roof



Stainless steel color  
Application parts: handrail



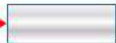
Pantone 7479C  
Application parts: verde seat1



Pantone 355C  
Application parts: verde seat2



RAL7047  
Application parts: gray seat, seat end plate, seat box



Brushed stainless steel  
Application Part: Internal side wall skirt



Floor cloth is subject to confirmation sample  
Application parts: floor coverings for passenger compartment and driver's cab



### 13.5. ANEXO E: Instrumentación mínima incluida en el alcance de suministro

Instalados en Tabique en cabina (M1)

Dispositivo	Función	Posiciones	Descripción
Selector contacto momentáneo	Encender Tren	Apagado, 0, Encendido.	Encendido y apagado del vehículo.
Selector	Aislamiento de pantógrafo	Normal, Aislado	Evitar asenso y/o forzar descenso de pantógrafo.
Selector	Tracción de Emergencia	Apagado, Encendido	Bypass para bloqueo ocasionado por Train Control
Selector	Traspaso AHM	Normal, Traspaso	Bypass de Dispositivo de Hombre Muerto
Selector	Rescate	Apagado, Encendido	Activa función de rescate para remolcar algún tren dañado
Selector	Traspaso señal Freno de Estacionamiento	Normal, Traspaso	Bypass de Señal de Freno de Estacionamiento Aplicado.
Selector	Traspaso señal Frenos de Aire	Normal, Traspaso	Bypass para bloqueo ocasionado por baja presión
Selector	Remolque de Urgencia	Normal, Activado	Libera presión de frenado de servicio
Selector	Traspaso Freno de Estacionamiento	Normal, Traspaso	Liberación de Freno de estacionamiento en caso de falla.
Selector	Traspaso Presión de Equilibrio	Normal, Traspaso	Bypass del freno de urgencia ocasionado por baja presión de Aire
Selector	Compresor Directo	Normal, Directo	Forza arranque de Compresor de aire independientemente del Presostato de control
Selector	Traspaso Puertas Izquierdas	Normal, Traspaso	Bypass de bloqueo de apertura de puertas izquierdas ocasionado por controlador de puertas.  ( Permite apertura de puertas izquierdas en zona restringida)
Selector	Traspaso Puertas Derechas	Normal, Traspaso	Bypass de bloqueo de apertura de puertas derechas ocasionado por controlador de puertas.  ( Permite apertura de puertas izquierdas en zona restringida)
Selector	Traspaso Velocidad Cero	Normal, Traspaso	Permite Apertura de puertas en falla de señal de velocidad.
Selector	Traspaso puertas Cerradas	Normal, Traspaso	Permite tracción con puertas abiertas
Selector	Puenteo de paratren	Normal, Activado	Bypass del Sistema de Paratren Magnético (ATP)
Pulsador	Reiniciar RED	Normal, reinicio.	Reinicia red de comunicación del tren.

Instalados en pupitre de conducción en cabina (M1)

<b>Dispositivo</b>	<b>Función</b>	<b>Posiciones</b>	<b>Descripción</b>
Velocímetro-odómetro	Velocímetro-odómetro		Velocímetro-odómetro con señalización de sobrevelocidad a 73 km/hr.
Manómetro doble	Medición de presión de Frenos Y Principal	Rango de 0 a 12 bars.	Aguja roja indica Presión de Freno y aguja blanca indica Presión de tubería principal
Voltímetro de baterías	Medición de voltaje de batería		Medición de voltaje de batería
Pulsador Rojo Iluminado	Aplicar Freno estacionamiento		Aplica Freno de Estacionamiento iluminándose.
Lámpara Roja	Traspaso Activado		Enciende al estar aplicado algún traspaso.
Lámpara Roja	Falla de freno		Enciende al haber Falla de Freno
Botón de Emergencia	Paro de Emergencia	Normal, Emergencia	Aplica Freno de Emergencia y baja pantógrafo, abre disyuntor.
Pulsador Verde Iluminado	Liberar Freno de Estacionamiento		Al pulsarse libera Freno de Estacionamiento y enciende lámpara.
Lámpara Verde	Frenos de Aire liberados		Enciende al liberarse los frenos de aire.
Lámpara Roja	Frenos de aire aplicados		Enciende al aplicarse los frenos de aire.
Selector de tres posiciones	Seleccionar lavado u acoplamiento	Acoplamiento, 0, Lavado	Activa ilimitaciones de velocidad para acoplamiento (2.5 km/hr) o lavado de tren (2.0km/hr).
Selector de cuatro posiciones	Selector_KP	Ambas, Izquierdas, 0, Derechas	Selecciona que puertas estarán en servicio.
Selector contacto momentáneo con tres posiciones y retorno al centro.	AC Usuarios	Apagado,0, Encendido	Enciende o apaga el Aire Acondicionado del área de usuarios.
Selector	AC Cabina	Apagado, Encendido	Enciende o apaga el Aire Acondicionado de Cabina.
Pulsador Verde Iluminado	Apertura derecha.	Reposo, Apertura	Abrir puertas derechas.
Pulsador Rojo Iluminado	Cierre Derechas	Reposo, Cierre	Cerrar Puertas derechas
Pulsador Rojo Iluminado	Pantógrafo Arriba	Reposo, Arriba	Orden de elevación de pantógrafo. Enciende al estar pantógrafo elevado
Pulsador Verde Iluminado	Pantógrafo Abajo	Reposo, Abajo	Orden de bajada de pantógrafo. Enciende con pantógrafo abajo.
Pulsador Rojo Iluminado	Disyuntor Apagado	Reposo, apagado	Orden de abrir Disyuntor. Enciende con disyuntor abierto.

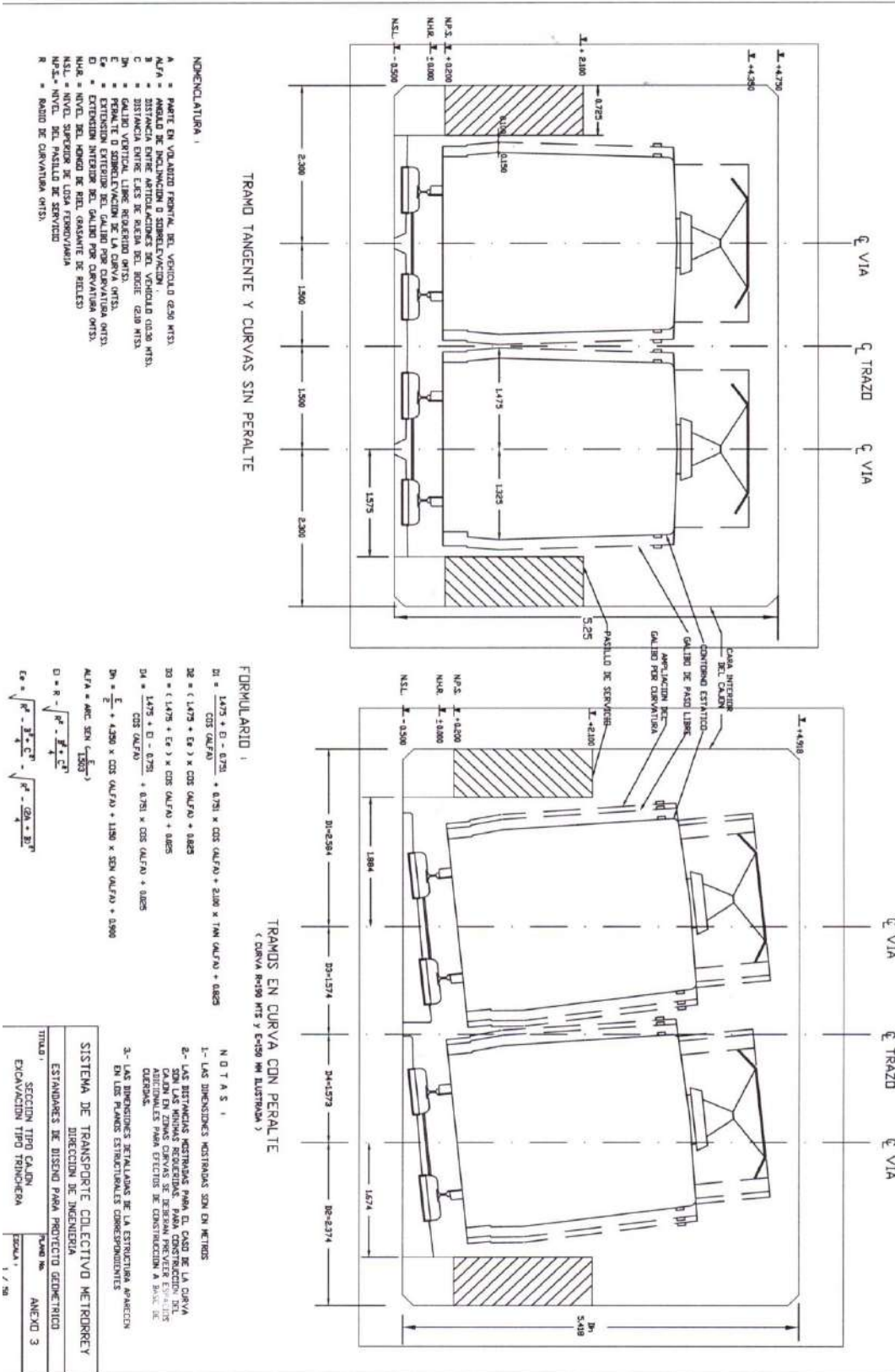
Pulsador Verde Iluminado	Disyuntor Encendido	Reposo, encendido	Orden de cerrar Disyuntor. Enciende con disyuntor cerrado.
Pulsador Verde Iluminado	Apertura Izquierdas.	Reposo, Apertura	Abrir puertas izquierdas.
Pulsador Rojo Iluminado	Cierre Izquierdas	Reposo, Cierre	Cerrar Puertas izquierdas.
Selector	Alumbrado cabina	Apagado, Tenue, Encendido.	Enciende alumbrado de cabina con el nivel seleccionado.
Selector contacto momentáneo con tres posiciones y retorno al centro.	Encendido o apagado de alumbrado de usuarios.	Apagado, 0, Encendido	Enciende o apaga alumbrado de usuarios.
Pulsador Verde Iluminado	Apertura Izquierdas	Reposo, Apertura	Abrir puertas izquierdas.
Pulsador Rojo Iluminado	Cierre Izquierdas	Reposo, Cierre	Cerrar Puertas izquierdas.
Selector 5 posiciones	Control de limpiaparabrisas	Lavado, Intermitente, 0, Baja, Alta	Controla el funcionamiento y velocidad del Limpiaparabrisas.
Unidad operativa de paratren	Control de paratren	Reposición y liberación con contadores	Equipo de control del paratren magnético.
Botón	Desacoplamiento M1		Desacopla mecánicamente M1
Botón	Prueba de lámparas		Enciende momentáneamente lámparas de pupitre
Botón	Aspersor		Enciende bomba de agua de parabrisas.
Selector	Mando de Fanales	Apagado, Baja, Alta	Controla el encendido e intensidad de los fanales principales
Selector	Intermitentes	Apagado, Encendido	Selecciona modo intermitente de fanales ámbar.
Botón	Desempañador		Activa en desempañador de parabrisas por 10 minutos
Botón	Claxon		Al pulsar botón se acciona claxon
Equipo de radiocomunicación	Radio de tren	Comunicación con PCC y otros trenes.	Radio TETRA modelo MDT-400
Control de voceo			Control de voceo usuarios, cabina-cabina.
Micrófono	Voceo a usuarios y cabina-cabina.		Emite voceo a usuarios y cabina-cabina
Manipulador	Llave de servicio	0, 1	Llave para activar equipo de tracción
Manipulador	Selector de marcha	Atrás, 0, Adelante	Selector de sentido de marcha
Manipulador	Palanca ergonómica	Neutro, tracción, mantener, frenado, FU.	Palanca de mando.

Manipulador	Dispositivo Hombre Muerto	Pulsador	Pulsador AHM.
Manipulador	Control Crucero	Pulsador	Activa función de velocidad de crucero
Sistema de información	IHM para operación y mantenimiento		IHM para operación y mantenimiento
Pantalla de señalización	Recibe información del sistema CBTC		Verifica información de señalización del sistema de CBTC
Pantalla CCTV Lado derecho	Monitorear CCTV de tren.		Pantalla para visualizar 4 cámaras simultáneamente con control Touch Screen.
Pantalla CCTV Lado izquierdo	Monitorear CCTV de tren.		Pantalla para visualizar 4 cámaras simultáneamente con control Touch Screen.

Instalados en Consola de Acoplamiento (M2)

Selector	Habilitar Consola	Apagado, Encendido	Enciende consola de acoplamiento
Selector	Sentido de Marcha	Adelante, 0, Atras	Selecciona dirección de marcha
Botón	Desacoplamiento M2		Desacopla mecánicamente M2
Selector	Fanales	Apagado, Encendido	Enciende fanales de M2
Botón	Tracción		Al oprimir botón vehículo tiene tracción y al liberar botón se frena
Botón de Emergencia	Paro de Emergencia	Normal, Emergencia	Aplica Freno de Emergencia y baja pantógrafo, abre disyuntor.
Botón	Claxon		Acciona claxon trasero

### 13.6. ANEXO F: Datos de viaducto



<b>Ubicación de estaciones Línea 1</b>		
Estación	Inicio	Final
Exposición	8+093	8+213
Lerdo de Tejada	8+777	8+897
Palacio Federal	9+993	10+103
Y griega	11+565	11+685
Parque Fundidora	12+459	12+579
Félix U. Gómez	13+309	13+450
Del Golfo	14+315	14+435
Cuauhtémoc	15+356	15+482
Central	16+105	16+225
Edison	17+041	17+161
Hospital	18+422	18+542
Bolívar	19+184	19+304
Mitras	19+975	20+095
Alfonso Reyes	21+076	21+196
Penitenciaría	21+908	22+028
Aztlán	23+008	23+128
Unidad Modelo	24+349	24+469
San Bernabé	25+336	25+462

<b>TABLA DE ALINEAMIENTO VERTICAL LINEA 1 METRORREY</b>				
PVI	CADENAMIENTO	ELEVACIÓN	PENDIENTE (%)	LONGITUD
1	007+740.050	495.070	0.600	809.95
2	008+550.000	499.930	0.500	900.00
3	009+450.000	504.430	1.360	250.00
4	009+700.000	507.830	0.600	450.00
5	010+150.000	510.530	1.750	300.00
6	010+450.000	505.280	0.500	150.00
7	010+600.000	506.030	1.660	350.00
8	010+950.000	511.870	2.300	350.00
9	011+300.000	519.920	0.800	225.00
10	011+525.000	521.720	0.800	465.00
11	011+990.000	518.000	1.800	100.00
12	012+090.000	519.800	1.000	530.00
13	012+620.000	525.100	1.650	330.00
14	012+950.000	530.560	0.500	640.00
15	013+590.000	533.760	0.900	160.00
16	013+750.000	532.320	1.101	425.00
17	014+175.000	537.000	1.700	100.00
18	014+275.000	538.700	0.650	454.00
19	014+729.000	541.651	0.993	321.00
20	015+050.000	544.838	1.600	175.00
21	015+225.000	547.638	0.750	345.00
22	015+570.000	550.226	0.621	505.00
23	016+075.000	553.363	0.750	200.00

24	016+275.000	554.863	0.500	100.00
25	016+375.000	554.363	1.000	525.00
26	016+900.000	559.613	1.447	100.00
27	017+000.000	561.060	1.000	420.00
28	017+420.000	565.260	2.187	253.00
29	017+673.000	570.800	0.800	167.00
30	017+840.000	572.136	0.423	783.48
31	018+623.481	568.821	1.570	200.00
32	018+823.481	565.681	0.134	321.00
33	019+144.481	565.251	0.500	234.00
34	019+378.481	564.081	1.982	166.00
35	019+544.481	560.791	0.655	219.00
36	019+763.481	559.357	1.429	150.00
37	019+913.481	561.501	0.769	571.95
38	020+485.429	557.101	1.518	304.00
39	020+789.429	552.351	0.598	497.00
40	021+286.429	549.431	3.264	174.00
41	021+460.429	555.110	3.479	190.00
42	021+650.429	548.500	0.098	511.00
43	022+161.429	548.000	0.950	337.00
44	022+498.429	544.800	1.053	190.00
45	022+688.429	545.000	2.030	197.00
46	022+885.429	549.000	1.000	366.00
47	023+251.429	552.660	2.042	167.00
48	023+418.429	549.250	1.286	215.22
49	023+633.650	552.017	0.629	264.78
50	023+898.429	550.350	1.204	411.00
51	024+309.429	555.300	0.475	200.00
52	024+509.429	556.250	1.028	389.00
53	024+898.429	556.650	2.870	300.00
54	025+198.429	565.260	1.000	400.00
55	025+598.429	569.260	1.139	352.00
56	025+950.429	565.250	2.652	306.32
57	026+256.751	557.125		

TABLA DE ALINEAMIENTO HORIZONTAL LINEA 1 METRORREY

PI	Posicion	Rc	Le	Lc	Le	Lt	Peralte
1	8+370.983	703.046	48.000	50.424	48.000	146.424	85
2	9+072.638	5003.000		31.468		31.468	
52	9+221.012	10003.000		11.661		11.661	
3	9+348.804	3000.000		34.820		34.820	
4	9+529.410	1503.020	24.000	63.932	24.000	111.932	40
5	9+736.783	400.000	88.478	55.765	88.478	232.721	145
6	10+126.975	703.046	48.000	74.497	48.000	170.497	85
7	11+038.755	500.000	74.487	40.374	74.487	189.348	115

8	11+368.686	550.000	68.938	13.204	68.938	151.080	105
9	11+685.117	253.132	90.000	57.767	90.000	237.767	150
10	12+174.496	1000.000	45.123	50.821	45.123	141.067	60
11	12+657.717	3003.000		24.409		24.409	
12	12+831.529	1500.000	35.984	27.905	35.984	99.873	40
13	130+412.813	3003.000		10.821		10.821	
14	13+286.191	1000.000	45.123	35.370	45.123	125.616	
14a	13+560.197	5000.000		9.625		9.625	
14b	13+600.197	5000.000		9.625		9.625	
15	14+200.564	5003.000		22.690		22.690	
16	14+878.377	5003.000		65.132		65.132	
17	15+391.261	3000.000		127.907		127.907	
18	15+872.996	3003.000		165.213		165.213	
19	16+603.831	253.132	110.592	12.496	90.000	213.088	150
20	16+816.919	250.000	93.775	15.175	111.978	220.928	150
21	17+683.811	700.000	55.380	23.818	55.380	134.578	80
22	17+903.001	250.000	0.000	103.462	93.775	197.237	150
23	18+100.238	1500.000	74.183	25.111	74.183	173.477	40
24	18+273.717	250.000	93.775	76.487	0.000	170.262	150
25	19+855.685	703.046	48.000	41.241	48.000	137.241	85
26	20+101.692	190.000		21.025		21.025	
27	20+136.636	200.000		22.131		22.131	
28	20+272.181	500.000		31.709		31.709	
29	20+336.214	500.000		31.708		31.708	
30	22+030.058	253.132	90.000	41.805	90.000	221.805	150
31	23+756.553	503.068	69.000	39.571	69.000	177.571	115
32	24+229.238	10003.000		30.557		30.557	
33	25+073.614	3003.000		54.599		54.599	
34	25+654.950	250.000	26.383	50.868	26.383	103.634	
35	25+828.966	250.000	26.383	39.518	26.383	92.284	
36	25+968.537	253.116		48.529		48.529	
37	26+196.523	630.000		68.217		68.217	

### Ubicación de estaciones Líneas 2 y 3

Estación	Inicio	Final
Zona de Maniobras Sendero	239+987.202	
Sendero	240+405.617	240+531.617
Tapia	241+497.000	241+617.000
San Nicolás	242+272.551	242+392.551



Anáhuac	243+766.193	243+886.193
Universidad	245+563.000	245+683.000
Niños Héroes	246+420.000	246+540.000
Regina	247+477.252	247+597.253
General Anaya	248+741.000	248+861.000
Cuauhtémoc	249+940.000	250+060.000
Alameda	250+960.297	251+080.297
Fundadores	251+479.317	251+599.317
Padre Mier	252+166.030	252+286.030
Zaragoza	252+701.088	252+821.088
Santa Lucia	254+200.995	254+320.995
<b>Break point</b>	<b>254+300.0002 =350+800.000</b>	
Adolfo Prieto	350+696.074	350+576.074
Felix U Gomez	350+062.145	349+942.145
Conchello	349+401.313	349+281.313
Violeta	348+159.609	348+039.609
Ruiz Cortinez	347+632.557	347+512.557
Los Angeles	346+925.009	346+805.009
Hospital Metropolitano	345+684.079	345+564.079

TABLA DE ALINEAMIENTO VERTICAL LINEAS 2 Y 3 METRORREY

PVI	CADENAMIENTO	Elevación	Pendiente %	Longitud
1	239+987.202	498.108	Zona de maniobras Sendero	
2	240+468.617	498.108	0.000%	481.415
3	240+877.149	498.108	0.000%	408.532
4	241+440.004	503.870	1.024%	562.855
5	241+557.000	503.870	0.000%	116.996
6	241+680.004	503.870	0.000%	123.004
7	241+874.521	505.931	1.060%	194.517
8	242+190.004	510.765	1.532%	315.483
9	242+332.551	510.765	0.000%	142.547
10	242+540.002	510.765	0.000%	207.451
11	243+220.002	513.499	0.402%	680.000
12	243+680.002	521.432	1.725%	460.000
13	243+826.193	521.432	0.000%	146.191
14	243+960.002	521.432	0.000%	133.809
15	244+340.002	526.654	1.374%	380.000
16	244+500.004	528.254	1.000%	160.002
17	244+870.004	529.364	0.300%	370.000
18	245+274.473	525.689	-0.909%	404.469
19	245+500.004	529.369	1.632%	225.531

20	245+623.000	529.369	0.000%	122.996
21	245+780.004	529.369	0.000%	157.004
22	246+370.004	534.725	0.908%	590.000
23	246+480.000	534.725	0.000%	109.996
24	246+615.004	534.725	0.000%	135.004
25	247+199.996	520.085	-2.503%	584.992
26	247+370.031	521.340	0.738%	170.035
27	247+536.742	521.340	0.000%	166.711
28	247+793.031	521.340	0.000%	256.289
29	247+973.031	517.883	-1.921%	180.000
30	248+222.004	525.303	2.980%	248.973
31	248+803.000	527.401	0.361%	580.996
32	249+041.000	527.401	0.000%	238.000
33	249+414.000	530.800	0.911%	373.000
34	249+576.000	530.800	0.000%	162.000
35	249+859.000	527.175	-1.281%	283.000
36	250+000.000	527.175	0.000%	141.000
37	250+320.000	527.175	0.000%	320.000
38	250+465.000	528.625	1.000%	145.000
39	250+615.000	527.349	-0.851%	150.000
40	250+760.000	526.914	-0.300%	145.000
41	250+916.000	528.475	1.001%	156.000
42	251+016.000	528.475	0.000%	100.000
43	251+121.000	528.475	0.000%	105.000
44	251+428.000	524.145	-1.410%	307.000
45	251+539.000	524.145	0.000%	111.000
46	251+678.000	524.145	0.000%	139.000
47	251+895.000	527.800	1.684%	217.000
48	252+097.000	525.000	-1.386%	202.000
49	252+228.000	525.000	0.000%	131.000
50	252+347.000	525.000	0.000%	119.000
51	252+583.000	518.800	-2.627%	236.000
52	252+763.000	518.877	0.043%	180.000
53	252+910.848	518.877	0.000%	147.848
54	253+039.409	518.220	-0.511%	128.561
55	253+419.921	511.565	-1.749%	380.512
56	254+139.936	536.731	3.495%	720.015
57	254+327.187	537.719	0.528%	187.251
	351+335.014	537.719		0.000
58	351+029.786	539.330	-0.528%	-305.228
59	350+868.062	536.111	1.990%	-161.724
60	350+468.078	536.111	0.000%	-399.984

61	350+217.983	541.678	-2.226%	-250.095
62	349+898.135	541.678	0.000%	-319.848
63	349+658.022	539.600	0.865%	-240.113
64	349+088.096	539.600	0.000%	-569.926
65	348+658.050	529.880	2.260%	-430.046
66	348+176.375	529.880	0.000%	-481.675
67	347+880.009	529.880	0.000%	-296.366
68	347+700.004	533.018	-1.743%	-180.005
69	347+399.993	533.005	0.004%	-300.011
70	347+159.962	528.064	2.058%	-240.031
71	346+640.022	528.064	0.000%	-519.940
72	346+232.336	517.747	2.531%	-407.686
73	345+226.945	517.747	0.000%	-1005.391
END	345+226.945	Zona de maniobras Hospital Metropolitano		

TABLA DE ALINEAMIENTO HORIZONTAL LINEAS 2 Y 3 METRORREY

PI	Posicion	Rc	Le	Lc	Le	Lt	Peralte
	239+987.202	Sendero Station Area					
1	240+079.191	2,000.000		111.803		111.803	
2	240+840.343	2,000.000		358.535		358.535	
3	241+234.779	2,000.000		137.232		137.232	
4	241+428.125	2,000.000		129.546		129.546	
5	243+026.245	17,451.500		30.176		30.176	
6	244+715.781	50,000.000		33.456		33.456	
7	245+399.952	23,500.000		29.503		29.503	
8	246+871.971	3,500.000		29.898		29.898	
9	247+160.170	2,000.000		66.177		66.177	
10	247+335.545	2,000.000		66.177		66.177	
11	247+672.740	2,000.000		96.064		96.064	
12	247+849.822	2,000.000		67.681		67.681	
13	248+419.683	510.000	60.000	104.177	60.000	224.177	80
14	249+041.640	2,501.500		86.363		86.363	
15	249+251.706	2,501.500		87.307		87.307	
16	249+819.705	1,001.515	18.279	102.516	18.279	139.074	
17	250+158.303	3,501.500		31.474		31.474	
18	251+368.905	2,501.500		102.588		102.588	
19	251+630.222	1,001.515	18.279	46.455	18.279	83.013	
20	251+919.612	151.595	91.404	155.713	91.404	338.521	150
21	252+287.065	1,001.515	18.279	68.251	18.279	104.809	
22	252+567.145	2,501.500		81.841		81.841	
31aV1	252+947.571	4,500.000		56.350		56.350	

31V1	253+032.935	1,998.500		96.373		96.373		
32V1	253+174.917	2,001.500		75.089		75.089		
33V1	253+331.463	253.745	81.689	104.377	81.689	267.755	150	
33aV1	253+867.199	12,000.000		27.110		27.110		
33bV1	253+732.937	14,572.000		29.144		29.144		
34V1	253+812.844	252.210	71.265	161.481	73.361	306.107	150	
	254+327.187 ====>	351+335.014	Change in numeration reference					
23V1	351+178.901	14,998.250		35.558		35.558		
22V1	350+816.858	30,001.750		33.267		33.267		
21V1	350+488.329	1,998.250		69.802		69.802		
20V1	350+367.462	888.800	26.026	44.090	26.026	96.142	50	
19V1	350+225.806	898.200	26.972	42.779	26.992	96.743	50	
18V1	350+050.269	2,201.800		62.427		62.427		
17bV1	349+929.744	4,000.000		32.811		32.811		
17aV1	349+831.256	4,000.000		35.842		35.842		
17V1	349+688.942	2,502.600	20.000	10.921	19.999	50.92		
16V1	349+598.249	1,997.400	20.000	14.783	20.000	54.783		
15V1	349+480.959	4,997.400		35.245		35.245		
14aV1	349+244.124	29,997.400		29.425		29.425		
14V1	349+075.551	4,002.600		31.103		31.103		
13aV1	348+894.788	24,997.400		28.694		28.694		
13V1	348+798.681	2,502.600	20.021	32.244	20.020	72.285		
12V1	348+678.731	14,997.400		28.746		28.746		
11V1	348+486.655	297.800	71.940	166.400	71.940	310.28	130	
10V1	347+785.075	14,302.600		29.040		29.04		
9V1	347+561.057	1,052.600	22.427	38.593	22.428	83.448		
8V1	347+462.655	1,047.400	22.425	43.048	22.424	87.897		
7V1	347+245.466	2,502.600	22.523	23.613	22.522	68.658		
6V1	347+109.063	3,497.400		55.397		55.397		
5V1	346+703.433	5,997.425		39.066		39.066		
4V1	346+239.474	20,005.200		25.396		25.396		
3V1	345+942.520	2,000.000		57.319		57.319		
2V1	345+840.499	2,002.600	20.026	45.795	20.026	85.847		
1V1	345+470.984	15,002.600		23.116				
END	345+226.945	Hospital Metropolitano Station area						

Rc= Radio de Curvatura  
Le=Longitud de la Espiral  
Lc=Longitud de la Curva Simple  
Lt= Longitud Total = 2Le + Lc

## 13.7. ANEXO G: Sistema de Paratrén Magnético



### Sistema Paratren Magnético



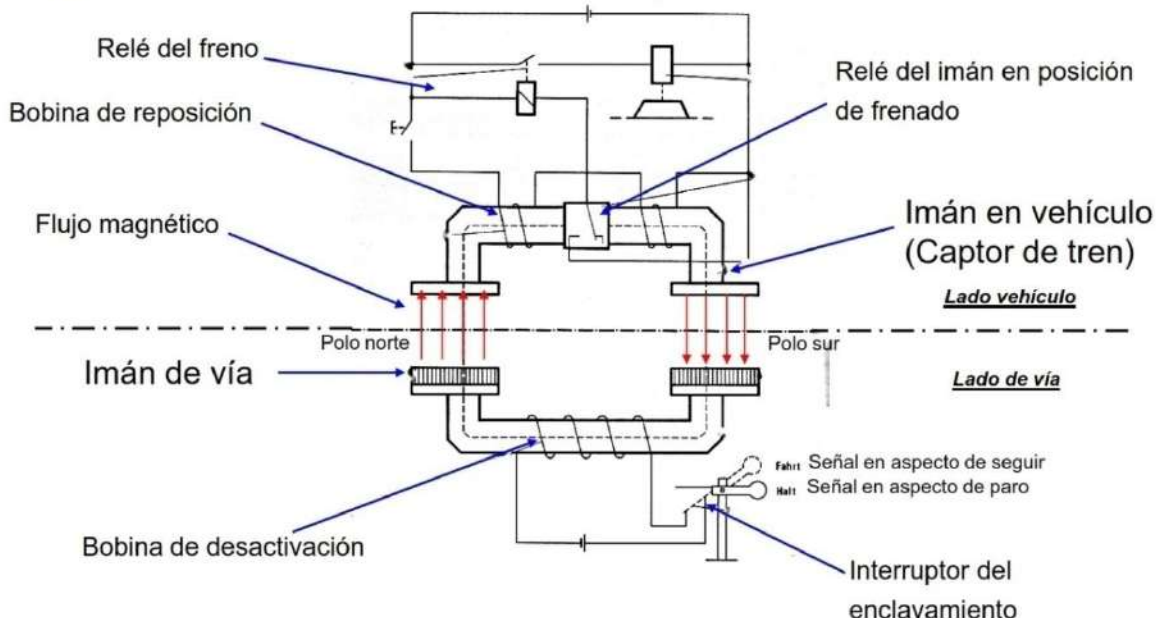
#### Funciones Principales

- El paratrén magnético forma parte de los sistemas de seguridad del metro.
- Detener la marcha del tren en zonas restringidas por el sistema automático de señalización y control del tráfico de trenes
- Registrar eventos y operaciones en un contador
- Permitir el paso de una señal al rojo por intervención manual del conductor
- Permitir el puenteo o bypass del freno de emergencia en trenes acoplados en condición de avería
- Dispositivos instalados abordo, en vías principales y secundarias (Pacios y Talleres)

## Sistema Paratren Magnético

### Componentes principales

### Principio básico

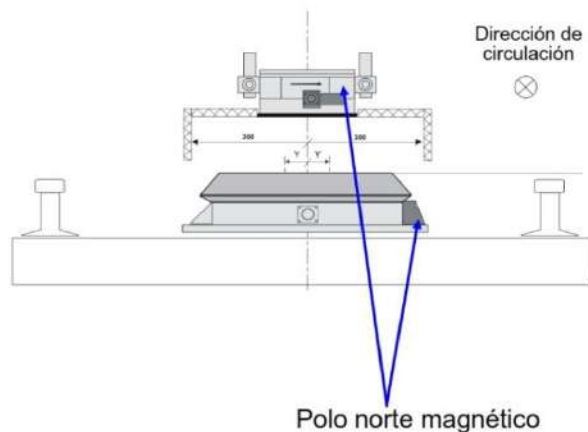


Página 2

## Sistema Paratren Magnético

### Vista de conjunto

- Distancia normal de **120 mm** entre el imán en vehículo y el imán de vía
- Rango permisible entre el imán de vía y el imán en vehículo/tren: de **30 a 130 mm**
- Tolerancia lateral permisible: **+/- 50 mm** entre el imán de vía y el imán del vehículo
- Corriente de retorno de tracción permisible: **11,000 A**



Página 3



## Sistema Paratren Magnético

### Arreglo de equipos en el vehículo







## Sistema Paratren Magnético

### Configuración en vehículos acoplados (Tren de dos vehículos)

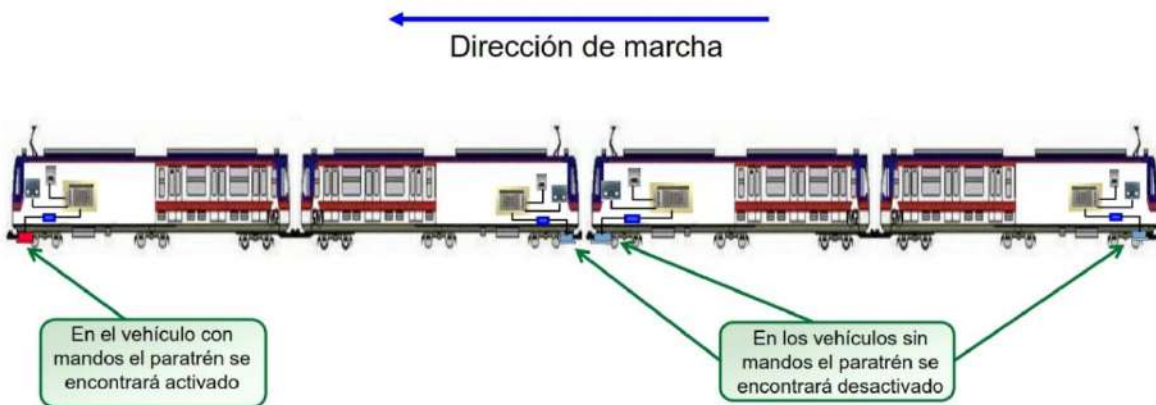


Página 5



## Sistema Paratren Magnético

### Configuración en vehículos acoplados (Tren de cuatro vehículos)



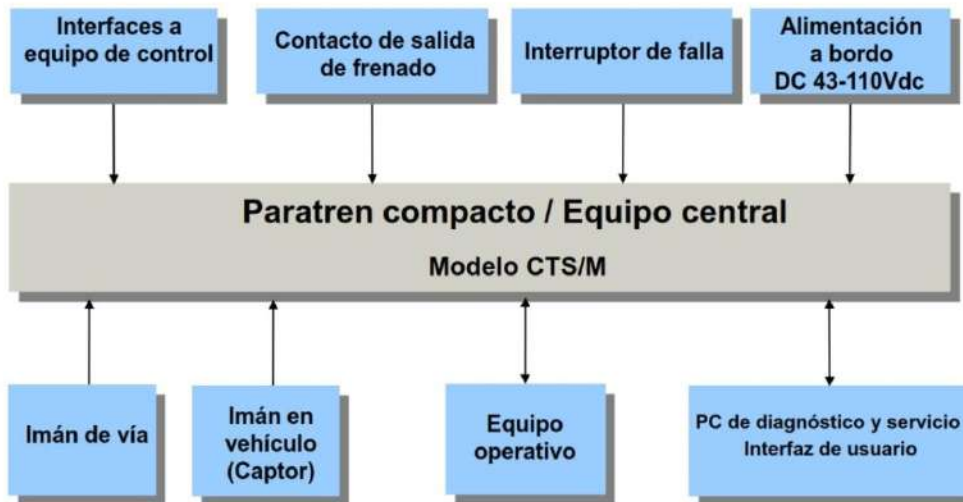
Página 6





# Sistema Paratren Magnético

## Interfaces

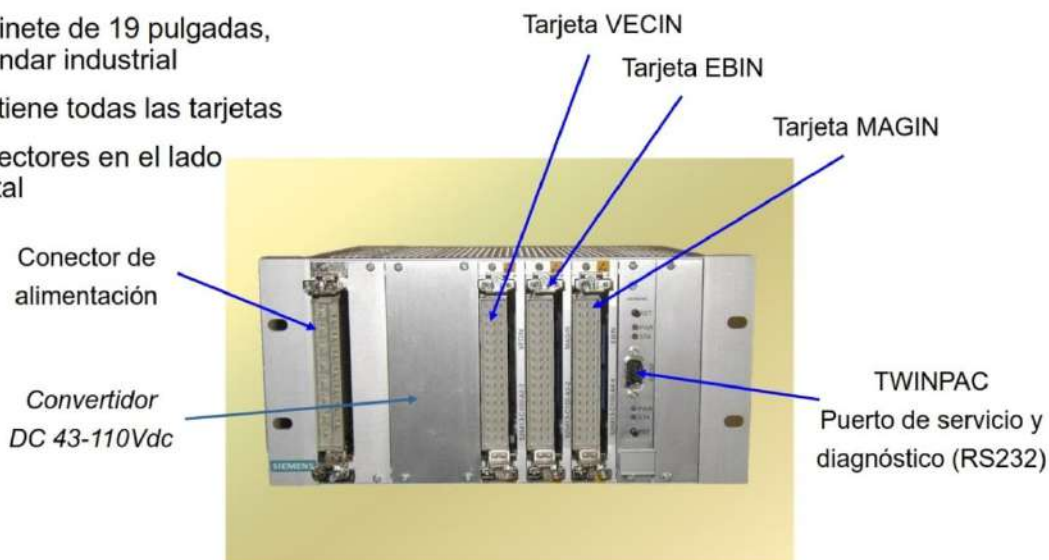




## Sistema Paratren Magnético

### Vista frontal del equipo central a bordo

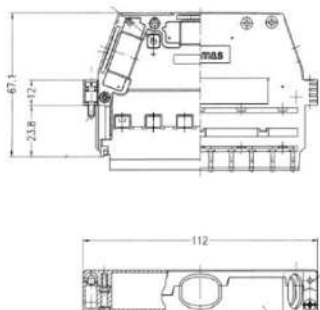
- Gabinete de 19 pulgadas, estándar industrial
- Contiene todas las tarjetas
- Conectores en el lado frontal



## Sistema Paratren Magnético

### Conexiones en el lado frontal

Los siguientes cables se conectan en el equipo central



Cable L1.- V25132-M907-C300

ALIMENTACIÓN

Cable L2.- V25132-M905-C300

Cable EBIN

Cable L3.- V25132-M906-C300

Cable MAGIN

Cable L4.- V25132-M903-C300

Cable VECIN

Nota.- Todos los conectores están codificados en su cara frontal



## Sistema Paratren Magnético

Imán en Vehículo  
Captor de tren

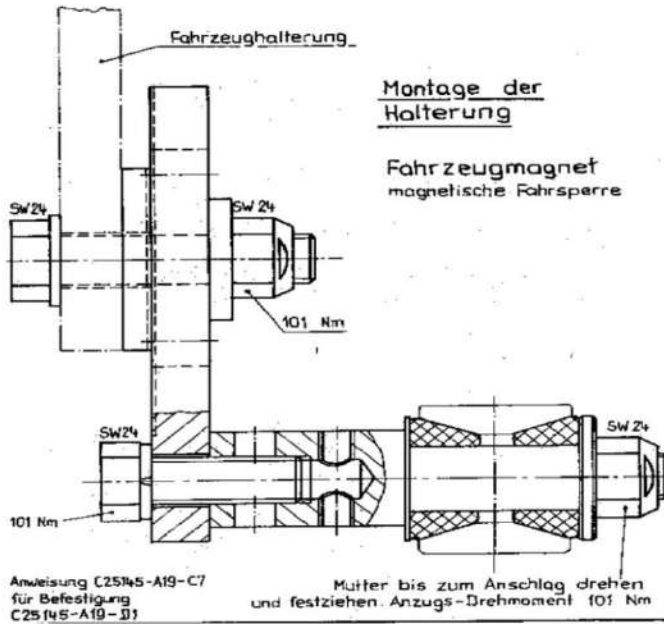


La flecha apunta al polo norte magnético del imán en vía



## Sistema Paratren Magnético

### Sujeción del Captor en vehículo



- Rango de ajuste + - 27mm
- Peso aproximado 3.0 kg

#### NOTAS:

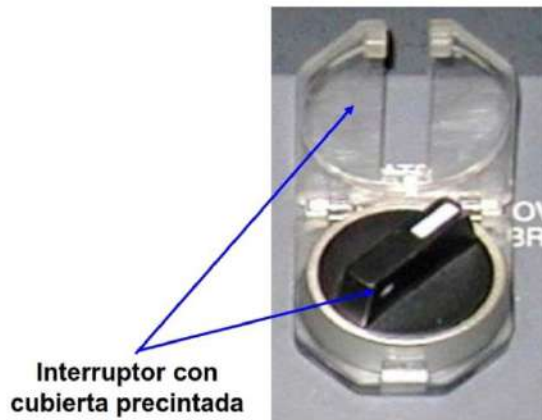
1. Distancia normal sobre el hongo del riel 120 mm
2. Distancia mínima 30 mm sobre el hongo del riel
3. Distancia máxima 130 mm sobre el hongo del riel

Página 11



## Sistema Paratren Magnético

### Interruptor de fallas (en cabina)



La salida del freno del CTS/M está en derivación.

Sólo para uso en caso de que el freno no pueda activarse.

En caso de uso, el indicador de servicio deberá estar desconectado.

Página 12



## Sistema Paratren Magnético Modelo CTS/M

TABLA DE COMPONENTES DEL PARATREN MAGNETICO EN VEHICULOS MM-05						
No	nombre	no. Parte	Tipo de cable	conector	conexión de:	a:
1	Imán de vehículo	S25413-M1-A4	-	-	-	-
2	Cable de Imán de vehículo	V25132-M1050-A50 (L6)	V25132-Z5-A4	V25132-A308-X	Imán de vehículo	caja de conexión
3	Caja de conexión	C25334-A85-A4	-	-	-	-
4	Cable de conexión	V25132-M1050-A50 (L6)	V25132-Z5-A4	V25132-A308-X	caja de conexión	Regleta central de bornes
5	Unidad de operación	S25060-X11-XX	-	-	-	-
6	Cable unidad de operación	V25132-M908-C800 (L5)	V25132-Z5-A43	-	Unidad de operación	Regleta central de bornes
7	Unidad Central CTS/M	S25060-X11-E10	-	-	-	-
8	Alimentación 12 Vcd (S1)	V25132-M907-C300 (L1)	V25132-Z5-A29	-	Alimentación	Regleta central de bornes
9	Módulo VECIN (S4)	S25413-C100-A2	-	-	-	-
10	Módulo VECIN (S4)	V25132-M906-C300 (L4)	V25132-Z5-A45	-	VECIN BG	Regleta central de bornes
11	Módulo EBIN (S2)	S25413-C100-A4	-	-	-	-
12	Módulo EBIN (S2)	V25132-M903-C300 (L2)	V25132-Z5-A31	-	EBIN BG	Regleta central de bornes
13	Módulo MAGIN (S3)	S25413-C100-A3	-	-	-	-
14	Módulo MAGIN (S3)	V25132-M905-C300 (L3)	V25132-Z5-A44	-	MAGIN BG	Regleta central de bornes
15	Módulo TWINPAC BG	S25413-C100-A102	-	-	-	-
16	Interruptor de falla	L25010-A1-T344	-	-	-	-
17	cable interruptor de falla (L11)		V25132-Z5-A29	-	Interruptor de falla	Regleta central de bornes

### 13.8. ANEXO G: Listado de Normas aplicables

El siguiente es un listado enunciativo, mas no limitativo, de las normas a cumplir para la observancia de la presente especificación:

Nº de Norma	Nombre de Norma	Observaciones
BS EN 12299	Railway applications-Ride comfort-for passengers-Measurement and evaluation	2009
DIN 6701	Adhesivo de vehículos ferroviarios y sus partes.	
DIN 6701	Adhesión entre material rodante y accesorios de material rodante	
EN 12663-1	Aplicación Ferroviaria Requisitos estructurales de la carrocería de vehículos ferroviarios Parte 1: locomotora y vehículo de transporte de pasajeros	
EN 12663-2000	Aplicación ferroviaria- Requisitos estructurales de la carrocería de materiales rodantes	
EN 13103	Railway applications--Wheelsets and bogies--Non-powered axles--Design method	2012
EN 13260	Railway applications--Wheelsets and bogies--Wheelsets--Product requirements	2010
EN 13272	Aplicaciones ferroviarias - Iluminación eléctrica para vehículos ferroviarios en sistemas de transporte público.	2012
EN 13452-2	Aplicaciones Ferroviarias-Frenado-Métodos de Prueba	
EN 13749	Railway applications --- Wheelsets and bogies----Method of specifying structural requirements of bogie frames	2016
EN 14363	Railway applications-Testing for the acceptance of running characteristics of railway vehicles-Testing of running behaviour and stationary tests	2005
EN 14531-1	Instalaciones Ferroviarias-Métodos de Cómputo de Distancia de Frenado, Distancia de Desaceleración y Frenado de Posicionamiento-Parte 1: Algoritmo General	
EN 14535-1	Instalaciones Ferroviarias-Discos de Freno de Vehículos Ferroviarios-Parte 1: Requisitos de Dimensiones y Calidad para Discos de Freno Presurizados o Encajados con Calor en Ejes o Ejes de Transmisión	
EN 14752	Aplicaciones ferroviarias-sistema de puertas laterales para vehículos	
EN 15085-1	Aplicación ferroviaria Soldadura de materiales rodantes y sus piezas y componentes Parte 1 Reglas generales	
EN 15085-2	Aplicación ferroviaria Soldadura de materiales rodantes y sus piezas y componentes Parte 2 Requisitos de calidad y certificación del fabricante de soldadura	
EN 15085-3	Aplicación ferroviaria Soldadura de materiales rodantes y sus piezas y componentes Parte 3: Requisitos de diseño	
EN 15085-4	Aplicación ferroviaria Soldadura de materiales rodantes y sus piezas y componentes Parte 4: Requisitos de producción	

EN 15085-5	Aplicación ferroviaria Soldadura de materiales rodantes y sus piezas y componentes Parte 5: Inspección, prueba y documentos	
EN 15227	Aplicaciones ferroviarias - Requisitos de resistencia al choque para carrocerías de vehículos ferroviarios.	2008+A1 : 2011
EN 15273-3	Aplicación Ferroviaria Calibres. Calibres de estructura	2013+2016
EN 15528	Aplicaciones ferroviarias - Tipos de líneas que gestionan interfaces entre los límites de carga del vehículo y la infraestructura	2015
EN 15663	Aplicaciones ferroviarias - Definición de referencia de calidad del vehículo	2017
EN 16286-1	Instalaciones ferroviarias -- Sistema de pasarela entre coches - - Parte 1: Aplicaciones principales	
EN 286-3	Recipientes a Presión Generales no a Prueba de Fuego para Aire o Nitrógeno. Parte 3-Recipientes a Presión de Acero	
EN 286-4	Recipientes a Presión Generales no a Prueba de Fuego para Aire o Nitrógeno. Parte 4-Recipientes a Presión de Aleación de Aluminio	
EN 45545	Clasificación, requisitos y método de prueba de las características de protección contra incendios y los efectos secundarios de protección contra incendios de los materiales y componentes	
EN 45545-1	Instalaciones ferroviarias -- Protección contra incendios para los coches ferroviarios -- Generalidades	
EN 45545-2	Aplicaciones ferroviarias-Protección contra incendios de material rodante-Parte 2: Requisitos para el comportamiento de protección contra incendios de materiales y componentes	2013
EN 45545-2	Aplicaciones ferroviarias, protección contra incendios de vehículos ferroviarios Parte 2: Requisitos de comportamiento frente al fuego para materiales y componentes	
EN 485-2	Aleaciones de aluminio y aluminio - Hoja, Tira y Placa - Parte 2: Propiedades mecánicas.	2016+A1-2018
EN 50121-2	Tránsito ferroviario Compatibilidad electromagnética Parte 2 Emisión desde todo el tránsito ferroviario al exterior	
EN 50121-3-1	Tránsito ferroviario Compatibilidad electromagnética Parte 3-1: Materiales rodantes Tren y coche completo	
EN 50121-3-2	Tránsito ferroviario Compatibilidad electromagnética Parte 3-2: Materiales rodantes Equipos	
EN 50125-1	Aplicaciones ferroviarias-condiciones ambientales de equipos-equipos en material rodante	
EN 50126	Instalaciones ferroviarias Especificaciones y descripciones de confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad (RAMS)	
EN 50128	Aplicaciones ferroviarias: software de sistemas de protección y control ferroviario	
EN 50129	Instalaciones ferroviarias. Sistemas electrónicos relacionados con la seguridad para la transmisión de señales	



EN 50153	Medidas de protección para accidentes eléctricos de material rodante	
EN 50155	Aplicaciones ferroviarias Equipos electrónicos utilizados en vehículos ferroviarios	2017
EN 55011	Equipos industriales, científicos y médicos - Características de perturbaciones de radiofrecuencia - Límites y métodos de medición	CISPR 11:2009mod + A1
EN 573	Aleaciones de aluminio y aluminio - Composición química y forma de productos forjados.	2013
EN 60268-16	Parte 16 de equipo de megafonía: El índice de transmisión de voz define el nivel objetivo de inteligibilidad de voz.	
EN 60950-1	Seguridad eléctrica de equipos de tecnología de la información	
EN 61373	Aplicaciones ferroviarias-Equipo de material rodante-Prueba de vibración y impacto	2010
EN 755-2	Aleaciones de Aluminio y Aluminio - Varilla/Barra Extruida, Tue y Perfiles - Parte 2: Propiedades Mecánicas.	2016
EN 755-9	Aleaciones de Aluminio y Aluminio - Varilla/Barra Extruida, Tue y Perfiles - Parte 9: Perfiles, Tolerancias en Dimensiones y Forma.	2016
EN12663	Aplicaciones ferroviarias - Requisitos estructurales de las carrocerías de vehículos ferroviarios.	2010+A1-2014
GB 18045-2000	Vidrio de seguridad para material rodante	
GB 50490-2009	Código técnico del tránsito ferroviario urbano.	
GB/T 11944	Vidrio aislado	
GB/T 1451-2005	Compuestos plásticos reforzados con fibra. Determinación de las propiedades de impacto charpy.	
GB/T 14975	Tubos sin costura de acero inoxidable para estructuras	
GB/T 21561-2	Características y Pruebas de Pantógrafos de Materiales Rodantes de Tránsito Ferroviario. Parte 2: Pantógrafos de Vehículos de Metro y Trenes ligeros	2018
GB/T 25022-2010	Conector de comunicación (control) eléctrico de extremo de materiales rodantes	
GB/T 25119	Transporte ferroviario Dispositivo electrónico de material rodante	
GB/T 30094	Especificaciones técnicas del conmutador Ethernet industrial	
GB/T 5914.1-2015	Condiciones de observación de la cabina de locomotora	
GB/T 7928	Especificaciones técnicas generales para vehículos de metro.	
GB/T 7928-2003	Condiciones técnicas generales para vehículos ferroviarios urbanos	
IEC 60034-14	Electromotor rotativo Parte 14 Vibraciones mecánicas de los motores de centro del eje de altura de 56mm y superior Medición, evaluación de vibración y valor límite de la intensidad de vibración	
IEC 60068-2-1:2007	Prueba ambiental - Parte 2-1: Prueba A: Frío	EN 60068-2-1:2007



IEC 60068-2-2	Prueba ambiental de productos eléctricos y electrónicos Parte 2: Método de prueba Prueba B: Alta temperatura	GB/T 2423.2
IEC 60068-2-30	Prueba ambiental de productos eléctricos y electrónicos Parte 2: Método de prueba Prueba Db: Humedad y calor alternos (ciclo de 12h + 12h)	GB/T 2423.4
IEC 60068-2-78	Procedimiento de la prueba del ambiente básico para los productos eléctricos y electrónicos Ensayo Cab: calor húmedo, ensayo continuo	
IEC 60077.1:2017	Aplicaciones ferroviarias Equipos eléctricos de materiales rodantes Parte 1: Condiciones generales de uso y reglas generales	
IEC 60077.2:2017	Aplicaciones ferroviarias Equipos eléctricos de materiales rodantes Parte 2: Aparatos eléctricos Reglas generales	
IEC 60077.3:2017	Aplicaciones ferroviarias Equipos eléctricos de materiales rodantes Parte 3: Reglas de disyuntor CC de aparatos eléctricos	
IEC 60310	Aplicaciones ferroviarias Transformador y reactor de tracción de materiales rodantes	
IEC 60322	Aplicaciones ferroviarias. Equipos eléctricos para el material rodante. Reglas para resistencias de potencia de construcción abierta	GB/T 25118, IDT
IEC 60349-2:2010	Máquinas eléctricas rotativas para material rodante ferroviario y vehículos de carretera-Parte 2: Motor de CA alimentado por convertidor electrónico.	
IEC 60512-3-1	Conector para equipo electrónico	2002
IEC 60512-4-1	Conector para equipo electrónico	2002
IEC 60529	Grado de protección de la carcasa (código IP)	GB 4208
IEC 60571	Tránsito ferroviario - Dispositivos electrónicos de materiales rodantes	GB/T 25119
IEC 60747-1	Componentes de semiconductor Parte 1: Generalidades	
IEC 60850	Tránsito ferroviario Voltaje del sistema de alimentación de remolque	GB/T 1402
IEC 61133	Tránsito ferroviario Materiales rodantes Prueba de los materiales rodantes después de su fabricación y antes de su puesta en servicio	
IEC 61287-1	Convertidor de corriente de energía eléctrica en materiales rodantes Parte 1: Características y métodos de prueba	
IEC 61287-1:2014	Convertidor de corriente para materiales rodantes - Parte 1: Características y métodos de prueba	
IEC 61373	Aplicaciones ferroviarias Prueba de impacto y vibración de equipos de materiales rodantes	
IEC 61375-1	Equipos electrónicos de tránsito ferroviario – Red de comunicación de trenes (AN) Parte 1: Estructuras básicas	
IEC 61375-2	Equipos electrónicos ferroviarios – Bus de tren Parte 2: Prueba de conformidad de red de comunicación del tren	
IEC 61375-3-1:2012	Equipos ferroviarios electrónicos - Red de comunicaciones de tren (TCN) -Parte 3-1: Bus del vehículo multifuncional (MVB)	

IEC 61375-3-2	Equipos electrónicos de tránsito ferroviario – Red de comunicación de trenes (AN) Parte 3-2: Prueba de conformidad de MVB (bus de vehículo multifuncional)	
IEC 61375-3-4:2014	Equipos ferroviarios electrónicos - Red de comunicaciones de tren (TCN) -Parte 3-4: Red de Consistencia Ethernet (ECN)	
IEC 61377	Prueba integral del electromotor CA de alimentación del remolque eléctrico - materiales rodantes - inversor y su control	
IEC 61991	Aplicaciones ferroviarias Materiales rodantes Reglamentos de protección de riesgos eléctricos	GB/T 21414
IEC 62498-1	Tránsito ferroviario Condiciones ambientales de equipos Parte 1: Equipos de materiales rodantes	GB/T 32347.1
IEC 62625-1:2013	Equipos Ferroviarios Electrónicos - Sistema de grabación de datos de conducción a bordo - Parte 1: Especificaciones del sistema	
IEC 62625-2:2016	Equipos Ferroviarios Electrónicos - Sistema de grabación de datos de conducción a bordo - Parte 2: Prueba de conformidad	
IEC60085	Clasificación de resistencia al calor de aislamiento eléctrico	
IEC60310	Aplicaciones ferroviarias Transformador y reactor de tracción de materiales rodantes	
IEC60322	Aplicaciones ferroviarias Equipos electrónicos de materiales rodantes Reglas de resistencia de potencia abierta	
IEC60494-2	Características y Pruebas de Pantógrafos de Materiales Rodantes de Tránsito Ferroviario. Parte 2: Pantógrafos de Vehículos de Metro y Trenes ligeros	2013
IEC60571	Aplicaciones ferroviarias Dispositivos electrónicos para materiales rodantes	
IEC60623	Batería de níquel-cadmio cuadrada recargable abierta	2001
IEC61131-3	Controladores programables - Parte 3 Idiomas de programación	
IEC61287-1	Convertidor de corriente para materiales rodantes - Parte 1: Características y métodos de prueba	
IEC61375-1	Electric railway equipment - Train bus - Part 1: Train communication network	
IEC61881-1	Tránsito ferroviario Equipos de materiales rodantes Condensador electrónico de energía eléctrica Parte 1: Condensador de papel / membrana de plástico	
ISO 2768	Tolerancias geométricas de componentes sin indicación de tolerancia independiente.	
ISO 2768-1	Tolerancia general	GB/T 1804, eqv
ISO 281	Rolling bearings--Dynamic load ratings and rating life	2007
ISO 3381	Medición del ruido en el interior de material rodante	
ISO 4014	Perno hexagonal Registro de producto de Grado A y B	
ISO 7040	Tuerca de seguridad hexagonal con insertos no metálicos tipo I	2012
ISO 8434	Transmisión Hidráulica y Conexión de Tubos Metálicos Generales	
ISO 898-1	Rendimientos mecánicos de las piezas de sujeción	

ISO 9227-1990	Pruebas de corrosión en atmósferas artificiales; pruebas de niebla salina	
ISO 9227-2017	Ensayo de corrosión en ambiente artificial, ensayo de niebla salina	
ISO10140-2	Medición de laboratorio del aislamiento acústico de componentes de construcción. Parte 2: Medición del aislamiento acústico a ruido aéreo	
UIC 510	Trailing stock: wheels and wheelsets. Conditions concerning the use of wheels of various diameters	2004
UIC 533	Protección de puesta a tierra de piezas metálicas de vehículos	
UIC 565-3	Descripción de la disposición del vehículo de pasajeros adecuado para pasajeros discapacitados en sillas de ruedas	2003
UIC 565-3	Indicaciones para el diseño de espacios adecuados para transportar pasajeros discapacitados en sus sillas de ruedas.	
UIC 651	Diseño de la cabina del conductor en locomotoras, vagones, trenes de unidades múltiples y remolques de conducción	
UIC 651	Disposición de la cabina de conducción de locomotora, coche motriz, unidades múltiples y coche de pasajeros con cabina de conducción	2002
UIC 810-1V	Technical specification for the supply of rough rolled non-alloy steel tires for tractive and trailing stock	
UIC615-4	Motrice power units-Bogies and running gear-Bogie frame structure strength tests	2003

---

Ing. Salvador Ledezma Martínez

Gerente de Material Rodante del STC. Metrorrey