



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGON**

**“MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA TRACCION-  
FRENADO PARA TRENES MP-82 DEL SISTEMA DE  
TRANSPORTE COLECTIVO (METRO)”**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO MECANICO-ELECTRICO**

**P R E S E N T A:**

**ALEJANDRO GARCIA LOZANO**

**DIRECTOR DE TESIS:  
ING. ADRIAN PAREDES ROMERO**



**FES Aragón**

**MEXICO D.F.**

**2010**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



# Índice

---



**TEMA**

**INTRODUCCIÓN**

**OBJETIVO**

**OBJETIVOS PARTICULARES**

**JUSTIFICACIÓN**

**CAPITULO 1. GENERALIDADES DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO (METRO) DE LA CUIDAD DE MEXICO**

**1.1 Desarrollo del metro en la ciudad de México**

- 1.1.1 Primera Etapa**
- 1.1.2 Segunda Etapa**
- 1.1.3 Tercera Etapa**
- 1.1.4 Cuarta Etapa**
- 1.1.5 Quinta Etapa**
- 1.1.6 Sexta Etapa**

**1.2 Red General del Metro**

**1.3 Parque Vehicular de trenes del sistema de Transporte Colectivo Metro**

**1.4 Construcción de un tren para el sistema de Transporte Colectivo Metro**

- 1.4.1 Proceso de Construcción**
- 1.4.2 Pruebas de funcionamiento**

**1.5 Tren MP 82**

**CAPITULO 2. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS TRENES MP 82**

**2.1 Especificaciones Técnicas y funcionales del sistema tracción-frenado para trenes modelo MP82**

- 2.1.1 Material Rodante**
  - 2.1.2 Cabina de Conducción**
  - 2.1.3 Elementos em pupitre**
  - 2.1.4 Estructuras y revestimientos exteriores**
  - 2.1.5 Revestimientos de Interiores**
  - 2.1.6 Aislamiento**
  - 2.1.7 Piso**
  - 2.1.8 Ventanas**
  - 2.1.9 Asientos**
  - 2.1.10 Características comunes para todas las puertas**
  - 2.1.11 Puertas deslizantes de costado com dos hojas conjugadas**
-



## ÍNDICE

---

- 2.1.12 Puerta pivotante de intercirculación (cabina)
    - 2.1.12.1 Puertas deslizantes de cabina
  - 2.1.13 Barras de apoyo
  - 2.1.14 Exterior de las cajas
  - 2.1.15 Condiciones Atmosféricas
  - 2.1.16 Tensión de Alimentación
  - 2.2 Descripción detallada de los carros del material rodante MP-82
    - 2.2.1 Bogíes
    - 2.2.2 Ejes
      - 2.2.2.1 Eje Motor
    - 2.2.3 Diferencial
    - 2.2.4 Rueda portadora con neumático
      - 2.2.4.1 Rueda de seguridad
    - 2.2.5 Motor
    - 2.2.6 Soportes Elásticos de fijación al bastidor del bogie
    - 2.2.7 Eje portador
    - 2.2.8 Bastidor del bogie
    - 2.2.9 Pivote
    - 2.2.10 Suspensión secundaria y dispositivo de estabilización transversal
    - 2.2.11 Guiado
  - 2.3 Descripción de los órganos de freno sobre Bogie
    - 2.3.1 Zapatas
    - 2.3.2. Piezas de Timonería
    - 2.3.3 Articulaciones
    - 2.3.4 Regulador de la timonería
    - 2.3.5 Cilindro de freno
    - 2.3.6 Freno de inmovilización
      - 2.3.6.1 Datos de funcionamiento del freno de inmovilización
      - 2.3.6.2 Descripción de los órganos del freno de inmovilización
    - 2.3.7 Travesaños
    - 2.3.8 Conexión a Tierra
    - 2.3.9 Piezas de seguridad de Acero Fundido
  - 2.4 Alumbrado y Luces
    - 2.4.1 Alumbrado Normal de los coches
    - 2.4.2 Alumbrado de Emergencia
    - 2.4.3 Alumbrado de la cabina de conducción y de los aparatos de control
    - 2.4.4 Alumbrado del número de tren y del indicador de destino
  - 2.5 Luces de Identificación
    - 2.5.1 Luces de protección de los trenes
  - 2.6 Ventilación
  - 2.7 Equipo Neumático
  - 2.8 Alimentación del motor
  - 2.9 Sistema de alimentación
-



## ÍNDICE

---

- 2.10 Acopladores eléctricos
- 2.11 Interferencias Electromagnéticas
- 2.12 Control de chopper
- 2.13 Frenado de emergencia y Frenado de servicio
- 2.14 Control de Frenado mecánico
- 2.15 Inversor de dirección, conmutador Tracción-Frenado y debilitamiento (puenteo) del campo
  - 2.15.1 Inversor de Dirección
  - 2.15.2 Conmutador Tracción/frenado
  - 2.15.3 Debilitamiento de campo (puenteo)
  - 2.15.4 Chopper
    - 2.15.4.1 Chopper de Frenado
    - 2.15.4.2 Chopper de Armadura
  - 2.15.5 Disyuntor

### **CAPITULO 3. Modernización del sistema de Tracción Frenado en Trenes MP 82**

- 3.1 Trabajos de Modernización
  - 3.2 Características
    - 3.2.1 Dimensiones del Tren
    - 3.2.2 Pesos del Tren
    - 3.2.3 Características generales de los bogíes
  - 3.3 Tracción-Frenado
  - 3.4 Función de Antipatinaje-Antideslizamiento
  - 3.5 Características generales de los nuevos equipos del sistema de tracción-frenado
    - 3.5.1 Sistema de enfriamiento
    - 3.5.2 Resistencia de freno
    - 3.5.3 Disyuntor Ultrarrápido
    - 3.5.4 Relevadores
  - 3.6 Cableado, Protecciones e Identificación de los Equipos
    - 3.6.1 Protecciones y Seguridades
    - 3.6.2 Sistemas de control y señalización
    - 3.6.3 Equipo portátil para la extracción y análisis de datos.
  - 3.7 Frenado Neumático de los carros remolques
  - 3.8 Rehabilitación de Equipos
    - 3.8.1 Rehabilitación del conmutador escobillas trole “KFP”
    - 3.8.2 Rehabilitación del manipulador y del generador de mando continuo
    - 3.8.3 Rehabilitación de la electroválvula moderable de desfrenado inverso (EMDI)
    - 3.8.4 Rehabilitación del motor de tracción de corriente directa
  - 3.9 Componentes del sistema de Tracción agrupados
  - 3.10 Alcance de suministro y reutilización de componentes AT (alta tensión)
-



## ÍNDICE

---

- 3.11 Especificaciones Técnicas**
  - 3.11.1 Aisladores**
  - 3.11.2 Filtro de salida del chopper**
  - 3.11.3 Inductancia del chopper (Inductancia de aislamiento de chopper L1 y L2)**
  - 3.11.3 Inductor de Filtro de línea**
  - 3.11.4 Especificación técnica del rack modulo de control de tracción (MDC)**
  - 3.11.5 Características Técnicas (Datos obtenidos del fabricante)**
- 3.12 Normas aplicables**
  - 3.12.1 Clase de sobre voltaje OV2 conforme a la norma EN 50124**
- 3.13 Grados de protección según norma IEC 529 Códigos IP**
  - 3.13.1 Significado y explicación de los códigos IP**
- 3.14 Cálculos**
  - 3.14.1 Diámetro de la rueda neumática**
  - 3.14.2 Cálculo de la máxima adhesión de la aceleración**
  - 3.14.3 Cálculo de la potencia máxima momentánea del motor (hasta 4440 kw)**
  - 3.14.4 Cálculo de la potencia máxima del motor**
  - 3.14.5 Cálculo de las no afectaciones al diferencial y/o a la estructura del bogie MP 82**
  - 3.14.6 Método para calcular el valor de la resistencia del tren al avance**
  - 3.14.7 Desempeño del sistema del tren vacio con tren remolcado en una pendiente 6.5%**

## **CAPITULO 4. Optimización de las nuevas Tecnologías a trenes MP-82 y Pruebas de Arranque**

- 4.1 Optimización de las nuevas tecnologías a trenes MP 82**
    - 4.1.1 Descripción General de la modernización del Sistema de Tracción Frenado**
    - 4.1.2 Funciones desarrolladas por el Sistema Tracción Frenado ya modernizado**
    - 4.1.3 Descripción de los componentes del sistema**
  - 4.2 Supervisión y pruebas**
  - 4.3 Fases de la supervisión**
    - 4.3.1 Supervisión en la recepción de materiales y componentes**
    - 4.3.2 Supervisión de Herramientas para el proceso de ensamble**
  - 4.4 Pruebas**
    - 4.4.1 Protocolos de pruebas estáticas de operación en taller para Entrega/recepción del tren MP82**
    - 4.4.2 Pruebas de los circuitos y Aparatos Eléctricos**
    - 4.4.3 Pruebas de “Tipo”**
    - 4.4.4 Protocolo de pruebas de rutinas estáticas (sistema TCR) en México a nivel vehículo y tren**
-



## ÍNDICE

---

### **4.4.5 Prueba del paso y continuidad para los cables de baja tensión**

#### **4.5 Mantenibilidad**

##### **4.5.1 Criterios de Mantenibilidad**

#### **4.6 Servicios de mantenimiento al sistema tracción-frenado**

##### **4.6.1 Mantenimiento Preventivo**

##### **4.6.2 Mantenimiento Correctivo**

### **CONCLUSIONES**

### **GLOSARIO**

### **BIBLIOGRAFIA**

---



---

# Introducción

---



---

Los trenes del material rodante MP-82, entraron en servicio en el año de 1983, teniendo a la fecha un promedio de 23 años en operación, con un recorrido acumulado promedio de aproximadamente 2.5 millones de kilómetros por tren.

Estos trenes fueron equipados con un sistema de tracción-frenado del tipo chopper, con motores de corriente directa, desde su puesta en operación, este sistema presentó un bajo nivel de fiabilidad (4,000 km/ falla promedio mensual de averías presentadas), lo cual se ha venido reflejando negativamente en el costo del mantenimiento y consumo de energía, así como en la disponibilidad del material rodante.

La tecnología empleada en el diseño y fabricación de estos equipos, se caracteriza por utilizar en su lógica de control, una electrónica discreta del tipo analógico y en su electrónica de potencia tiristores y diodos conectados en serie, agrupados en un arreglo del tipo trifásico. Este sistema alimenta y controla cuatro motores de corriente directa por carro motriz.

Debido a los niveles bajos de fiabilidad, fue necesario realizar un proyecto de fiabilización del sistema de tracción-frenado previo a la asignación de los trenes a la línea 8 durante los años de 1993 y 1994, ya que el 35% de las averías presentadas en estos, estaban relacionadas con el funcionamiento del equipo de tracción-frenado. Después de concluir con estos trabajos, en julio de 1994, estos trenes fueron asignados a la recién inaugurada línea 8, observándose solo en los primeros años una mejora de la fiabilidad del sistema de tracción-frenado, ya que posteriormente bajó el nivel, manteniéndose en esta situación hasta la fecha.

Actualmente se han realizado algunas actividades adicionales para mantener en condiciones de operación este sistema logrando solo resultados parciales debido al alto grado de degradación de algunos componentes (inductancias, cableado de alta tensión, capacitores de potencia, disyuntores, etc.) Así como debido también a la obsolescencia tecnológica y baja fiabilidad de muchos de los componentes de control y potencia del sistema (Tiristores, Transductores, Tarjetas y Circuitos Electrónicos Etc.).

Lo que pretende el siguiente trabajo es describir la alternativa definitiva de solución ante esta problemática por medio de la modernización integral del sistema de tracción-frenado.

---



---

## JUSTIFICACION

Actualmente la modernización del material rodante puede mejorar el diseño y las prestaciones de los trenes, incrementando sus resultados y contribuyendo a mejorar el transporte en la ciudad.

La modernización del sistema tracción-frenado para trenes MP82 cuenta con la más alta tecnología considerando entre ellas el ahorro de energía, ventilación especial, indicadores para el sistema tracción-frenado, mando de apertura inteligente de cilindros de frenado, cierre de puertas eléctricas, pilotaje automático y radiotelefonía.

Teniendo como respuesta una menor inversión, reduciendo el tiempo de espera para la entrega de los trenes modernizados y menor interrupción en las operaciones.

Por esta razón es de importancia su descripción y darnos una idea de cómo obtener ante un sistema tan complejo una solución rentable, fiable y adaptable.

---



---

---

## **OBJETIVO**

Describir las acciones que se realizan para la modernización del Sistema Tracción-Frenado en trenes MP-82 del Sistema de Transporte Colectivo Metro

## **OBJETIVOS PARTICULARES**

- Describir la Modernización del sistema Tracción Frenado en trenes MP-82 del sistema de Transporte Colectivo que trata de el reemplazo de Bogies de tracción mecánico por unidades de boguie neumático inteligente con tracción de corriente directa.
  - Se analizaran los beneficios del cambio mecánico a neumático inteligente del sistema de tracción-frenado de los trenes MP-82 del Sistema de Transporte Colectivo Metro en cuanto al ahorro de energía.
  - Se describirán los resultados de las pruebas realizadas a los trenes MP-82 del Sistema de Transporte Colectivo Metro con el nuevo sistema de tracción-frenado.
- 
-



---

# Resumen

---



El presente proyecto describe la modernización del sistema de tracción-frenado del lote de 25 trenes de la línea 8 mediante la sustitución del sistema actual por un nuevo sistema con equipos de control a base de microprocesadores y la potencia a base de IGBT's que cuentan con tecnología de punta.

Así como la rehabilitación de los equipos que considero el Sistema de Transporte Colectivo STC en conjunto con la empresa ALSTOM el reutilizarlos para lograr este tipo de modernizaciones.

Los equipos que se rehabilitaron consisten básicamente de:

- Generador de mando continuo
- KFP
- EMDI
- Motor de tracción de CD

Por otro lado se describe el mantenimiento preventivo y el mantenimiento correctivo de los equipos nuevos y de los rehabilitados que proporcionaron altos niveles de calidad los cuales involucran:

- Niveles de fiabilidad del sistema de tracción-frenado iguales o mayores a 45000 Km/avería (cuarenta y cinco mil kilómetros entre avería)
- Niveles de disponibilidad del sistema de tracción-frenado iguales o mayores a 99.17% (noventa y nueve punto diecisiete por ciento)
- Niveles de ahorro de energía eléctrica iguales o mayores a 35% (treinta y cinco por ciento) mediante la regeneración de la misma durante las acciones de frenado de los trenes modernizados.



# **Generalidades del Sistema de Transporte Colectivo (Metro) en la Ciudad de México**

---



## **Desarrollo del metro en la Ciudad de México**

Durante la década de los años cincuenta y en particular durante la fase del “crecimiento con estabilidad” de la economía de nuestro país, los automóviles particulares se multiplicaron de tal manera que comenzaron a saturar la desarticulada vialidad de la ciudad.

Por lo que en la época del año 1952 y 1958 fueron creados 29 organismos y empresas estatales entre ellas las empresas Ferrocarril Chihuahua-Pacífico y Eléctrica de Oaxaca.

En el Distrito Federal en el año de 1955 la empresa descentralizada Servicios de Transportes Eléctricos del DF sumo a los tranvías ya existentes (trolebuses) 154 vagones. Pero lo que parecía un cambio en el transporte eléctrico solo fue un pequeño impulso sin mayores consecuencias y no el inicio de un proceso de razón en el uso de los recursos y de la atención prioritaria.

Los transportes del Estado de México así como los del Distrito Federal, fueron insuficientes para cubrir la demanda creada por la conurbación situada, que fue aprovechada por los taxis colectivos para expandir su servicio.

El ingeniero Bernardo Quintana Arrijoa (1919-1984), fundador de la empresa mexicana Ingenieros Civiles y Asociados, SA de CV, hoy Empresas ICA y SAB de CV, elaboró estudios que permitieron la creación de un anteproyecto, y posteriormente un proyecto, para la construcción de un sistema de transporte masivo en la Ciudad de México.

La propuesta del proyecto se presentó en 1958 a Ernesto P. Uruchurtu, Regente de la Ciudad de México de 1952 a 1966, quien la rechazó al considerarla económicamente costosa.

Además, el 28 de julio de 1957, un sismo de 7 grados en la escala Richter dañó diversos edificios del centro de la ciudad, hecho que provocó la desconfianza entre las autoridades para construir proyectos de grandes dimensiones como el presentado por Quintana.

El ingeniero Bernardo Quintana presentó nuevamente su proyecto de transporte en el sexenio de Gustavo Díaz Ordaz, Presidente de México de 1964 a 1970. De nueva cuenta el obstáculo resultó el costo elevado de la obra.

Dado que al presidente Gustavo Díaz Ordaz, le atraía el proyecto, decidió aprovechar el acercamiento del presidente francés Charles de Gaulle hacia Latinoamérica para darle vialidad a esta propuesta. Alex Berger, empresario francés, entonces esposo de la actriz María Félix y amigo del ingeniero Quintana, fungió como mediador entre los gobiernos francés y mexicano para la obtención del crédito y así poder llevar a cabo esta magna obra.

Como resultado de la negociación, el gobierno mexicano se comprometió a cubrir el costo de la obra civil, estudios de geotecnia, diseño de estaciones, entre otros, y el gobierno francés la obra electromecánica.



El 29 de abril de 1967 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el decreto presidencial que crea el Sistema de Transporte Colectivo, organismo público descentralizado, en el cual indica la construcción, operación y utilización de un tren rápido subterráneo como parte del transporte público del Distrito Federal.

El 17 de Junio de 1967 el Gobierno de la Ciudad de México decidió empezar la construcción de la primera línea. En la primera etapa se construyeron tres líneas que cubrían las direcciones este-oeste, norte- sur y del noroeste hacia el centro de la capital. Después de dos años la primera línea del metro fue abierta el 4 de septiembre de 1969. La gente realmente estaba fascinada con esta nueva forma de transporte: rápido, limpio y seguro.

En 1977 se tenía planeado llevar a cabo un proyecto 315 kilómetros que podría ser terminado hacia el año 2015, pero algunas rutas tuvieron que cambiar su alineación, debido a las condiciones geológicas de la ciudad. Necesitamos recordar que la ciudad de México fue construida sobre un lago y ese subsuelo lacustre hace difícil la construcción de un subterráneo.

### **1.1.2 Primera Etapa**

La construcción de la primera etapa del Metro estuvo bajo la coordinación del arquitecto Angel Borja.

Se integraron equipos de trabajo multidisciplinarios, en los que participaron ingenieros geólogos, de mecánica de suelos, civiles, químicos, hidráulicos, mecánicos, electricistas, en electrónica, arqueólogos, biólogos, arquitectos, especialistas en ventilación, en estadística, en computación, en tráfico y tránsito, contadores, abogados, obreros, especializados y peones.

Durante la construcción participaron entre mil 200 y 4 mil especialistas, lo anterior permitió terminar en promedio un kilómetro de la obra por mes, un ritmo de construcción que no ha sido igualado en ninguna parte del mundo.

Esta primera etapa consta de tres líneas: la línea 1 que corre de poniente a oriente, desde Zaragoza hasta Chapultepec; la línea 2 de Tacuba a Taxqueña y la 3 de Tlatelolco al Hospital General. La longitud total de esta primera red fue de 42.4 kilómetros, con 48 estaciones para el ascenso, descenso y transbordo de los usuarios.

### **1.1.3 Segunda Etapa**

Esta etapa inicia con la creación de la Comisión Técnica Ejecutiva del Metro para hacerse cargo de la construcción de las ampliaciones de la red.

Posteriormente se crea la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano del Distrito Federal, organismo que sería responsable de proyectar, programar, construir, controlar y supervisar las obras de ampliación, adquirir los equipos requeridos, y hacer entrega de instalaciones y equipos al Sistema de Transporte Colectivo para su operación y mantenimiento.



La Comisión de Vialidad y Transporte Urbano se integró, de manera parcial, con personal del Sistema de Transporte Colectivo; quedando bajo su responsabilidad la problemática entera del transporte en el Distrito Federal.

Esta comisión decide construir la línea 4 de Martín Carrera a Santa Anita como viaducto elevado dada la menor densidad de construcciones altas en la zona; la altura es de 7.5 metros. Esta línea tuvo un costo mucho menor que las subterráneas consta de 10 estaciones ocho elevadas, desde superficie y cinco de correspondencia con otras líneas.

La línea 5 se construyó en tres tramos: el primero, de Pantitlán a Consulado, se inauguró el 19 de diciembre de 1981; el segundo, de Consulado a la Raza inaugurándose el 1º de junio de 1982 y el tercero, de la Raza a Politécnico entrando en operación en agosto del mismo año. A la edificación de esta línea se le dio una solución de superficie entre Pantitlán y Terminal Aérea, y subterránea, tipo cajón, de Valle Gómez a Politécnico.

#### **1.1.4 Tercera Etapa**

En esta etapa se realizaron las ampliaciones de las líneas 1, 2 y 3; se iniciaron dos líneas nuevas la línea 6 (Instituto del Petróleo a Martín Carrera) y la línea 7 (Tacuba al Rosario). Rosario), la longitud de red se incrementa en 35.2 kilómetros y el número de estaciones aumenta a 105 en total.

La línea 3 se prolonga de Zapata a Universidad, la línea 1, de Zaragoza a Pantitlán y la línea 2 de Tacuba a Cuatro Caminos teniendo colindancia con el Estado de México, estas dos extensiones fueron inauguradas el 22 de Agosto de 1984; con estas ampliaciones las líneas 1, 2, y 3 alcanzaron su trazo actual.

#### **1.1.5 Cuarta Etapa**

Esta etapa se compone de las ampliaciones de la línea 6 (Instituto del Petróleo a Martín Carrera) con 4.5 kilómetros y cuatro estaciones y de la línea 7 (Tacuba al Rosario) incrementando la red con 5.7 kilómetros y cuatro estaciones más.

También comenzó la construcción de la línea 9 que va de Pantitlán a Tacubaya por una ruta similar a la que sigue la línea 1 pero ubicada más al sur.

La línea 9 se construyó en dos partes: La primera de Pantitlán a Centro Médico y la segunda de Centro Médico a Tacubaya. La nueva línea incorporó a la red 12 estaciones y 15.3 kilómetros, tiene un trazo paralelo a la línea 1, con el propósito de descongestionarla en horas punta.

#### **1.1.6 Quinta Etapa**

En esta etapa se inicia la primera extensión de la red del Metro que abarca al Distrito Federal y al Estado de México; se inició con la construcción de la línea A, de Pantitlán a La Paz, se optó para esta línea por una solución de superficie y trenes de ruedas férreas en lugar de neumáticos, ya que se reducían los costos de construcción y de mantenimiento.



Esta línea se inauguró el 12 de agosto de 1991, anexando 10 estaciones más a la red. Además se construyó un puesto de mantenimiento y control exclusivo para la línea A.

En esta etapa se inicia la construcción de la línea 8 (Garibaldi a Constitución de 1917). El trazo original de esta línea fue modificado ya que se consideró que en su cruce con el Centro Histórico de la Ciudad y su correspondencia con la estación Zócalo pondría en peligro la estabilidad de las estructuras de varias construcciones coloniales y se dañarían los restos de la ciudad prehispánica que se encuentran por debajo del primer cuadro de la Ciudad de México.

Al finalizar la construcción de la quinta etapa del Metro, se había incrementado en 37.1 kilómetros la red del Metro, añadiendo a esto dos nuevas líneas y 29 estaciones. Es decir la red del Metro de la Ciudad de México contaba con un total de 178.1 kilómetros de longitud, 154 estaciones y 10 líneas.

### **1.1.7 Sexta Etapa**

En esta etapa se inician los estudios para la realización de la línea B. La cual inicia su construcción el 29 de Octubre de 1994 en el tramo subterráneo comprendido entre Buenavista y la Plaza Garibaldi.

El total de la línea B que corre de Buenavista a Ciudad Azteca tiene 23.7 kilómetros de longitud, con 13.5 kilómetros en el Distrito Federal cruzando por las Delegaciones: Cuauhtémoc, Venustiano Carranza y Gustavo A. Madero y 10.2 kilómetros en el territorio del Estado de México, en los municipios de Netzahualcóyotl y Ecatepec. Con 21 estaciones: 13 en la Capital y 8 en el Estado de México.

Esta línea fue diseñada para que en su totalidad pudiese movilizar diariamente a 600 mil usuarios en su conjunto.

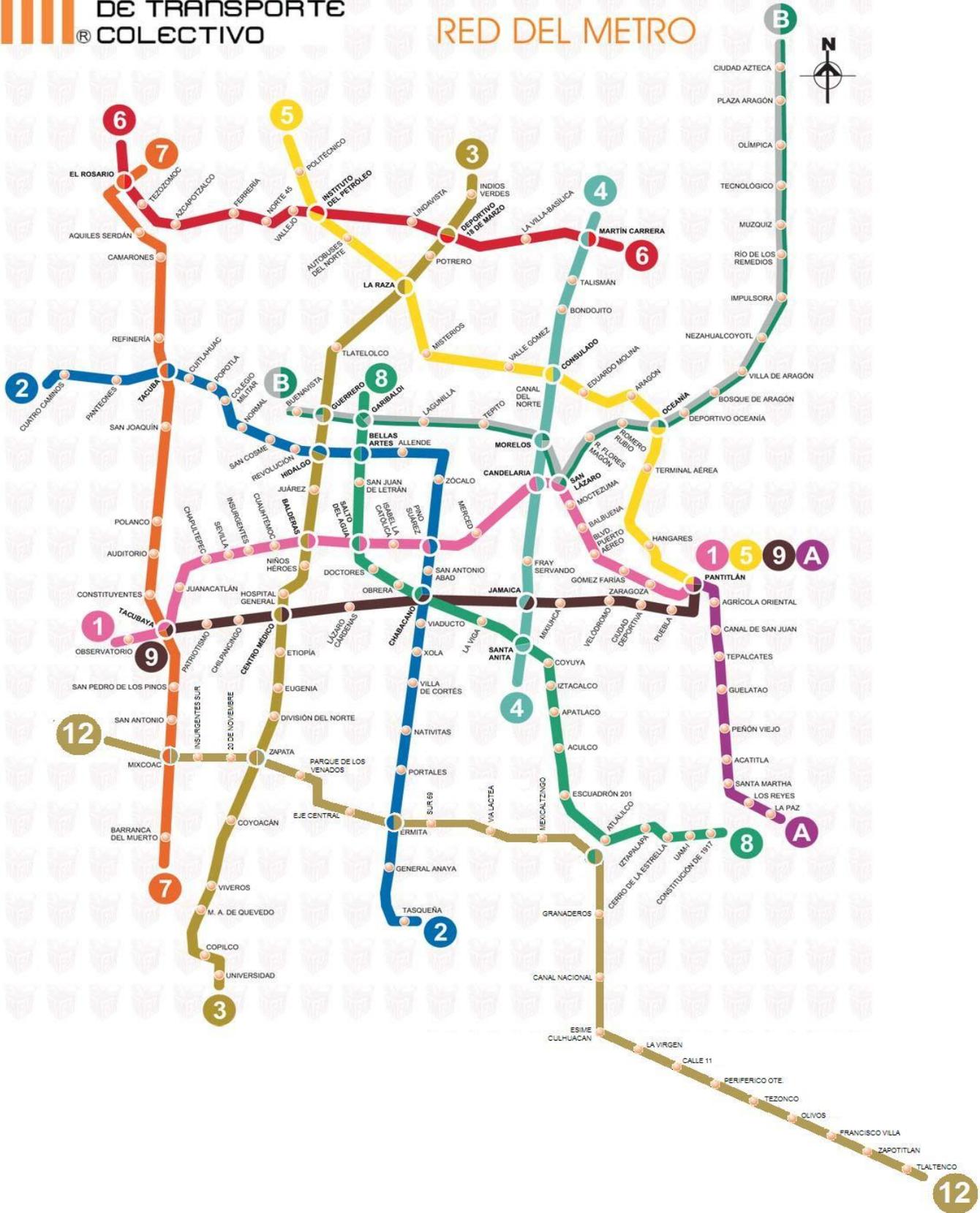
Al entrar en operación la línea B, la red en su conjunto se incrementó 13% para alcanzar 201.7 kilómetros. Así mismo, de manera adicional formó parte del proyecto de diversas obras de vialidad que contribuyen en la integración y reestructuración de los otros medios de transporte como 16 puentes vehiculares (6 en el Distrito Federal y 10 en el Estado de México); 51 puentes peatonales (21 en el Distrito Federal y 30 en el Estado de México) así como la reforestación de 313 mil metros cuadrados de áreas verdes.



## 1.2 Red General del Metro



### RED DEL METRO





### 1.3 Parque vehicular de trenes del Sistema de Transporte Colectivo Metro

El parque vehicular está formado por trenes de rodadura férrea y neumática. Actualmente consta de 355 trenes: 322 trenes de rodadura neumática de caucho de nueve carros y 33 trenes de rodadura férrea de 6 carros. En su construcción destacan las empresas *ALSTOM, SA*; *Bombardier, Inc.*; Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles, SA; y Constructora Nacional de Carros de Ferrocarril, SA.

El sistema utiliza un ancho de vía de 1.435 mm. Los trenes de rodadura neumática además de emplear este ancho de vía necesitan una superficie de rodamiento para los neumáticos. Esta superficie de rodamiento tiene un ancho de vía de 1.993 mm.

La tensión a la cual operan todos los trenes (férreos y neumáticos) es de 750 Vcc. Los trenes de rodadura neumática obtienen la tensión necesaria por medio de barras guías colocadas a los costados de la superficie de rodamiento. Los trenes de rodadura férrea poseen un pantógrafo en la parte superior para recibir la tensión suministrada por medio de una catenaria.

Existen tres tipos de carros en un tren del metro: carro motriz con cabina de conducción (*M*), carro motriz sin cabina (*N*) y carro remolque (*R*). La configuración para trenes de 9 y 6 carros –de rodadura neumática o férrea– es: *MRNNRNNRM* y *MRNNRM*.

Algunas características significativas de los trenes se muestran en la siguiente tabla:

Tipo de carro	Rodadura neumática			Rodadura férrea		
	M	N	R	M	N	R
Longitud (m)	17,1	16,2	16,2	16,895	15,780	15,780
Ancho (m)	2,495			2,495		
Altura del piso (m)	1,2			1,2		
Velocidad máxima (km/h)	80			100		
Velocidad comercial (km/h)	35,5			42,5		
Peso vacío (kg)	28 930	27 830	20 837	26 564	24 680	21 116



<b>Capacidad máxima (pasajeros sentados)</b>	38	39	39	38	39	39
<b>Capacidad máxima (pasajeros en pie)</b>	132	131	131	118	121	121

Los trenes de rodadura neumática, del modelo *MP-68* al modelo *NE-92*, se caracterizan por su peculiar color naranja intenso. Esta cromática sufrió cambios a partir del año 2002 debido al programa de modernización del parque vehicular (elaborado por técnicos del Sistema de Transporte Colectivo). A los trenes rehabilitados les fueron pintadas, en color gris, discretas franjas a los costados así como la parte frontal de la cabina. El modelo *NM-02*, construido por el consorcio *Bombardier Transportation México-CAF*, también presenta cambios en la cromática: la mitad superior en color naranja y la mitad inferior en color blanco.

Los trenes de rodadura férrea modelo *FM-86* son de color blanco con discretas franjas color naranja en los costados. En 1995 el consorcio *Bombardier-CAF* comenzó la construcción del modelo *FM-95*. Por primera vez en la historia del Metro de la Ciudad de México el gobierno del Distrito Federal convocó a la población, por medio de un concurso, para decidir los colores del modelo *FM-95*. El diseño ganador dotó al nuevo modelo un color azul intenso con motivos en color naranja.

La tabla siguiente muestra el modelo, constructora y patente de los diversos trenes que circulan por el sistema. El número que forma parte de la nomenclatura del modelo indica el año de la firma del convenio para su construcción:

<b>Parque vehicular</b>			
<b>Modelo</b>	<b>Rodadura</b>	<b>Compañía o consorcio constructor</b>	<b>Procedencia</b>
<i>MP-68</i>	neumática	<i>Alsthom</i>	 Francia
<i>NM-73A</i>	neumática	<i>Concarril</i>	 México
<i>NM-73B</i>	neumática	<i>Concarril</i>	 México
<i>NM-73C</i>	neumática	<i>Concarril</i>	 México
<i>NM-79</i>	neumática	<i>Concarril</i>	 México



<i>MP-82</i>	neumática	<i>Alsthom</i>	Francia
<i>NC-82</i>	neumática	<i>Bombardier</i>	Canadá
<i>NM-83A</i>	neumática	<i>Concarril</i>	México
<i>NM-83B</i>	neumática	<i>Concarril</i>	México
<i>FM-86</i>	férrea	<i>Concarril</i>	México
<i>NE-92</i>	neumática	<i>Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles, SA</i>	España
<i>FM-95A</i>	férrea	<i>Bombardier-Concarril, SA de CV-Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles, SA</i>	México
<i>NM-02</i>	neumática	<i>Bombardier Transportation México, SA de CV-Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles, SA</i>	México

Algunos de los modelos han entrado en un programa de rehabilitación para prolongar su vida útil de servicio. La tabla siguiente muestra los modelos y la compañía a cargo de la rehabilitación.

<b>Parque vehicular rehabilitado</b>		
<b>Modelo</b>	<b>Nomenclatura STC</b>	<b>Rehabilitado por:</b>
<i>MP-68</i>	<i>MP-68 R93</i>	<i>Bombardier</i>
<i>MP-68</i>	<i>MP-68 R96</i>	<i>Bombardier</i>
<i>NM-73A</i>		<i>Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles, SA</i>
<i>NM-73A</i>		Técnicos del Sistema de Transporte Colectivo



---

---

<i>NM-73B</i>		Técnicos del Sistema de Transporte Colectivo
<i>MP-82</i>		Técnicos del Sistema de Transporte Colectivo-Alstom Mexicana, SA de CV

---

---



## **1.4 Construcción de un Tren para el Sistema de Transporte Colectivo.**

Desde 1967 los ingenieros del Sistema de Transporte Colectivo (S.T.C.) son los encargados de supervisar, en la planta armadora del fabricante, la construcción de los nuevos trenes del Metro, con el propósito de que se logre cumplir con las más exigentes y estrictas normas de calidad para su correcto funcionamiento.

La adquisición de trenes para el S.T.C. se basa fundamentalmente en dos aspectos: El aumento de la demanda del servicio y la construcción o ampliación de una línea.

Con estos dos importantes antecedentes los ingenieros y administradores del S.T.C. realizaron reuniones de trabajo - por cerca de un año - con el objetivo de determinar las características del diseño interior y exterior del tren; asimismo, establecen las especificaciones tecnológicas de los equipos de computo, mecánico, electrónico y eléctrico que deben cumplir los trenes.

### **1.4.1 Proceso de Construcción**

Después de que el S.T.C. y el fabricante han firmado el contrato para la construcción, la fecha de entrega y el tiempo de garantía, los técnicos e ingenieros de la empresa armadora inician el proceso de producción de los trenes, por medio de la revisión minuciosa de los planos del diseño de interiores y exteriores.

En esta etapa se analizan: la distribución y la forma de los asientos de los pasajeros y del conductor; la ubicación de los "pasamanos"; los materiales y colores para los pisos y las paredes; el diseño del tablero de control digital de la cabina de conducción; el tipo de lámparas ahorradoras de energía eléctrica, y el modelo de las ventanas y puertas, cuidando que todos estos elementos sean funcionales y durables.

Paralelamente, ingenieros y técnicos de la planta armadora y del Metro, revisan los planos que permitirán la construcción de la carrocería, el acoplamiento de los vagones a los boguies o "carretillas", consistentes en el equipo soportado por las llantas, donde van los dos motores eléctricos que permiten el desplazamiento del tren; la selección del sistema de tracción-frenado y radio comunicación y la instalación de los equipos de aire de alta presión que permitirán el cierre y apertura de puertas, entre otros más.

Acordadas las anteriores especificaciones, los técnicos de la empresa proveedora iniciarán la "producción en serie" de los trenes, bajo la inspección y la aprobación de los ingenieros de la Coordinación de Supervisión y Fabricación de Trenes del Sistema de Transporte Colectivo.

De tal manera que; con "planos en mano", el "primer paso" para fabricar un vagón del Metro es la construcción de un bastidor de acero - estructura similar a un rectángulo - que será la base para soldar y remachar láminas de acero inoxidable, lo que dará como resultado la carrocería del carro.

Después de este proceso, el "vagón" se traslada a una cámara de pintado donde se le aplican, primero varias capas de químico "anticorrosivo", el cual protegerá al metal de la oxidación; a continuación se cubre la superficie con el tradicional color anaranjado. Una



vez seca la pintura, el carro sale de la "cámara" a otra área de la planta armadora, para que se le coloquen pisos, generalmente de madera; revestimientos interiores del carro; ventanas; puertas; lámparas; ventiladores; "palancas de emergencia"; asientos, y "pasamanos".

Cuando se han instalado todos los interiores; los especialistas en la construcción de los trenes alojan los equipos electrónicos, eléctricos, mecánicos y con una grúa, en el vagón se colocan sobre los "boguies".

#### **1.4.2 Pruebas de Funcionamiento**

Al término del proceso de fabricación, los trenes se someten a pruebas "estáticas" y "dinámicas"; es decir, los trenes ingresan a una "vía de pruebas", donde se verifica que todos los nuevos equipos de cómputo, electrónicos, mecánicos y eléctricos, funcionen correctamente.

Cabe destacar que la construcción de un vagón del Metro se realiza en 85 etapas o posiciones de fabricación, a cargo de 300 profesionales, aproximadamente, de diversas especialidades técnicas, en un periodo de alrededor de 40 días, habrán logrado armar un tren de nueve carros.

La garantía de servicio que ofrece el fabricante tiene como propósito asegurar la calidad de los trenes y permitir el intercambio de información, experiencias y asesorías, con el Sistema de Transporte Colectivo.

Cabe destacar que los trabajos de modernización se realizan en los talleres del STC; en los talleres de Mantenimiento (Mayor Ticoman y Menor Ticoman) en un uno o en otro de acuerdo a la etapa del proceso.

### **1.5 El tren MP-82**

El MP-82 es un modelo de tren del Metro de la Ciudad de México, es el cuarto modelo de la red en el parque vehicular y el segundo modelo francés fabricado por la empresa Alstom. El tren MP-82 está debajo del MP-68; es también descendiente del MP 73 del Metro de París, aunque su carrocería fue construida similar a la de los trenes que ya existían para el momento en el Metro de la Ciudad de México.

Los trenes modelo MP-82 llegaron a México en 1985 y fueron puestos en circulación en las líneas 1,3 y 7; y en 1994 fueron incorporados a la línea 8 que se inauguró en ese mismo año, siendo los trenes sometidos a fiabilización. Estos se mantienen en la actualidad tras casi 25 años de Servicio, tienen el interior al igual que los NM-79 en amarillo con asientos color verde limón.



# **Especificaciones Técnicas de los trenes MP-82**



---

## 2.1 Especificaciones Técnicas y Funcionales del Sistema Tracción Frenado para trenes Modelo MP-82.

Los trenes MP-82 entraron en servicio en el año de 1983, teniendo a la fecha un promedio de 23 años en operación, con un recorrido promedio de 2.5 millones de kilómetros recorridos por tren.

Estos trenes fueron equipados con un sistema de tracción-frenado del tipo chopper con motores de corriente directa, desde su puesta en operación este sistema presentó un bajo nivel de fiabilidad (4,000 km/falla promedio mensual de averías presentadas) lo cual se ha venido reflejando negativamente en el costo del mantenimiento y consumo de energía eléctrica, así como la disponibilidad de los trenes.

La tecnología empleada en el diseño y fabricación de estos equipos, se caracteriza por utilizar en su lógica de control, una electrónica discreta del tipo analógico y en su electrónica de potencia tiristores y diodos conectados en serie, agrupados en un arreglo del tipo trifásico, este sistema alimenta y controla cuatro motores de corriente directa por carro motriz.

El 35% de las averías presentados en estos trenes están relacionadas directamente con el equipo de tracción-frenado. Después de haber realizado un análisis minucioso de cada carro se encontraron trabajos parciales de componentes que presentan un desgaste considerable como: inductancias, cableado de alta tensión y baja tensión, capacitores de potencia, disyuntores, etc.

Así como también a la falta de tecnología y fiabilidad de muchos de los componentes de control y potencia tales como: tiristores, transductores, tarjetas y circuitos electrónicos, etc.

Por lo antes expuesto se decidió como alternativa definitiva de solución, la modernización integral del sistema de tracción-frenado.

### 2.1.1 Material rodante

El Material rodante comprende tres tipos de vehículos de los cuales estos se dividen en cajas o carros y los identificaremos de la siguiente manera:

- Coche motriz con cabina de conducción, símbolo **M**.
- Coche motriz sin cabina de conducción, símbolo **N**.
- Coche remolque, símbolo **R**.

La manera sencilla de identificar el tipo de carro al que nos referimos y de acuerdo a su formación en servicio la encontraremos por el inferior de los costados pintados con su matrícula y el tipo de carro.

Estas cajas son de la misma concepción y no difieren más que por el alargamiento del lado de la cabina debido al cantiliver del carro con identificación **M**.

---



Las Motrices “M” están dispuestas en los extremos de los trenes, los otros vehículos en posición intermedia.

Los Remolques “R” comprenden solamente el equipo necesario para el funcionamiento de las motrices como: baterías, grupo de convertidor, grupo moto-compresor, depósito principal de aire etc.

La igualdad de cotas principales permite una unificación completa de las piezas constitutivas de las estructuras y revestimientos que a su vez facilitan la fabricación y la implementación de las herramientas.

Para los elementos auxiliares y de vestidura tales como: ventanas, asientos, ornamentos, aparatos de alumbrado, órganos del sistema de ventilación, puertas etc. La unificación debe ser total y permitir la intercambiabilidad.

En la Figura 1 se puede observar un tren completo con el material rodante descrito anteriormente.

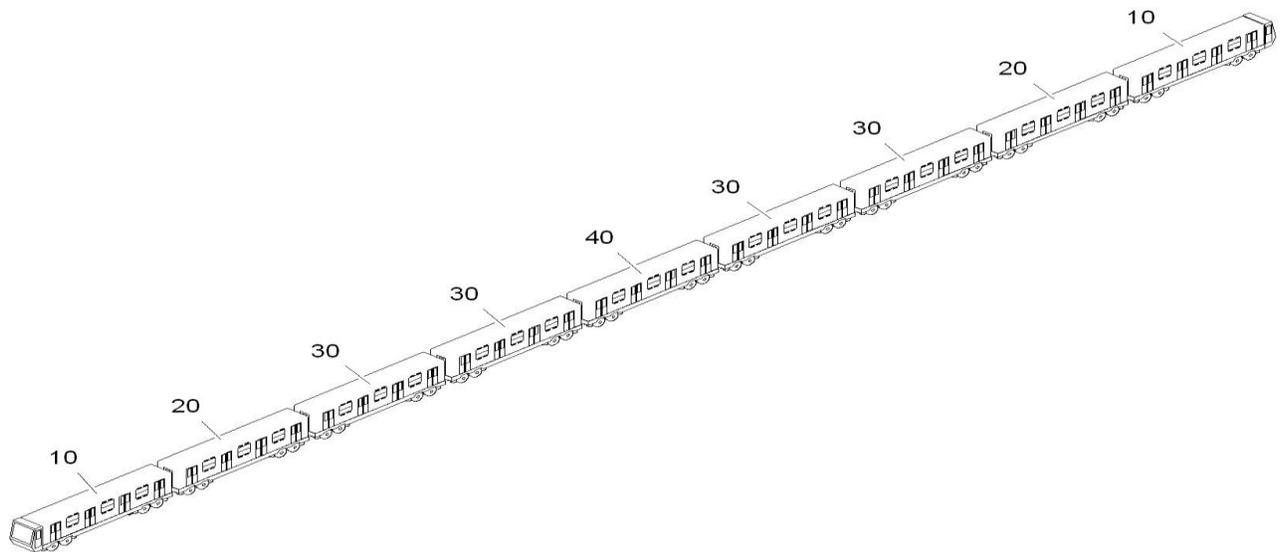


Figura 1. TREN MP82 COMPLETO

FIGURA ITEM No.	DESCRIPCION	CANTIDAD
10	COCHE M	2
20	COCHE R	2
30	COCHE R	4
40	COCHE PR	1



## 2.1.2 Cabina de conducción

La cabina de conducción (Figura 2) se encuentra al inicio y al final de un tren como lo muestra la Figura 2; sus dimensiones son las siguientes:

- Longitud 147.62 m
- Longitud Motriz con cabina 17.18m
- Longitud Motriz sin cabina 16.18m
- Ancho exterior 2.52m
- Altura total máxima 3.62m
- Claro libre en puertas 1.30m

Gracias a esta unificación de medidas en los diferentes coches se permite el utilizar un solo tipo de medidas para el conjunto de la fabricación y mantenimiento.

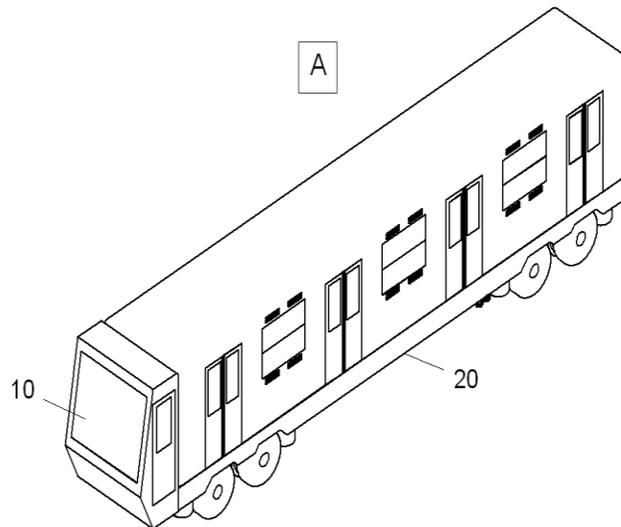


Figura 2 Cabina M

ITEM No.	DESCRIPCION	CANTIDAD
10	CABINA	1
20	BAJO BASTIDOR	1



### 2.1.3 Elementos en pupitre

Se tiene un grupo de elementos de control sobre un pupitre (Figura 3) en el cual los principales son:

- El manipulador de tracción-frenado
- El crono taquímetro-registrador
- El bloque de control y de pruebas permitiendo las pruebas “baja intensidad” del tren detectando y localizando en marcha, las anomalías eventuales de funcionamiento del mismo.
- Sistema de comunicación que permite el enlace de cabina-cabina.
- Anuncio a pasajeros por medio de alto-parlantes situados dentro de los carros.
- Teléfono de alta frecuencia que nos permite comunicación directa con un puesto fijo.
- Sistema de comunicación PCC-Usuarios.
- Sistema de pilotaje automático integral.

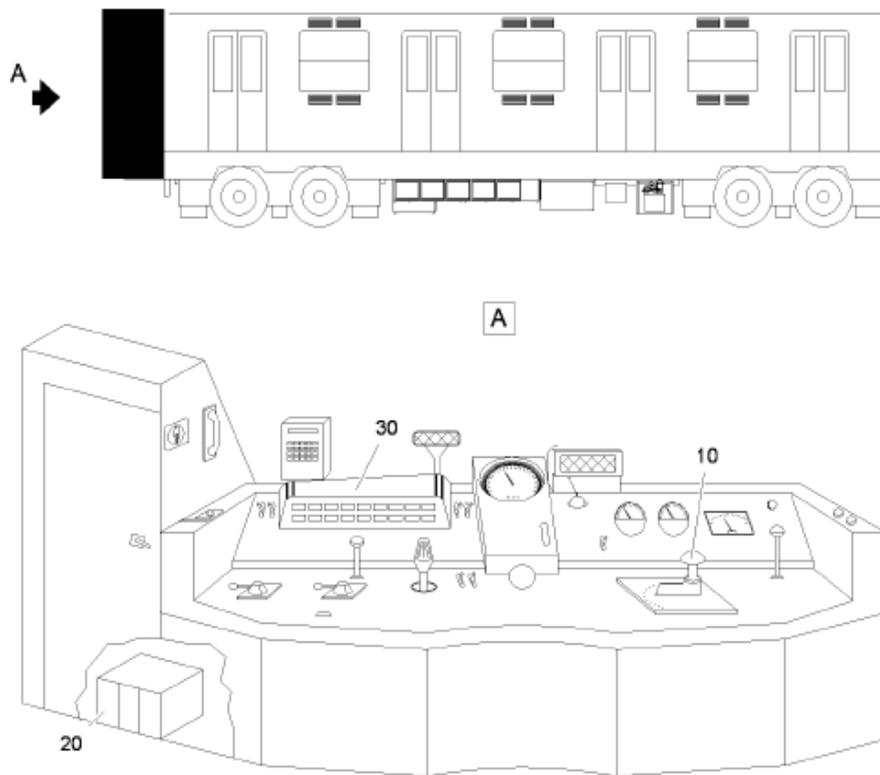


Figura 3 Elementos en Pupitre

ITEM No	Descripción	Cantidad
10	Manipulador	1
20	Generador de Señal (ECC)	1
30	Caja de Señalización (BS)	1



---

### 2.1.4 Estructuras y Revestimientos Exteriores

Las estructuras y revestimientos interiores están diseñados para:

- Satisfacer a las condiciones de utilización de los coches con esfuerzos que no sobrepasen las características del material empleado, utilizando un alto coeficiente de seguridad.
- Satisfacer a las condiciones de mantenimiento.
- Dar una protección eficaz a los pasajeros en caso de accidente: descarrilamiento, choque, etc.

Estas condiciones imponen una construcción homogénea del tipo “viga tubular con revestimientos trabajados” comprendido en largueros longitudinales reforzados en el techo, piezas de unión bastidor-techo muy rígidas y con amplios empotramientos.

Para la construcción de travesaños y revestimientos se emplean exclusivamente aceros (ya sea dulce Martin calidad XE de la norma francesa A36-401 o equivalente, o bien COR-TEN, o bien aceros aleados).

Los ensambles soldados con arco y por resistencia son ejecutados y controlados según las especificaciones técnicas EM2523 y EZ2283 (o equivalente).

Las partes delicadas de la estructura de las cajas que necesitan una atención particular en el momento de su concepción son las siguientes:

- Los travesaños de pivote, que en razón de la importancia de los esfuerzos transmitidos y de la posición baja del punto de transmisión de estos esfuerzos, deben ser previstos muy robustos, con grandes cartabones repartidos que eviten las concentraciones de esfuerzos.
  - Las extremidades del bastidor que llevan los enganches, estos aparatos que no pueden ser colocados bajo el bastidor porque tropezarían con los motores de tracción, deben ser instalados dentro del peralte mismo del bastidor.
  - Los puntos de fijación bajo bastidor de los aparatos tales como equipos de control de motores de tracción, compresores, etc. Deben ser reforzados para evitar las fisuras en servicio.
  - Las partes encajonadas, cerradas cuya estanqueidad debe ser cuidada para evitar toda entrada de humedad.
-



---

### 2.1.5 Revestimientos de interiores

La preparación de revestido interior de los coches es concebida en función de los datos de base siguientes:

- El aspecto interior de los coches debe ser agradable armonioso y moderado.
- Es realizado exclusivamente usando materiales que no necesitan protección de pintura y que presentan superficies visibles que se ensucien poco, que resista el desgaste y fáciles de mantener en buenas condiciones, tales como:
  - a) Hojas plásticas estratificadas o laminadas
  - b) Extruidos y piezas diversas de metal desnudo inalterable en su superficie
  - c) Piezas de material plástico moldeado o formado
  - d) Piezas de material metálico pre-pintadas
- Las puertas de armario, las dovelas de acceso a los aparatos en el interior del mismo son tratados como las partes fijas. Estas son articuladas con bisagras continuas de tipo piano y aseguradas por cerraduras tapadas o batientes operables con la llave de servicio.

### 2.1.6 AISLAMIENTO

Para evitar las vibraciones no causadas por la laminación exterior, las paredes de los coches están provistas de un material aislante, ligero, eficaz, que no se deteriore con el envejecimiento:

- a) Caras
- b) Extremidades
- c) Pabellón
- d) Parte metálica del piso

En aquellas zonas generadoras de calor se evitara la transferencia del mismo al interior de los coches, utilizando un material aislante adecuado.

### 2.1.7 Piso

El piso está constituido para responder a una sobrecarga de viajeros correspondiente, para las plataformas y pasillos a una carga uniformemente repartida de 700 kg/m<sup>2</sup>.

Este descansa sobre los travesaños del bastidor de la caja en puntos suficientemente próximos para que bajo esta sobrecarga de viajeros, las deformaciones elásticas sean muy leves.

Se tiene un material que permite la limpieza por vía húmeda sin que resulten deteriorados tanto en el piso mismo como en las estructuras circundantes. A este efecto, no está prevista ninguna trampa en el piso por lo que loseta es una pieza fija ya que en su mantenimiento es fácil remover secciones y no piezas completas de bajo piso.

---



---

El piso está constituido por:

- Un soporte de madera contrachapada, tratada ignífugamente capa por capa, con un espesor mínimo de 18mm.
- Las hojas de contra-chapa son de una sola pieza sobre el ancho del vehículo.
- Las juntas entre hojas son de lado apoyadas.
- Los cantos de las hojas están regulares, sin recortes estrechos.
- Los cantos serán protegidos adecuadamente.
- En el caso de nivelación la estanqueidad y protección contra el fuego deberá ser tomada en cuenta.

La estanqueidad será asegurada por la aplicación de un mastique adecuado y es aplicado en:

- En las juntas entre las hojas
- Entre el perímetro del piso y la estructura, lo que implica a tal efecto, un cordón continuo.
- En las zonas de las fijaciones, de los asientos y de las columnas de pasamanos.
- Revestimiento de linóleoum o de loseta de vinilo asbestado de calidad auto extingible en el sentido longitudinal, las juntas están hechas con un proceso que asegura la estanqueidad. El color del este material es seleccionado para armonizar con la decoración interior.

Además el piso soporta a los asientos y las columnas de plataformas, por lo que sus fijaciones son robustas, herméticas al agua y permite un desmontaje fácil.

### **2.1.8 VENTANAS**

Cada coche cuenta con tres ventanas por cada costado. Además los coches motrices M están provistos de un parabrisas frontal.

Los claros de todas las ventanas exteriores, salvo el parabrisas frontal, están alineados.

Las ventanas laterales se encuentran montadas en cada costado de forma hermética por medio de una junta especial de hule colocada entre la lamina del costado y el marco de aluminio de la ventana, son del tipo llamado "Guillotina" con bastidor inferior fijo, el bastidor superior deslizante verticalmente sobre toda la longitud de la ventana está equilibrado y es operado por dos operadores o una barra fija en el vidrio. La altura es de 300mm.

Los vidrios de estas ventanas serán de seguridad y estarán montados dentro de los marcos, por medio de perfiles de hule, de un modelo que asegure la estanqueidad perfecta y ofrezca una seguridad completa contra los desmontajes accidentales por grandes que sean los esfuerzos.

---



Cada vidrio cuenta con una mica de seguridad inastillable esto cumple las normas de seguridad europeas EU-12/CAE-28FE que habla de “Impactos a altas velocidades en transportes férreos”.

El parabrisas delantero de cabina de conducción comprende un vidrio plano de gran dimensión fabricado de cristal inastillable. El vidrio se montara por el exterior de cabina, mantenido en su lugar por juntas de hule fijas mediante un seguro metálico. La estanqueidad es asegurada con gran cuidado por medio de un mastique especial.

### **2.1.9 Asientos**

Dentro de los coches los asientos son de tipo modular fabricados en material plástico reforzados con fibra de vidrio de calidad auto-extinguible, diseñados para resistir los esfuerzos transmitidos. Están fijados sobre una estructura metálica y su fijación al suelo es especial por medio de taquetes expansores que sobrepasan las líneas de soporte del piso.

En la cabina de conducción está instalado un asiento de conductor de diseño adecuado para el confort y fácil desplazamiento dentro de la cabina. El asiento cuenta con tres posiciones y nivel de altura así como se reduce el asiento para que este tenga un giro sobre su propio eje de 360°.

La estructura del asiento está fabricada en acero, ensamblada por soldadura, protegida por una pintura anticorrosiva muy resistente. El asiento lleva un asa de acero inoxidable.

### **2.1.10 Características comunes para todas las puertas.**

Los vidrios planos para todas las puertas serán del tipo de seguridad inastillables y templados, de espesor mínimo para su superficie. Estos son fijados por medio de un perfil de hule de un modelo que asegura la estanqueidad perfecta y ofrecerá una seguridad completa contra los desmontajes accidentales bajo grandes esfuerzos provenientes del interior del carro.

Para las puertas deslizantes de los costados, el vidrio está colocado sensiblemente en el plano de las láminas del lado interior con el fin de reducir los riegos de estancamiento de dedos en la apertura de puertas.

Las puertas están construidas de elementos metálicos, reforzados interiormente por medio de espuma de poliuretano de calidad auto-extinguible y ensamblados adecuadamente por cualquier procedimiento que ofrezca seguridad como tornillería de alta durabilidad que al momento de cada ensamble se le aplica torque esto como medida de calidad y seguridad.

Las puertas son construidas para lograr una resistencia y rigidez que les permita sufrir sin daño una prueba bajo carga concentrada de 100 N aplicada perpendicularmente en su plano a la parte media inferior, los refuerzos están previstos para la fijación de los accesorios: suspensiones, bisagras, cerraduras, etc.

### **2.1.11 Puertas deslizantes de costado con dos hojas conjugadas.**



Los dos tipos de puertas, derecha o izquierda no difieren, más que por la posición simétrica de los mecanismos de accionamiento, siendo todos los otros órganos idénticos en su maquinaria y su funcionamiento.

Los dos batientes se ocultan casi completamente en el interior de los alojamientos de costados.

Cuando la puerta está cerrada los perfiles en contacto deben estar ligeramente comprimidos uno sobre el otro para asegurar una estanqueidad satisfactoria, además que por seguridad esto reduce el atascar cualquier objeto y cerrar casi herméticamente.

Sobre cada hoja existe un tipo elástico que hace contacto sobre una pieza de la estructura cuando la puerta sea abierta a fondo. Estos topes son ajustables para que se detengan simultáneamente las hojas derecha e izquierda. A la apertura de puertas, el choque de estas sobre los topes no deberá provocar ningún ruido o rozamiento que provoque un desgaste anormal.

Un interruptor de límite de cierre de puertas asegura que cuando las puertas se encuentran cerradas, el corte de este circuito de 72 volts y .5 amperes, está fijado sobre el riel en su parte central. Su rodaja es operada por un declive solidario de una de las dos hojas.

El corte del circuito es efectuado cuando la apertura entre las dos hojas es inferior a 100mm a su vez al tener la ruptura del circuito se envía la señal al PC para liberar frenos neumáticos y comenzar la marcha en T1 (Tracción 1).

La parte inferior de la puerta es guiada por un riel tipo U fabricado en acero inoxidable, ajustado transversalmente de forma a que se encuentre alineado sobre la corredera superior. Las piezas fijadas sobre las hojas, que aseguran este guiado, comprenden un dispositivo especial para suprimir el ruido ya que se encuentran recubiertas de poliestireno al alto vacío.

### **2.1.12 Puerta pivotante de intercurrencia (Cabina)**

Esta puerta se monta dentro de una estructura que ofrece un paso efectivo al personal de operaciones de una longitud aproximadamente 0.50m. La misma está construida, bien sea la lámina de acero dulce, o bien de lamina de aleación de aluminio con 5% de magnesio. Su cara interior está revestida de un entrepaño decorativo de la misma naturaleza que aquellos de las partes fijas del revestimiento.

La puerta se cierra dentro de una rendija o marco provisto de una junta, de estanqueidad flexible, que le impide además vibrar. Esta provista de un dispositivo que limita su apertura para privacidad y seguridad al conductor.

En la parte baja de la puerta pivotante lleva colocado por encima un umbral dispuesto para impedir las entradas de agua al interior del carro.

#### **2.1.12.1 Puertas deslizantes de cabina**



Estas puertas situadas a la derecha e izquierda de la cabina son simétricas la una con respecto a la otra. Cada puerta está suspendida por una corredera de bolas del mismo tipo que las de las puertas de los costados. Para asegurar la estanqueidad, cada puerta está provista, sobre su montante del lado de golpeo, de una bandola de hule y de un perfil conjugado con el de una banda colocada en la estructura.

### 2.1.13 Barras de apoyo

Cada coche denominado con las letras **M**, **N** ó **R** están equipados de los siguientes accesorios:

- 16 columnas de plataforma (4 por plataforma pero 2 solamente sobre plataforma delantera de M).
- Las piezas de unión podrán ser de aluminio anodizado.
- 16 pasamanos sobre montantes de puertas deslizantes de caras (2 por puerta).
- 12 pasamanos de sostén sobre respaldos de asientos.
- 6 pasamanos longitudinales.

Todas estas piezas y sus conteras de fijación son de acero inoxidable pulido. Toda la tornillería aparente es de acero inoxidable.

Las columnas de plataforma están instaladas en la proximidad de los asientos de una plaza. Están constituidas de un tubo de acero dulce cubierto de una capa de acero inoxidable que toman apoyo sobre el montante de la puerta y protegen al viajero, sentado, de los viajeros que van de pie.

Los pasamanos sobre montantes de puertas deslizantes de los costados, tienen un diámetro de 22mm., y una longitud efectiva de aproximadamente 750mm. Los montantes que llevan estos pasamanos, también están revestidos de acero inoxidable.

### 2.1.14 Exterior de las cajas

Los órganos que a continuación se mencionan están previstos sobre el exterior de las cajas.

- Umbrales amovibles delante de las puertas deslizantes de las caras de aleación de aluminio
- Umbral amovible delante de las puertas laterales deslizantes de cabina
- Umbrales con desborde a lo largo, delante de las puertas pivotantes de intercurrencia
- En el eje de las puertas laterales de cabina, un estribo y dos pasamanos que permiten el acceso a la cabina desde el suelo.
- Sobre cada montante de ventana y de puertas deslizantes de las caras, un perfil, de hule que impide que se introduzcan los dedos desde el exterior de los carros.
- En uno y otro lado de las puertas de intercurrencia pasamanos de apoyo.
- Botaguas sobre las puertas de los costados y de la cabina de conducción así como de las tomas de entrada de aire.



- Sobre los largueros del bastidor, placas de apoyo para gatos mecánicos durante el levantado de las cajas, y ganchos de jalado con solidarización caja/bogie.
- Sobre los costados lámparas de señalización de puertas abiertas y lámparas de KFS (freno de emergencia) accionadas.

La vía está acondicionada especialmente para permitir el rodamiento y el guiado de los coches por medio de ruedas provistas de neumáticos. Esta vía, comprende además los rieles del tipo ligero de una vía férrea clásica.

La corriente de tracción, de tensión continua de 750 volts, es distribuida por las barras guía en el polo positivo y por los rieles de vía férrea en el polo negativo. Es captada por escobillas montadas en los bogies.

El acceso a los coches se efectúa, en cada costado, por cuatro puertas deslizantes con dos hojas conjugadas, que abiertas no dejan cada una un claro de 1.30 metros que permite el ascenso y descenso de los pasajeros.

El alumbrado de los coches se asegura por dos líneas de luminarias con tubos fluorescentes, alimentados con corriente alterna monofásica de 220 V a 60 Hz.

Los carros de un tren, están unidos en lo que se refiere a la tracción funcionamiento neumático por medio de acopladores semiautomática. En lo que se refiere a los circuitos eléctricos, la unión se realizara por medio de cables con acopladores en sus extremos.

Las uniones eléctricas de seguridad están aseguradas por dos cables desmontables.

Los motores de tracción, en número de cuatro por motriz, son del tipo autoventilado. Están sujetos paralelamente a la vía sobre las carcasas de los ejes motores, del tipo de los diferenciales de camión, el mando de las ruedas se efectúa por medio de un reductor con diferencial. Los dos motores de un bogie están conectados en serie permanentemente.

Estos motores son utilizados, tanto para el frenado eléctrico por recuperación como para la tracción y los cuatro motores de una motriz están bajo la dependencia de un equipo de control que asegura:

- En tracción; el arranque por variación continua de la tensión de línea sobre los motores que estarán conectados permanentemente en serie paralelo y con posibilidad de controlar en forma continua el puenteo del campo.
- El frenado; permite con los mismos dispositivos que para la tracción que los motores funcionen como generadores, frenando eléctricamente.

El frenado mecánico se obtiene por la acción de las zapatas de madera impregnadas de aceite de cacahuete y sal ignífuga sobre la superficie de las ruedas auxiliares. Cuando por cualquier causa, no pueda enviarse corriente a la línea, el tren frenara eléctricamente por medio de un reóstato capaz de absorber el 30% de la energía de frenado.

### **2.1.15 Condiciones Atmosféricas**



El confort en el interior de los carros debe ser aceptable para las condiciones climatológicas extremas habitualmente.

El clima de Cd. De México se caracteriza por una temperatura poco variable en el curso del año (0° a 30°C), pero con lluvias extremadamente abundantes durante 3 meses al año, debiéndose considerar la temperatura de operación entre -5° y 45°C con un índice de humedad de 90%.

### 2.1.16 Tensión de Alimentación

La tensión nominal de la corriente distribuida en línea es de 600 volts. C.C. Siguiendo las condiciones de carga de la red, esta tensión puede elevarse a 650 volts, descender aproximadamente 450 volts y pasar bruscamente de uno de estos valores al otro.

## 2.2 Descripción detallada de los carros del material rodante MP-82

### 2.2.1 Bogíes

Los Bogíes motores (Figura 4) son de tres tipos, se diferencian únicamente por la presencia de accesorios particulares de cada uno de ellos:

Bogie motor delantero de motriz **M**.



Figura 4 Bogies motores

Este carro comprende los órganos especiales del freno de inmovilización colocados en la parte delantera del coche para el control desde la cabina de conducción.

El aparato de transmisión eléctrica del crono taquígrafo, está montado sobre el motor interior.



---

Las escobillas son positivas y de maza.

Un elemento transversal de protección está colocado sobre la parte delantera del bastidor, en cuyos extremos van instalados barre pistas, provistos de una protección de hule para apartar los cuerpos extraños que se encuentran sobre las pistas.

Cuenta con captore previstos para el sistema de Pilotaje Automático y un travesaño protector de filtro en la parte interior.

Bogie motor trasero de Motriz M.

Cuyas características son:

- Los órganos especiales del freno de inmovilización están colocados para su control desde el centro del bastidor del coche.
- Las escobillas positivas y negativas.
- El dispositivo de detección de velocidad está montado sobre el motor interior.
- Detector de velocidad TMV.
- Dos travesaños protectores de filtros.

Bastidor de Bogie motor de Motriz N. (Figura 5)



Figura 5 Bastidor de Bogie motor

Los órganos especiales del freno de inmovilización están colocados para su control desde el centro del bastidor del coche.

Cuenta con escobillas positivas (Figura 6), negativas o de maza.

Contiene dos travesaños protectores de filtros.

---



Salvo los accesorios particulares, los bastidores de Bogíes motores son idénticos e intercambiables.

Por lo que obtenemos en consecuencia:

1. Las uniones caja-bogie diferentes a las del freno de inmovilización están, sobre una misma motriz, instaladas simétricamente con respecto al punto medio de la caja.
2. Todos los bastidores de bogíes llevan los herrajes y barrenos necesarios para recibir los órganos del freno de inmovilización en los dos sentidos posibles.
3. Todos los bastidores de bogíes motores están previstos para recibir indiferentemente a los órganos que los integran.
4. Todos los bastidores de bogíes motores están previstos para recibir los mismos cableados.

Los Bogíes Portadores son todos idénticos y comprenden:

- a) Los órganos especiales del freno de inmovilización colocados para su control desde el centro del bastidor del coche.
- b) Las escobillas de maza únicamente.

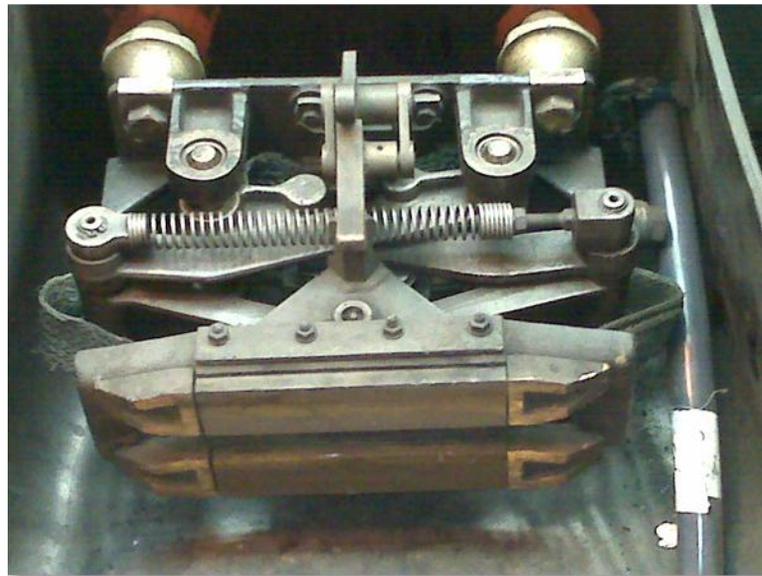


Figura 6 Escobillas Positivas



---

## Bastidores de bogíes portadores.

Los bastidores de bogíes portadores son intercambiables, en consecuencia: las uniones caja-bogie del freno están, sobre un mismo remolque, instaladas simétricamente con respecto al punto medio de la caja.

Las cotas fundamentales impuestas, son las mismas para los bogíes motores y los bogíes portadores.

A fin de hacer que las operaciones de mantenimiento sean lo más simples y económicas posibles, los dos tipos de bogíes están contruidos con el máximo de elementos comunes, tales como:

1. La rueda portadora y su neumático.
2. La rueda de seguridad.
3. La maza y la flecha del eje.
4. El bastidor de bogie.
5. La rueda de guiado y su neumático.
6. El eje de la rueda de guiado, maza, los órganos de unión con el bastidor y el dispositivo de ajuste de posición de la rueda.
7. Los elementos de unión de los ejes con el bastidor.
8. El pivote.
9. La suspensión secundaria.
10. Dispositivo de estabilización transversal.
11. La timonería de freno completa, comprendido el freno de inmovilización, la única diferencia entre los dos tipos de bogíes es el diámetro del cilindro de freno.

Cuando un neumático rueda desalineado aun con un ángulo de desviación reducido, se desgasta bastante, es por lo tanto indispensable que las posiciones relativas de las ruedas portadoras y de guiado de un mismo bogie, estén aseguradas en el primer montaje y mantenidas durante todo el tiempo con una gran precisión para evitar dicho fenómeno para ambos tipos de neumáticos. Las tolerancias precisadas después de la ejecución de los ajustes. El acatamiento de estas tolerancias, se hace por medio de una verificación sobre un astillón especial después de la recepción.

---



## 2.2.2 Ejes

### 2.2.2.1 Eje motor.

El eje motor completo (Figura 7) es un conjunto constituido por:

- a) El cuerpo del eje o puente.
- b) Dos ruedas portadoras con neumáticos, fijadas sobre las masas del eje.
- c) Dos ruedas de seguridad, atornilladas sobre las mismas mazas.
- d) Los motores fijados a la brida del carácter del eje.
- e) Cuatro soportes elásticos de fijación del puente con el bastidor del bogie, unidos en las orejas de las fundas del diferencial.



Figura 7 Eje Motor

### 2.2.3 Diferencial



Figura 8 Diferencial



---

Es semejante a los diferenciales de los camiones y sus funciones son similares en:

- Transportar sobre las ruedas, el peso de la carga recibida por la unión del bogie.
- Transmitir el par motor o resistente, a las ruedas por intermedio de un reductor y de un diferencial.
- Transmitir al bastidor del bogie, esfuerzos de arranque y frenado y del par de reacción resultante.

Los diferenciales (Figura 8) de los cuales se componen todo el tren comprenden esencialmente:

Piezas de seguridad en diferencial que son de carácter central con una o varias piezas fundidas, que presentan una brida destinada a soportar el motor y cuatro orejas para montaje de los soportes elásticos.

Dos fundas tubulares de acero especial de alta resistencia, tratadas, montadas a presión en el carácter o atornilladas convenientemente.

Dos mazas de acero fundido, montadas con rodamientos con rodillos cónicos en las fundas y que comprenden cada una.

Un collarín que soporta la rueda de seguridad y la rueda con neumático.

Un reductor con diferencial, colocado en el centro del cárter y que asegura en dos pasos una reducción adecuada a la velocidad del motor.

El reductor está montado íntegramente sobre rodamientos de rodillos.

Dos flechas estriadas para la transmisión de esfuerzos del reductor a las masas, fabricadas, en acero especial de alta resistencia tratado.

Un acoplamiento elástico entre el motor y el reductor, que comprende la pieza que habrá de montarse sobre el extremo del eje del motor.

El cárter debe comprender:

- a) Un tapón de llenado de aceite.
- b) Un tapón de vaciado.
- c) Un dispositivo visual de control de nivel.

El aceite utilizado en el cárter, debe ser aceite nacional adecuado. Para efectos de rodamiento y bajo las pruebas ya antes realizadas para su lubricación y protección adecuada.

Estos tres dispositivos están dispuestos de tal manera de ser perfectamente accesibles desde la fosa en la cual se efectúa el mantenimiento, bajo el coche.

---



Es necesario mencionar que el servicio se realiza en partes iguales en los dos sentidos de rotación. Los diferenciales están diseñados y fabricados de manera de obtener un funcionamiento silencioso en ambos sentidos de rotación. Se debe asegurar un rodamiento de recorrido de servicio en línea de por los menos 400,00 kilómetros, sin ninguna operación de mantenimiento más que de los engrasados usuales.

Al terminar este recorrido, el funcionamiento debe todavía ser silenciosos y las diferentes juntas asegurando la estanqueidad en un estado tal que no sean constatados escurrimientos anormales de lubricantes.

Todos los órganos de los diferenciales deber ser perfectamente accesibles, de montaje y desmontaje fáciles.

El funcionamiento silencioso depende, en gran parte, de la precisión de montaje de los órganos reductores, sus ajustes de posicionamiento relativo se efectúan cómodamente y exclusivamente por la interposición de calzas de espesor fijo. Lo mismo para el ajuste de los acoplamientos deberá estar equilibrado estática y dinámicamente a la velocidad máxima de rotación.

#### **2.2.4 Rueda portadora con Neumático**

Las ruedas portadoras con neumático (Figura 10) son suministrados por la manufacturera de Neumáticos Michelin. El Neumático es inflado con nitrógeno a la presión que recomiende el proveedor por cada tipo de neumático.

Una tapa de materia aislante autoextinguible protege el rin de la rueda y su interior, de incidente de orden eléctrico. Se montara a presión sobre el rin por medio de tres seguros.

Las precauciones particulares que deben ser tomadas para que el centro y equilibrado del conjunto no provoquen vibraciones excesivas del material, en la gama de velocidades de servicio tanto en estado nuevo, como durante la vida útil del neumático.



Figura 10 Rueda Portadora con Neumático



---

### **2.2.4.1 Rueda de Seguridad**

Esta rueda está totalmente maquinada. La superficie utilizada en el frenado por zapatas deber estar exenta de huellas de maquinado.

### **2.2.5 Motor**

Se encuentra fijado, por una parte sobre la brida del diferencial con un sistema de caja de centrado por medio de pernos y/o birlos por otra parte sobre el travesaño elástico del extremo del bastidor del bogie por tornillo. La fijación del motor está prevista para que el cambio de un motor pueda ser realizado en condiciones cómodas sobre el diferencial sin necesidad de separar el diferencial del bastidor del bogie.

### **2.2.6 Soportes Elásticos de Fijación al Bastidor del Bogie.**

Estos soportes de hule, en número de cuatro por eje, constituyen de hecho la suspensión primaria. Son de gran rigidez y no intervienen prácticamente en la suspensión, pero están diseñados para proporcionar y mantener en servicio, un encuadrado correcto de rodamiento y permitir un cambio del eje rápido y fácil.

### **2.2.7 Eje Portador**

El eje portador deriva directamente del eje motor descrito anteriormente. Se constituye por:

- a. Un cuerpo central monoblock fundido, provisto de cuatro orejas para el montaje de los soportes elásticos a los mismos entre-ejes, que sobre el eje motor.
- b. Dos fundas similares a las del eje motor.
- c. Dos mazas idénticas a la del eje motor con tapas de obturación, del mismo barrenado que las cabezas de las flechas.
- d. Dos ruedas portadoras con neumáticos y dos ruedas de seguridad de los modelos descritos anteriormente.
- e. Cuatro soportes elásticos de fijación al bastidor del bogie del modelo MP-82.

### **2.2.8 Bastidor del Bogie**

El bastidor del bogie (Figura 11) es del modelo de largueros interiores, suspendidos bajos los ejes, su diseño deberá ser tal, que soporte sin deterioro alguno, las condiciones de carga y de operaciones previstas en las presentes especificaciones.

Está constituido por:

- Un cuerpo de bastidor de monoblock en forma de H formado por dos largueros y el travesaño pivote.
  - Dos travesaños de extremo que mantiene la separación de los largueros.
-



Estos travesaños de extremo difieren de acuerdo al tipo de bogie. En el Bogie Motor, los travesaños están atornillados sobre los motores y solidarizados con los largueros, por medio de los soportes de hule cuyas características elásticas son escogidas de conformidad con las de los soportes principales de fijación de los puentes al bastidor, para que los pares de reacción de arranque no sobrecarguen ninguno de los soportes. Sobre el Bogie Portador, los travesaños están únicamente solidarizados elásticamente con los largueros del bastidor.



Figura 11 Bastidor del Bogie

El cuerpo del bastidor y los travesaños están constituidos de lamina de acero dulce de “calidad caldera” de alta soldabilidad garantizada. Los ensambles son efectuados por soldadura eléctrica de arco con electrodo protegido y soldadura de micro alambre bajo Gas  $CO_2$ .

La construcción es del tipo de cajón con elementos perforados por medio de doblados embutidos para reducir al mismo la longitud de los cordones de soldadura y colocarlos en las zonas de menos contracción. Después de acabados los ensambles soldados y antes de la ejecución de maquinados, los cuerpos de bastidor y los travesaños sufren un tratamiento de relevado de esfuerzos, ejecutado conforme a las normas establecidas.

En el lugar de ensambles, se prevén refuerzos interiores de cajones que aseguran una repartición correcta de los esfuerzos transmitidos y bordes exteriores maquinados que permiten respetar las cotas impuestas.

Sobre los cuerpos del bastidor, son ensamblados, los órganos enumerados a continuación.

- Ejes por medio de tirantes de suspensión que atraviesan igualmente los soportes elásticos.
- Parte inferior del pivote en el eje del travesaño central.
- Órganos de suspensión secundaria y de estabilización transversal.
- Órganos de guiado.
- Órganos de freno de aire y de freno de inmovilización.



- Escobillas negativas o escobillas de maza.
- Escobillas positivas con un fusible para dos frotadores.

El cuerpo del bastidor de bogie lleva además:

Todos los herrajes necesarios para la fijación de la tubería neumática y del cableado eléctrico así como la soportería soldada a bastidor para equipo de control y comunicación. Con el fin de limitar los efectos de la corrosión, ninguna abertura debe alterar la estanqueidad del bastidor por lo que es supervisado todo el sellado al término de una unión.

### 2.2.9 PIVOTE

Para reducir el mínimo de sobrecargas de los ejes durante el arranque y el frenado, el punto de aplicación de los esfuerzos horizontales de la caja en el bogie es aproximado al máximo posible al plano de rodamiento. Esta situado en el peralte del bastidor del bogie a aproximadamente 350mm de la vía.

El Pivote completo (Figura 12) se constituye de los siguientes elementos:

- De un pivote acero especial de alta resistencia tratado, atornillado a la estructura de la caja y lleva una rotula esférica macho de acero especial de alta resistencia tratado, girando en una rotula hembra de bronce fosforado con superficie exterior cilíndrica.
- De una parte inferior del pivote que comprende esencialmente de una camisa cilíndrica de acero dulce dentro de la cual desliza verticalmente la rotula hembra, la misma que está fijada sobre el bastidor del bogie con interposición de un “anillo elástico” de gran dimensión.
- De una pieza llamada “candado del pivote” que una vez montado, impide al pivote desprenderse en caso de levantamiento excesivo de la caja.

Al fondo de la camisa esta obturado para formar un baño de aceite por medio de una cubierta que lleva un tapón de vaciado y un tubo de derrame. En la parte superior del baño de aceite, la estanqueidad contra el polvo es asegurada por una junta deslizante apoyada por un resorte.



Figura 12 Pivote



### 2.2.10 Suspensión secundaria y Dispositivo de estabilización transversal.

La caja descansa en cada extremo sobre dos apoyos elásticos laterales instalados sobre los bogies sensiblemente alineados con la vertical de los largueros es decir, bastante cerca del pivote.

Esta disposición de los apoyos, su flexibilidad y la posición del pivote hacen que la estabilidad transversal de la caja no pueda ser asegurada en condiciones compatibles con la inscripción del material dentro del túnel más que por la añadidura sobre cada bogie y de una barra de torsión montada sobre cojinetes anti balance. Los cojinetes de la barra anti balance son de un material llamado CESTIDUR (Bronce tratado).

La suspensión secundaria vertical (Figura 13) y la barra de torsión están instaladas para satisfacer las bases siguientes:

- Altura teórica en vacío del piso tomada a partir del plano horizontal que comprende los ejes de las ruedas; 720mm. (resortes usados), 730mm (resortes nuevos).
- Tolerancia sobre esta cota;  $\pm 2$ mm. Esta tolerancia estrecha, se justifica por el hecho que los obstáculos fijos en túnel están a menudo instalados en el límite del galibo del material. El respetar esta tolerancia por una parte, unifica los resortes para los diferentes tipos de bogies motores cuando las cargas en vacío son ligeramente diferentes, por otra parte, imponen la presencia de un dispositivo de ajustes en la altura de las cajas.
- Abatimiento estático de la caja bajo sobrecarga de pasajeros.
- Abatimiento máximo de la caja hasta el contacto con el tope de seguridad.
- Rigidez angular transversal total por el bogie para las motrices, teniendo en cuenta, al mismo tiempo la acción de la barra de torsión y la acción de los apoyos elásticos laterales, haciéndolos intervenir con la rigidez de vibración que ellos realizan para la carga.



Figura 13 Suspensión del bogie

La suspensión del bogie portador no difiere de la del bogie motor. Todas las piezas, comprendiendo las barras de torsión, son rigurosamente idénticas para los dos tipos de bogies.



Con el fin de obtener variaciones de la frecuencia propia de oscilación vertical en función de la carga tan reducida, como sea posible, el elemento elástico de cada apoyo está constituido por un resorte helicoidal mezcla acero hule con flexibilidad variable. Estos serán calibrados de acuerdo a las cargas de las cajas.

Los resortes de un apoyo descansan sobre una cubeta de centrado, fijada directamente al bastidor del bogie.

Sus extremos superiores dan apoyo a una placa articulada en una de las puntas de los brazos de la suspensión, cuyo objeto es asegurarle una trayectoria sensiblemente vertical. Las otras dos puntas de los brazos de la suspensión giran alrededor de chumaceras solidarias de un travesaño ligado al bastidor del bogie por dos asientos firmemente sujetos a los largueros.

La barra de torsión se instala en el eje de rotación de los brazos de la suspensión y se liga a ellos mediante estrías.

La caja descansa por medio de placas de deslizamiento sobre los platos de apoyo de la rotula, fabricados del material denominado CESTIDUR, montadas estas sobre los brazos de la suspensión y actuando verticalmente sobre los resortes.

Como el plano horizontal de los deslizadores sobre las plazas de apoyo se encuentran a un nivel superior al centro de la rotula del pivote, las oscilaciones de balanceo de la carrocería, implican un movimiento lateral que origina fricción entre las superficies deslizantes, con un efecto amortiguador.

Los materiales de dichas superficies y su lubricación se escogen para que el amortiguamiento sea adecuado. La placa de deslizamiento en la caja es preferente de acero cementado, templado y rectificado. Pudiéndose emplear como alternativa acero inoxidable.

La barra de torsión es de acero especial de alta resistencia, tratado térmicamente y rectificado, y debe diseñarse con un alto coeficiente de seguridad.

La lubricación de articulaciones, rotula y superficies de fricción de la suspensión secundaria y del dispositivo de estabilización transversal, es concebida para que las operaciones de mantenimiento se ejecuten con poca frecuencia y sean cómodas.

### **2.2.11 Guiado**

El guiado es asegurado por neumáticos Michelin del tipo 600X9 montado sobre ruedas o aro metálico del tipo 400E9. Este neumático está inflado con nitrógeno a la presión recomendada por el proveedor.

La rueda de guiado está sujeta con pernos a una maza giratoria sobre una flecha fija por medio de rodamientos, de rodillos cónicos. La flecha está unida a un brazo atornillado al larguero del bastidor.



Con el fin de permitir, con toda seguridad, la explotación sobre los tramos de superficie de la red de la Ciudad de México, las ruedas de guiado serán protegidas de las aguas de escurrimiento o de la lluvia por una cubierta de material plástico con características ignífugas que evite así todo riesgo de un brinco de arco eléctrico entre los rieles conductores y la maza del bogie.

### **2.3 Descripción de los Órganos de Freno sobre Bogie.**

Todos los órganos de freno sobre el bogie, salvo el cilindro de freno son idénticos en los bogies motores y portador.

#### **2.3.1 Zapatas**

Las zapatas (Figura 14) son de madera impregnadas en aceite de cacahuete y sal ignífuga están sujetas por medio de tornillos de latón sobre porta zapatas, estos están articulados sobre las palancas que los soportan como rebajadas y alineadas.

Un dispositivo orientador de fricción es el que tiene como función el mantener la zapata alejada de la superficie de la rueda cuando el freno no está siendo aplicado y se encuentra colocado entre el porta zapata y su palanca. Es de manejo fácil y no interfiere con las operaciones de cambio de zapata.



Figura 14 Zapatas

#### **2.3.2 Piezas de Timonería**

Las palancas de la timonería de forma simple son habilitadas de laminas de acero dulce de "Calidad caldera" y de alta soldabilidad. Las piezas de forma más compleja, son obtenidas por soldadura eléctrica de arco, de elementos troquelados en láminas de acero de la misma calidad y tubos estirados sin costura, de acero dulce.

Las piezas de la timonería soldadas, son reconocidas al horno a 625-650° C, antes de maquinarse.



### 2.3.3 Articulaciones

Las articulaciones están todas constituidas de ejes y cojinetes de acero tratado. Todas las disposiciones fueron tomadas para facilitar el engrasado como la distancia de rueda y suspensión, rueda guía y sistema de frenado a fin de evitar la oxidación y el desgaste de los ejes.

La articulación, que forma el punto “fijo” para repartir el juego entre las dos zapatas cuando el freno esta aplicado, está equipada con un disco de fricción apoyada por un resorte.

### 2.3.4 Regulador de la timonería.

El regulador de la timonería es de doble efecto y por su posición hace la función de barra de acoplamiento.

### 2.3.5 Cilindro de Freno

Todos los cilindros de freno (Figura 15) son de concepción idéntica y su carrera útil aproximadamente de 125mm. El cuerpo del cilindro es de fundición; el embolo huevo de acero está revestido por un sombrero de hule sintético.



Figura 15 Cilindro de Freno



---

### 2.3.6 Freno de Inmovilización

Cada coche consta de dos frenos de mano; uno opera sobre todas las zapatas del bogie delanteros, el otro sobre todas las zapatas del bogie trasero.

El órgano de mando del tornillo está colocado dentro de la cabina de conducción para el freno del bogie delantero de las motriz M; y sobre dos costados del bastidor de la caja, para el bogie trasero de las motrices N, a fin de poder ser manipulados por una persona de circule sobre la vía entre el tren y la pared del túnel.

Se usan transmisiones por cables flexibles con funda entre un dispositivo de transmisión montado en la tuerca de operaciones y los cuatro dispositivos de transmisión de los cilindros de freno de cada bogie, con los que se asegura la transmisión y distribución de los esfuerzos a continuación se dan datos técnicos del funcionamiento de esta manivela.

#### 2.3.6.1 Datos de funcionamiento del freno de inmovilización.

Mando en cabina: radio de la manivela	125mm
Mando bajo la caja: radio del volante	100mm
Esfuerzo desarrollado por el agente	20daN

#### 2.3.6.2 Descripción de los órganos del freno de inmovilización.

Para todos los bogies se usan los mismos dispositivos, salvo la orientación para los bogies delanteros de los coches motores M, desde la unión al juego de palancas hasta el tornillo, incluyendo este. El dimensionamiento de dichos dispositivos corresponde a los esfuerzos del bogie con más carga.

Para los bogies delanteros de los coches motores M, la manivela se ubica en el cancel de la cabina y opera por medio de una cadena descendente al tornillo, que está situado hacia adelante del vehículo; los cables flexibles sobre el bogie se orientan en la misma dirección.

Para los otros bogies, los volantes se colocan a ambos lados del bastidor y de la carrocería y mandan por engranes cónicos al tornillo, que queda situado cerca del centro del vehículo; los cables flexibles se orientan en esa dirección.

La relación de reducción entre el órgano de maniobra y el tornillo es diferente, según se trate de bogies delanteros de motrices M o de otros bogies, de manera de permitir respetar los datos de funcionamiento.

Las transmisiones para cables flexibles con fundas activas son de un modelo con rendimiento elevado, estable con el tiempo y bien adaptado a los esfuerzos a transmitir. Los extremos del alma y de la funda son ajustables del lado del tornillo. Un amortiguador será instalado sobre los mandos del freno de mano.

---



---

La manivela de cabina está provista de una empuñadura abatible que se asegura en sus dos posiciones extremas. Esta montada sobre una caja cuya fijación es ajustable para permitir la tensión correcta de la cadena.

Los bogie motores (M o N) y portadores (PR) llevan los dispositivos propios para el sistema de pilotaje automático.

### **2.3.7 Travesaños**

El travesaño de protección de filtro asegura la protección mecánica de los conductores de aspiración de los motores durante las maniobras de los bogies en el taller.

El travesaño de los barre pistas, tienen la misma función que la anterior y consta, además, de 2 brazos que soportan las paletas verticales destinadas a despejar las pistas de todo obstáculo eventual que pueda encontrarse.

### **2.3.8 Conexión a Tierra.**

Dos trenzas de cobre extra flexible de gran sección (150mm<sup>2</sup> aproximadamente) aseguran que se mantenga al mismo potencial del bastidor de la caja y todos los órganos del bogie.

---



---

### 2.3.9 Piezas de Seguridad de Acero Fundido

Los herrajes de los soportes de los aparatos eléctricos, las bridas para los conductores de aire y los cables están dispuestos para que sus soldaduras de fijación sobre el bastidor del bogie no se localicen en zonas de concentración de esfuerzos, a fin de evitar los riesgos de fisuración en servicio. Las perforaciones con taladro aplicadas directamente en las paredes del bastidor y en otras piezas de resistencia construidas de lamina, están prohibidas.

### 2.4 Alumbrado y Luces

El servicio de material rodante está destinado a asegurar el servicio esencialmente en vías subterráneas y por consiguiente, el alumbrado general permanece continuamente encendido en los trenes en servicio.

En estas condiciones el encendido del alumbrado es la primera maniobra que se debe efectuar sobre un tren estacionado para ponerlo en operación (a lo que en taller llamamos preparativo del naranja) y además del alumbrado general del tren se pone en servicio igualmente el funcionamiento automático de otros dispositivos diversos necesarios para el mismo, tales como compresores, grupo de convertidores, etc.

Así, para poner en servicio a un tren estacionado, la única operación a realizar es accionar uno de los botones de encendido situados bajo el bastidor en la parte delantera de las motrices M o bien accionar el botón de mando de encendido situado dentro de las cabinas.

#### 2.4.1 Alumbrado Normal de los coches

Cada coche esta alumbrado en su servicio normal por una línea continúa de tubos fluorescentes alimentados por una fuente CA-220-60H y está provisto de de tres tipos de luminarias:

- Tipo N; que comprende solamente un tubo de 40W y sus accesorios.
- Tipo S; que contiene además, una lámpara de 6W para el alumbrado de emergencia.
- Tipo T; que comprende un tubo de 20W y estará instalada en la parte delantera de la motriz con cabina.

Los tubos fluorescentes son de un tipo llamado “encendido instantáneo”, su funcionamiento y especialmente su arranque debe permanecer asegurado para temperaturas que descienden a 0° C.

Los difusores de luminarias que protegen los tubos realizan una buena estanqueidad y una accesibilidad inmediata permitiendo el reemplazo rápido de un tubo. Estos difusores deberán estar fabricados en material denominado POLICARBONATO.

---



---

## 2.4.2 Alumbrado de Emergencia

El alumbrado de emergencia es establecido dentro de cada coche, por lámparas fluorescentes de 6W, alimentadas en baja tensión “BT” de la batería.

Su encendido es provocado automáticamente en ausencia de alimentación del circuito monofásico del alumbrado normal. Estas lámparas fluorescentes están disimuladas en las luminarias y su encendido tiene por objeto una iluminación leve.

La accesibilidad de estas lámparas de emergencia es la misma para la de todos los tubos fluorescentes de 40W, con el fin de reducir el mínimo de duración de las operaciones eventuales de reemplazo.

## 2.4.3 Alumbrado de la cabina de conducción y de los aparatos de control

El alumbrado de la cabina es asegurado por dos luminarias que comprenden cada una, una lámpara incandescente.

Estas dos lámparas incandescentes están alimentadas por la fuente de BT no regulada.

Su encendido es posible, en todas las circunstancias, por la maniobra de interruptor especial colocado en la cabina.

Los aparatos de control, dispuestos sobre el pupitre se encienden automáticamente para permitir con facilidad su observación durante la marcha. Este alumbrado se asegura por pequeñas del tipo “bayoneta” alimentadas en serie por la fuente BT.

## 2.4.4 Alumbrado del número de tren y del indicador de destino

La parte delantera del tren lleva, en la parte superior, un dispositivo luminoso que indica el número del tren y el nombre de la terminal hacia la cual se dirige.

La conexión de las lámparas incandescentes es mediante BT (Baja Tensión). De acuerdo a la dirección que se lleve el tren enciende y apaga el indicador de la cabina trasera aunque el número del tren permanece en encendido.

## 2.5 Luces de Identificación

Sobre la parte delantera de las motrices, en la parte superior trasera del parabrisas, están dispuestas dos luces de color ámbar que enmarcan el número de tren y el indicador de dirección.

Estas luces son operadas por medio de un conmutador colocado en la cabina y pueden dar ya sea una luz fija o bien parpadeante. Esta disposición permite, al servicio de explotación, de señalar al personal ciertos trenes especiales.

### 2.5.1 Luces de protección de los trenes

La parte delantera de cada motriz M, lleva en el exterior bajo parabrisas cuatro fanales: los fanales extremos emiten cada uno una luz roja en la motriz trasera, las dos de en medio emiten cada uno una luz blanca en la motriz delantera.

---



---

## 2.6 Ventilación

El sistema de ventilación consiste de 7 ventiladores axiales dispuestos en el techo y que inyectan aproximadamente 14,000  $14,000m^3/hr$ ; la succión de aire se realiza por tomas provistas de filtros y colocadas en los costados.

La extracción del aire al exterior se efectúa por medio de rejillas de efecto venturi, ubicadas en la zona bajo ventanas.

Los equipos de ventilación son alimentados en corriente alterna 220 Volts. 60 Hz, por el convertidor estático.

El grupo de ventilación consiste básicamente

- 1 motor
- 1 Hélice
- 1 Estructura Soporte
- 1 Difusor
- 1 Conjunto Mecanismo Sujeción y Abatimiento

Todo este grupo de partes es accionado o detenido por medio de un control termostático.

El peso del grupo es de aproximadamente 15kgs y el moto-ventilador es abatible hacia el interior del coche para efectos de reparación o mantenimiento.

El difusor armoniza con la estética interior del coche.

## 2.7 Equipo neumático

El aire comprimido producido, para cada tren se divide por tres grupos de moto-compresores colocados bajo cada uno de los remolques y asociados cada uno a un depósito principal de almacenamiento, es utilizado para:

- Regeneración del secador de aire
- El mando del freno de zapatas
- La operación de las puertas deslizantes de costado
- El limpia parabrisas
- Disyuntores principales e inversión sentido de marcha

Para un tren el depósito principal esta comunicado directamente entre ellos por conductos y tuberías de equilibrio por consiguiente a la misma presión entre todos sus carros.

Los grupos de motocompresores se arrancan y paran simultáneamente bajo el control de cualquiera de los relevadores electro neumáticos de regulación que primero lo detecte.

El grupo de motocompresores es un conjunto suspendido elásticamente bajo el bastidor del remolque y comprende:

- Un compresor de dos pasos.
  - Un motor eléctrico cerrado con conectores eléctricos de seguridad.
-



- Una transmisión por bandas trapezoidales con dispositivo de ajuste de tensión de banda.
- Un bastidor soporte con fijaciones elásticas de suspensión al bastidor de la caja y dispositivo de separación rápida.
- Un filtro que hace silenciosa la aspiración.
- Un radiador de enfriamiento del aire entre pasos.
- Un radiador de enfriamiento del aire expulsado.
- Un separador de aceite y de agua de condensación con grifo de purga.
- Una válvula de seguridad a la salida.
- Una válvula de seguridad entre pasos.
- Un conducto flexible de unión con la tubería bajo bastidor.

## 2.8 Alimentación del motor

El circuito del motor del grupo está alimentado en corriente continua de 750 volts que consta de una resistencia de protección insertada permanentemente cuyas características son fijadas por el constructor del motor.

El control del circuito del motor es asegurado por dos contactores que realizan un arranque en dos tiempos.

### 1er Tiempo

Una resistencia de arranque del motor (del valor fijado por el constructor del motor) esta insertada suplementaria a la resistencia de protección, de manera que la tensión en los bornes del inducido se inferior a 300 volts.

### 2o Tiempo

Después que la tensión en los bornes del inducido excede de 300 volts, la resistencia de arranque es eliminada del circuito en el cual subsiste solo la resistencia de protección. El paro se efectúa por corte directo del circuito.

Por el funcionamiento de los relevadores electro neumáticos, el arranque es ordenado cuando la presión del depósito principal es inferior a 6.8 bars y el paro es obtenido después que alcanza 8.2 bars.

La maniobra de un interruptor en “compresor directo”, colocado sobre el pupitre de la cabina de conducción, provoca el arranque del grupo, cualquiera que sea la presión de los depósitos.

- a) Presión de Salida: El compresor impulsa normalmente el aire a una presión comprendida entre 6.8 y 8.2 bars. Excepcionalmente en caso de marcha “en directo”, la presión de salida puede alcanzar 10 bars, valor limite de ajuste de la válvula de seguridad de depósito.



---

b) Gasto: El gasto mínimo efectivo por minuto debe ser de 1000 L, de aire , a la temperatura de 15°C y la presión atmosférica normal de 1.013 bars en las condiciones de funcionamiento siguientes:

Motor alimentado bajo 720 volts con resistencia de protección insertada en el circuito.  
Presión de salida de 7.5 bars.

c) Servicio: El grupo moto-compresor deber asegurar un servicio continuo en las condiciones de funcionamiento definidas anteriormente para el gasto.

d) Balance y ruido: El grupo no debe transmitir ninguna vibración a la caja. En consecuencia, se procederá a un balanceo estático de las partes móviles, a fin de reducir al máximo la amplitud de los movimientos vibratorios de la parte suspendida, los órganos de suspensión elástica son diseñados para impedir completamente la transmisión de estos movimientos al bastidor de la caja.

Importa igualmente que el funcionamiento del grupo sea lo más silencioso posible, por lo tanto ciertas disposiciones han sido tomadas en cuenta para atenuar los ruidos emitidos por los diversos órganos, tales como: colocación de un silenciador eficaz sobre la aspiración, insonorización del cárter, elección de un modelo de radiador de enfriamiento de aire como aletas monoblock.

La velocidad de rotación del compresor es un elemento que tiene una gran incidencia sobre el nivel sonoro, por lo cual no es recomendable operar a velocidades superiores a la nominal.

Las medidas del nivel sonoro no deberán exceder de 80 decibeles, en un punto situado a un metro por arriba del grupo, apoyado este, sobre el suelo de un taller cuyo ambiente no sobrepase 35 decibeles al momento de las medidas.

Anteriormente se menciona que el grupo está suspendido bajo el bastidor de la caja en el eje del coche. El personal tiene acceso a ese grupo desde la fosa, por abajo, para efectuar las operaciones de mantenimiento usuales como: engrasado, verificación del colector y de las escobillas. Los órganos están dispuestos para que estas operaciones de mantenimiento sean cómodas de realizar.

Los órganos de suspensión elástica se fijan con alojamiento en el bastidor de la caja: llevan la parte amovible del grupo por medio de dispositivos con pasadores que permiten desacoplamiento rápido después de levantado 2.0cm.

---



---

## 2.9 Sistema de Alimentación

El sistema de suministro de alto voltaje es responsable de alimentar el tren con energía durante la tracción y también para la inyección de energía hacia la red durante el frenado regenerativo.

Durante la operación normal del tren la alimentación de energía se obtiene por tercer riel (Barra Guía). La tensión eléctrica de tracción es distribuida por la barra guía como polo positivo y es captada por escobillas montadas en los bogíes de los carros motrices. El polo negativo está constituido por los rieles de la vía férrea y los trenes se conectan a ésta a través de escobillas o frotadores negativos, también instalados en los bogíes de todos los carros.

Para las labores de mantenimiento en el taller, los carros motriz están provistos de dos tomas de alimentación de alta tensión para conexión por trole, lo cual solo permite desplazar a velocidad reducida un elemento de tres carros o el tren completo, y la alimentación exclusiva de los equipos auxiliares, ya que las vías del taller están desprovistas de barras de alimentación.

Durante el mantenimiento y servicio el tren puede ser alimentado por las toma de taller (toma PAT).

Un conmutador llamado KFP permite cambiar la vía de suministro de energía del tren.

El sistema tracción-frenado se conecta al 750V DC (3) por medio del tercer riel. Los circuitos de la inyección de frenado (pre-excitación) se conectan a 220 VCA (monofase) a una frecuencia de 60 Hz. La inyección de frenado solo trabaja cuando la línea es receptiva. Los circuitos de control están alimentados con 72 VDC.

## 2.10 Acopladores Eléctricos

La conexión eléctrica entre carros se efectuará por medio de acopladores eléctricos removibles, el proveedor deberá apegarse al número de cables existentes (líneas de tren) para el sistema tracción-frenado.

## 2.11 Interferencias Electromagnéticas

Los nuevos equipos del sistema tracción-frenado, no deben ser perturbados por los campos electromagnéticos producidos o radiados por los diversos equipos de potencia, información, control o mando instalados en los trenes o existentes en la instalación fija, ni estos deberán ser afectados por el funcionamiento de los nuevos equipos que conformen el sistema tracción-frenado.

## 2.12 Control de Chopper

El control del chopper se basa en el autómata estándar MDC de la empresa Alstom. La función de mando de chopper consiste de:

---



---

Convertidor de control dinámico: el control preciso del torque de motor, que asegure la suavidad absoluta de tracción y frenado Electro Dinámico (ED). También realiza el control de Patinamiento /deslizamiento de la unidad de tracción y el frenado Electrodinámico (ED).

La generación de señal de Modulación de anchura de pulso (PWM): Cálculo con exactitud del tiempo de conmutación de los IGBT.

Limitación de Corriente de Línea: El controlador de límite de corriente de línea previene que el equipo de tracción se detenga cuando por cualquier razón la corriente de la línea se hace demasiada alta. Cuando la corriente de la línea se hace demasiado alta el desempeño se limitará a un nivel ajustable.

Interface del vehículo: La Traducción de la señales mando del conductor del tren en las acciones del convertidor de tracción, y la traducción de la señales del sistema de control de la tracción en información para el conductor, personal de mantenimiento y para otros sistemas eléctricos en el vehículo. La interface entre la electrónica de mando de tracción y el vehículo se logra con varias líneas de tren.

Control de la excitación: El control de los interruptores de estados sólido que se usan para el debilitamiento de campo están controlados por el módulo de control electrónico.

El control de Patinamiento /deslizamiento de ruedas: La unidad de mando de tracción proporciona control de Patinamiento /deslizamiento en dos aspectos diferentes:

- Giro de la rueda: ocurre durante la tracción cuando la velocidad del eje es más alta que la velocidad del tren.
- Patinamiento de la rueda: ocurre durante el frenado cuando la velocidad del eje es más baja que la velocidad del tren. Bajo las condiciones extremas, los ejes pueden bloquearse completamente.

## **2.13 Frenado de Emergencia y Frenado de Servicio**

- Frenado de Urgencia (FU): en caso de que la señal de frenado de urgencia sea detectado, sólo el frenado mecánico se aplica. En este caso el tren deberá detenerse tan rápido como sea posible maximizando la seguridad de los pasajeros, personal y no usuario.
  - Cuando el frenado de urgencia es necesario, el manipulador vía el interruptor de frenado de urgencia (RFU) y las líneas del tren transmiten la orden al sistema de frenado mecánico. En este caso el grado más alta de frenado mecánico (>MB6) se aplica.
  - Frenado de Servicio (FS): el frenado de Servicio se concibe para lograr un nivel más alto de integridad del sistema que el frenado de emergencia. Los pasajeros pueden activar el frenado de servicio vía el interruptor de servicio (RFS) desde los carros del tren.
  - El desempeño del frenado de servicio puede estar a un nivel más bajo que el frenado de urgencia.
  - El nivel de frenado de servicio es F6 usando el frenado eléctrico y mecánico a la vez (si es posible).
-



---

## **2.14 Control de Frenado Mecánico**

El frenado mecánico se requiere cuando el frenado ED es insuficiente. Normalmente esto pasa cuando el tren va a detenerse el sistema de frenado mecánico actúa como un frenado de estacionamiento. Pero también en caso de una falla en el chopper de la tracción el sistema de frenado mecánico se activará para restablecer el esfuerzo de frenado requerido.

Los primeros cuatro niveles de frenado (F1-F4) pueden ser logrados aplicando el frenado ED o bien el frenado mecánico (MB1-MB4). F5 y F6 representan una combinación de frenado ED y frenado mecánico (ED4+ MB1 o MB2, respectivamente). El nivel de frenado de urgencia sólo es logrado por el nivel más alto de freno mecánico que existe en los trenes.

## **2.15 Inversor de dirección, conmutador Tracción /Frenado y debilitamiento (Punteo) de campo.**

### **2.15.1 Inversor de dirección**

Al cambiar la dirección de marcha se invierte la polaridad del campo del motor de tracción. La inversión del campo se realiza por medio de un inversor mecánico. El circuito inversor asegura que se invierte la polaridad del campo principal con respecto a la armadura de motor que permite cambiar la dirección de marcha.

Los interruptores que manejan el proceso de inversión son controlados por las líneas de tren hacia atrás y adelante. Los contactos del interruptor de la inversión de dirección estarán en acuerdo con la señal enviada a través de las líneas de tren.

En caso de cualquier discordancia por las líneas de tren el sistema de tracción completo será apagado y el MDC será bloqueado por inconsistencia.

El contactor JX, inversor de sentido de marcha se encarga de cambiar el sentido de rotación de los motores. Esto se hace por un contactor mecánico de 8 polos (4 polos por rama de motores).

Durante la operación normal este contactor conmuta en ausencia de corriente o voltaje. Sin embargo por seguridad el contactor está diseñado para conmutar un número limitado de veces bajo voltaje / corriente. Los contactos del contactor de dirección de marcha son mecánicamente cerrados y manejados por un pequeño motor de DC. Este contactor está ubicado en el gabinete de alto voltaje HV.

Para cambiar la dirección de marcha se invierte la polaridad del campo del motor de tracción. La inversión del campo se realiza por medio de este inversor mecánico. El circuito inversor asegura que se invierte la polaridad del campo principal con respecto a la armadura del motor que permite cambiar la dirección de marcha. Los interruptores que manejan el proceso de inversión son controlados desde la cabina de conducción por las líneas de tren hacia atrás y adelante.

---



- CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS:**

Voltaje nominal:	$U_c$	= 750V/1500ac-dc/3000 Vdc
Voltaje máximo de servicio:	$U_{m\acute{a}x}$	= 4000 VDC
Margen de voltaje máximo:	$U_i$	= 4000 V
Corriente térmica nominal:	$I_{th}$	= 300 A
Corriente máxima de operación a 75°C:	$I_{m\acute{a}x}$	= 270 A
Corriente máxima a soportar.		Para $t \leq 100ms \leq 6kA$
Esfuerzo dieléctrico.		
Entre polos principales y bobina contactos auxiliares a tierra:		1000V 50Hz 60s
Entre contactos auxiliares y tierra:		1500V 50Hz 60s.
Entre contactos principales abiertos:		7900V 50Hz 60s

- CIRCUITO DE CONTROL (Figura 16):**

Voltaje de alimentación nominal:	$U_c = 24-72-110$ VDC
Margen de trabajo a 75°C:	$0,7U_c \div 1,30U_c$
Potencia a voltaje nominal:	< 100 W
Tiempo de cierre	~ 4 s
Tiempo de apertura.	~ 4 s

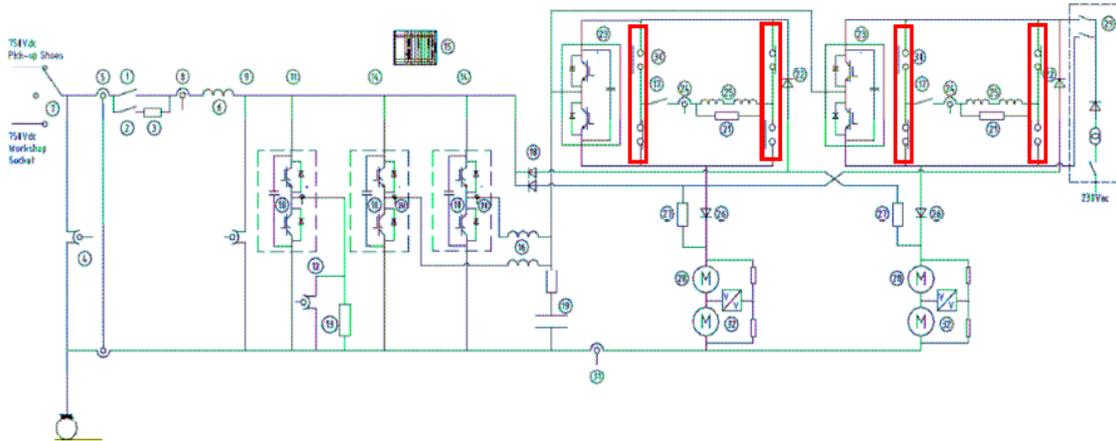


Figura 16 Diagrama de Circuito de Control

- CONDICIONES AMBIENTALES**

Temperatura ambiente:	-30°C a +75°C
Altitud máxima sobre el nivel del mar:	No aplica
Humedad relativa:	
• Media anual:	75% a +40°C
• Máxima por 30 días consecutivos:	95% a +40°C
• Posibilidad de rocío:	



Presencia y topología de polvo:

- Granulometría 

< 200 µm	100% en peso
<80 µm	90 ÷100% en peso
<20 µm	40 ÷90% en peso

Composición variable en función del área y temporada de trabajo y con la posibilidad de presencia de polvo metálico

- NORMAS

A menos que se indique lo contrario en esta especificación, el contactor cumple con IEC 60077- CEI 9-10 párrafo 22 y norma FS no. Pos. Arch. TC.R/Q/ST.120.0

Norma de calidad: UNI EN 9001/00

- CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Características mecánicas:

Vida mecánica sin mantenimiento correctivo: 500,000 ciclos

Resistencia a las vibraciones y choques: el contactor cumple con la norma IEC 61373 cat. 1 clase B

El contactor puede ser montado en posición vertical u horizontal.

El contactor de sobrecarga cumple con la norma EN50125, y más preciso:

Resistencia a la descarga eléctrica: 50 m/s<sup>2</sup> por 50 ms (en las 3 direcciones)

Resistencia a la vibración: de 5 a 8.4 Hz 2.5mm de 8.4 a 150 Hz 7m/s<sup>2</sup>

- RESISTENCIA AL FUEGO

Todo el material utilizado es seleccionado considerando las más severas normas relacionadas con la resistencia al fuego y propagación del humo.

El cumplimiento de la norma es de acuerdo a la NF F 16-101 / 16-102 aprobada por los ferrocarriles Italianos y ferrocarriles internacionales.

### 2.15.2 Conmutador Tracción / frenado (Figura 17):

Debido a la nueva configuración esta función ya no es necesaria. La función será realizada automáticamente por la configuración propuesta.

### 2.15.3 Debilitamiento de Campo (puenteo)

El puenteo o debilitamiento de campo está incorporado en el sistema de tracción, para aumentar la velocidad después que se ha alcanzado el máximo voltaje de motor. La configuración campo-debilitado se construye con dos dispositivos de conmutación de semiconductor en serie (módulo de la excitación). Variando el tiempo de la conducción del IGBT es como se debilita el campo de los motores. En esta situación las resistencias de debilitamiento del campo no son ya necesarias.

Sin embargo, una resistencia de puenteo permanente es conectada en paralelo a los bobinados de campo para protegerlos contra la corriente rizo del chopper. Esto se hace para prevenir el deterioro del conmutador del motor y reducir la pérdida por calor indeseada. La resistencia proporciona un puenteo permanente de 92%.



Figura 17 Chopper de Conmutación

#### 2.15.4 Chopper

El sistema del tracción / frenado incluye un chopper de frenado y dos chopper de la armadura.

Todos los chopper son de dos cuadrantes y del mismo tipo (módulo PICO). Estos tres módulos son instalados en el cubículo del chopper.

##### 2.15.4.1 Chopper de Frenado

El chopper de frenado realiza tres funciones:

- Limitación del voltaje de filtro de línea durante los eventos dinámicos: Cuando debido a los eventos dinámicos, el voltaje DC de enlace pudiera exceder un máximo predefinido, el chopper de frenado se activa. El chopper de frenado proporciona una limitación activa del voltaje DC de enlace hasta que se alcance de nuevo un nivel de voltaje seguro estabilizado.
- Descarga controlada del voltaje DC de enlace y condensadores del filtro durante un apagado: Cuando el equipo de la tracción se apaga, al final del día, el chopper de frenado es utilizado para descargar activamente los capacitores de enlace y el filtro de línea.
- Control de la energía que fluye a través de la resistencia del freno durante el frenado reostático: En principio, la energía eléctrica liberada durante el frenado es realimentada hacia la red. Si esto no es temporalmente posible, el chopper de frenado desviará la energía a la resistencia del freno. Sólo la parte de la energía que no puede ser absorbida por la red se disipará en la resistencia frenando. Sin embargo, la resistencia de frenado se diseña de tal manera que pueden disiparse sólo 50% de la energía en ella. Un sensor de temperatura tipo PT100 se instala en la resistencia y en caso de que la temperatura de la resistencia aumenta encima de un valor de seguridad, la resistencia se desconectará. En el tiempo restante el sistema de frenado mecánico estará activo.



---

### 2.15.4.2 Chopper de Armadura

El chopper de la armadura controla la corriente de armadura del motor DC durante la tracción y el frenado. Durante la tracción la unidad trabaja como chopper reductor. Durante el frenado la unidad trabaja como chopper elevador.

El funcionamiento del chopper de la armadura en ambas condiciones se describe brevemente a continuación.

Tracción: Durante la tracción el chopper de la armadura controla el voltaje promedio para los motores. Durante tiempo de la conducción del IGBT la corriente de la red fluye a los motores. Durante la tracción, se usa el interruptor S1 en combinación con el diodo D2. Cuando S1 está cerrado el voltaje de salida del chopper es casi igual que el voltaje aplicado. Controlando el tiempo de la conducción el promedio del voltaje aplicado (al motor) se cambia. Mientras S1 está abierto el circuito de motor se cierra a través del diodo D2.

Hasta que el máximo límite de voltaje es alcanzado se usa el tiempo de conducción para controlar la corriente (por medio del control del voltaje promedio aplicado). Esta zona de operación es llamada región de “Torque constante”.

Cuando el voltaje aplicado es el máximo, la corriente de armadura no puede mantenerse. La velocidad puede aun incrementarse, pero a un torque menor (sin continuar la saturación de campo, esta reducción es conforme a  $1/velocidad^2$ ).

Para ser capaces de mantener el torque lo más alto posible, se usa el debilitamiento de campo (sección). Lo que da por resultado una corriente de armadura constante, mientras el campo se reduce de inversamente a la velocidad ( $1/velocidad$ ). También el torque sigue esta relación inversa a la velocidad ( $1/velocidad$ ). Lo cual es mejor que la relación inversa cuadrática de la velocidad ( $1/velocidad^2$ ). En este caso el tiempo de conducción del chopper de armadura es establecido a su máximo valor (95%) y el tiempo de conducción del circuito de debilitamiento de campo es reducido hasta su mínimo valor (41%). Esta zona de operación se llama área de “potencia constante”

Después que la excitación de campo ha alcanzado su mínimo, la corriente de armadura no puede mantenerse más tiempo y el torque comienza a decrecer proporcional a ( $1/velocidad^2$ ).

A mínimo campo, la saturación no juega un papel importante.

Frenado Electrodinámico (ED): Durante el frenado ED el interruptor S2 (simulando un IGBT) y el diodo D1 están usados. El fenómeno es similar al descrito para la tracción pero las corrientes fluyen en sentido inverso. El flujo de la corriente en el caso del frenado ED.

Cuando el proceso de frenado inicia, el interruptor S2 cierra produciendo un cortocircuito sobre el motor. Durante este tiempo (de conducción), la corriente fluye en el circuito, pero en sentido contrario al de tracción.

---



Cuando el interruptor  $S_2$  está abierto, la corriente es forzada a fluir a través del diodo  $D_1$  en la red. L frecuencia de conmutación del chopper será establecida de acuerdo a la constante de tiempo del circuito.

El proceso opuesto como se describió para el funcionamiento durante la tracción toma lugar cuando el frenado es activado. Primero el control de campo debilitado se aplica y entonces el chopper de la armadura modifica la corriente de motor controlando el promedio del valor del voltaje aplicado.

El algoritmo de conmutación y el control es incluido en control de chopper.

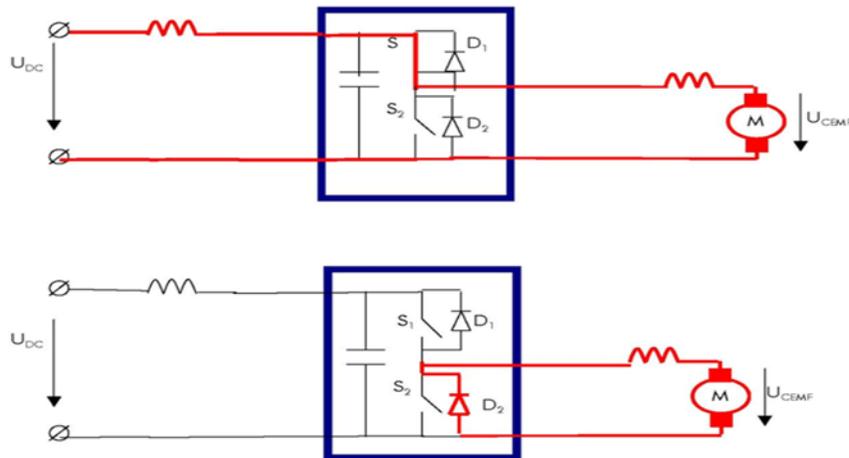


Figura 19 Tiempo de conducción del chopper Reductor; Tiempo de No conducción del chopper Reductor.

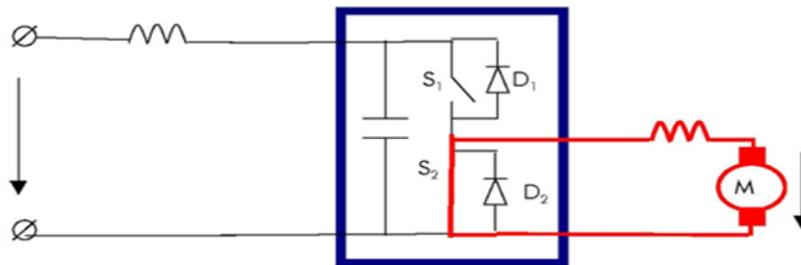


Figura 20 Chopper elevador-Tiempo de conducción

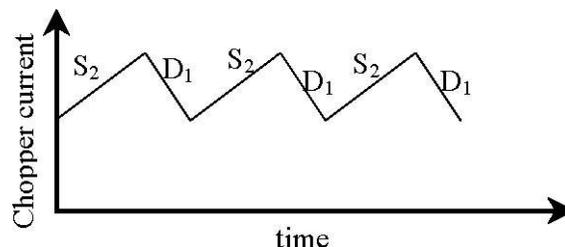


Figura 21 Variación cuantitativa de corriente del chopper durante el frenado.



---

### 2.15.5 DISYUNTOR

Un disyuntor o interruptor automático magneto-térmico es un aparato capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula excede de un determinado valor o, en el que se ha producido un cortocircuito, con el objetivo de no causar daños a los equipos eléctricos.

A diferencia de los fusibles, que deben ser reemplazados tras un único uso, el disyuntor puede ser rearmado una vez localizado y reparado el daño que causó el disparo o desactivación automática.

Los parámetros más importantes que definen un disyuntor son:

- Calibre o corriente nominal: Corriente de trabajo para la cual está diseñado el dispositivo.
- Voltaje máximo de trabajo.
- Poder de corte: Intensidad máxima que el disyuntor puede interrumpir. Con mayores intensidades se pueden producir fenómenos de arco voltaico, fusión y soldadura de materiales que impedirían la apertura del circuito.
- Poder de cierre: Intensidad máxima que puede circular por el dispositivo en el momento de cierre sin que éste sufra daños por choque eléctrico.
- Número de polos: Número máximo de conductores que se pueden conectar al interruptor automático.

Los disyuntores que se utilizan para el material rodante MP82 son a corriente directa.

---



# **Modernización del Sistema Tracción Frenado En Trenes MP-82**



### 3.1 Trabajos de Modernización

Los Servicios de Modernización para un Lote de 24 Trenes MP-82, se dividió en 2 etapas Tren Prototipo y producción en serie y se realizaron en los talleres de mantenimiento mayor Ticoman y Mantenimiento menor Ticoman del Sistema de Transporte Colectivo.

Se dispuso de un área de trabajo que consta de 7 posiciones de trabajo en el taller de mantenimiento mayor Ticoman, para trabajar carros en alto sobre bogíes madrina, para desmontaje y montaje de equipos, entre otras actividades. Asimismo para el resto de las actividades se puso a disposición dos vías del taller de mantenimiento menor Ticoman.

Todas las áreas cuentan con instalación eléctrica y neumática.

La vía por la que circularon los trenes esta acondicionada para permitir el rodamiento y el guiado de los carros. La vía comprende rieles de una vía férrea clásica y dos pistas metálicas situadas exteriormente a la vía férrea, sobre las que circulan las ruedas neumáticas portadoras y dos barras laterales para el guiado de los carros y para el suministro de energía eléctrica.

Las Fosas de los talleres de mantenimiento cuentan con vías férreas con separación de 1,435 mm. En sobre-elevación con relación al nivel general del suelo. Las ruedas de seguridad ruedan y se guían sobre la vía, mientras que las ruedas neumáticas están libres a fin de ser fácilmente revisadas y reemplazadas. Los talleres cuentan con salidas y extensiones eléctricas de alta tensión (Trole) a fin de alimentar los vehículos, durante las maniobras y el mantenimiento. Los vehículos están dotados de tomas especiales situadas a ambos lados del bastidor de la caja para su alimentación eléctrica a través del trole.

### 3.2 Características

#### 3.2.1 Dimensiones del Tren

Las principales Dimensiones a considerar del tren, se muestran en la siguiente tabla:

Longitud de un tren de 9 carros entre caras de los enganches extremos.	147.62 Metros
Ancho exterior considerando umbrales de puertas	2.52 Metros
Altura máxima por encima de la superficie de rendimiento:	3.60 Metros
Altura del piso por encima de la superficie de rodamiento:	1.15 Metros
Base rígida de la caja (entre ejes pivotes):	11.0 Metros



### 3.2.2 Pesos del Tren

Para el Diseño y desempeño de los equipos deberán considerarse los siguientes estados de carga:

Peso en vacío del tren	231,270 kg. Es el peso de los distintos vehículos sin carga de pasajeros
Peso en vacío de los carros	Carro M 28,660 Kg. Carro N 27,910 Kg. Carros R y PR 20,770 Kg.
Peso del tren con carga de 4/4 CCM (nominal)	Está constituida por el peso en vacío de cada uno de los carros, más el peso de los pasajeros por cada carro (349 pasajeros sentados, más 1,181 pasajeros de pie que resulten a razón de 6 por metro cuadrado), sumando un total de 338,370 Kg.
Peso de los carros con carga de 4/4 CCM	Carro M 40,560 Kg. Carro N 39,810 Kg. Carros R y PR 32,670 Kg.
Peso del tren con carga de ¾ CCM (normal)	Está constituida por el peso en vacío de cada uno de los carros, más la carga de los pasajeros, (349 pasajeros sentados, mas los pasajeros de pie a razón de 4 por metro cuadrado) sumando un total de 311 595 kg.
Peso del tren con sobrecarga excepcional 6/4 CCM	Estará constituida por el peso en vacío de cada uno de los carros, más la carga de los pasajeros. (349 pasajeros sentados, más los pasajeros de pie a razón de 10 por metro cuadrado) sumando un total de 391 920 Kg.

El peso medio de cada uno de los pasajeros se considera de 70 Kg.

La modernización y sustitución de los equipos del sistema de tracción-frenado no deberá superar las cargas actuales (en ningún caso se deberá rebasar la carga máxima que es de 11.5 ton por eje).



### 3.2.3 Características generales de los Bogíes

Como se había mencionado en el capítulo anterior, los Bogíes de los trenes del modelo MP-82 son de diseño específico para rodadura neumática. Existen dos tipos de Bogíes: Remolque y Motriz. Ambos cuentan con el equipo de frenado neumático. Adicionalmente a lo anterior, en las motrices existen los motores de Tracción, Reductor de engranes con sistema diferencial, escobillas positivas, negativas y de masa. Los Bogíes motrices son bimotores. En un Bogie remolque del elemento central, se tiene un eje libre de frenado neumático (Para la información de velocidad al pilotaje automático y registrador electrónico de eventos). Así mismo los carros están acoplados mecánicamente mediante enganches semiautomáticos con elementos de absorción de la energía durante la tracción y el frenado.

Con el nuevo sistema de tracción-frenado, no se deberá afectar el desempeño del tren ni causar afectaciones a los componentes del Bogie, específicamente a la transmisión mecánica (Diferencial) y acoplamientos mecánicos entre carros.

### 3.3 Tracción – Frenado

Las exigencias de desempeño en tracción y frenado se dan a continuación para un tren de 9 carros:

- Tensión Nominal de Alimentación
- Vía recta Horizontal
- Pista metálica Seca

La aceleración máxima en tracción será de 1.4 m/s<sup>2</sup> con carga a  $\frac{3}{4}$  ccm en terreno plano horizontal y deberá existir la posibilidad de ajustes para la misma, desde 0.8 m/s<sup>2</sup> hasta 1.4 m/s<sup>2</sup>, con pasos de 0.1 m/s<sup>2</sup>. El control permitirá una aceleración independiente de la carga a valores iguales o inferiores a  $\frac{3}{4}$  ccm.

El frenado eléctrico máximo deberá producir una desaceleración de al menos 1.2 m/s<sup>2</sup> desde 80 km/h con carga normal de  $\frac{3}{4}$  ccm, considerando una receptividad de la línea del 100%.

A una velocidad igual o menor a 6 km/h, el frenado eléctrico podrá desaparecer y ser sustituido por el frenado neumático, esta sustitución se realizará en forma conjugada, de tal manera que los cambios en la desaceleración sean imperceptibles durante esta transición. En todos los casos que se demande una desaceleración mayor a la máxima que el frenado eléctrico pueda proporcionar, este se complementará con frenado neumático.

En caso de que el frenado eléctrico (regenerativo o reostático) no sea capaz de suministrarse parcial o totalmente, éste será sustituido o complementado por el frenado neumático, con cambio imperceptible en la desaceleración al momento de la sustitución,



por lo que el control del frenado neumático está diseñado en Seguridad, y de tal forma que garantice las desaceleraciones comandadas por el conductor (manipulador) o por el sistema de pilotaje automático

Las resistencias para el frenado reostático deberán ser capaces de disipar al menos el 50% de la energía máxima producida durante el frenado eléctrico y ser enfriadas por ventilación natural.

Con el propósito de obtener las máximas ventajas de recuperación de energía, el sistema deberá contar con un equipo de control que vigile en todo momento la receptividad de la línea durante el curso de frenado eléctrico, utilizando al máximo las posibilidades de este modo de frenado. La energía generada durante el frenado eléctrico (regenerativo más reostático) será en promedio de al menos el 40% respecto a la energía consumida en la fase de tracción, bajo las condiciones de operación de la línea 8.

El esfuerzo eléctrico de frenado regenerativo debe ser prioritario, según las condiciones de receptividad de la línea, sobre los esfuerzos de frenado reostático y neumático. El esfuerzo de frenado eléctrico reostático, deberá ser prioritario al esfuerzo del frenado neumático excepto cuando operen los sistemas de seguridad del tren (mando por el pilotaje automático, mandado a través del manipulador, arillo de hombre muerto, palanca de emergencia, apertura del bucle de seguridad) en este caso el freno neumático deberá tener prioridad.

El esfuerzo de frenado neumático requerido en los carros remolque, estará condicionado al esfuerzo de frenado eléctrico de los carros motriz, de tal forma que si la solicitud de esfuerzo de frenado al tren es cubierta por el frenado eléctrico de los carros motrices adyacentes al remolque, los carros remolque no ejercerán ninguna contribución en el esfuerzo de frenado total del tren.

Bajo condiciones de frenado eléctrico igual o menor a F4, el esfuerzo de frenado, se aplicará solo en los carros motrices, el frenado neumático en los remolques bajo estas condiciones será nulo.

El frenado neumático en las motrices, solo se aplicará para compensar en casos de frenados mayores a F4, y al remolque se le aplicará el esfuerzo de frenado equivalente a la media del frenado neumático existente en los carros motrices adyacentes. Como ya se citó el frenado neumático tendrá prioridad cuando sea requerido por los sistemas de seguridad del tren.

En caso de avería del freno eléctrico en alguna o algunas motrices y/o por demanda de los sistemas de seguridad, el frenado neumático de las motrices sin frenado eléctrico deberá aplicarse conforme al grado de frenado solicitado.

En cada una de las posiciones de frenado, el tren suministrará las desaceleraciones siguientes para los estados de carga que se indican:



- Para el grado de frenado de urgencia FU:  $2.0 \text{ m/s}^2$  en vía recta y en plano horizontal para una carga del tren de  $4/4 \text{ ccm}$  (su accionamiento será exclusivamente neumático).
- Para el grado máximo de frenado de servicio F6:  $1.8 \text{ m/s}^2$  en terreno plano para una carga del tren de  $3/4 \text{ ccm}$  su accionamiento podrá ser conjugado; es decir, eléctrico y neumático.
- Para el grado de frenado eléctrico de servicio F4:  $1.2 \text{ m/s}^2$  en terreno plano para una carga del tren de  $3/4 \text{ ccm}$ , su accionamiento será solo eléctrico.
- Para el grado mínimo de frenado de servicio F1:  $0.3 \text{ m/s}^2$  en terreno plano para una carga del tren de  $3/4 \text{ ccm}$ , su accionamiento será solo eléctrico.
- Para las posiciones intermedias, entre el frenado mínimo y el frenado máximo de servicio de F1 a F6, el control deberá ser continuo y para cada posición se requiere una variación de desaceleración proporcional al desplazamiento del manipulador entre las dos posiciones mencionadas, lo anterior aplica de igual forma para los niveles de frenados comandados por el pilotaje automático.
- El Jerk en tracción y frenado de servicio deberá ser menor a  $1.0 \text{ m/s}^3$  en carga normal. El Jerk deberá tener la posibilidad de ajuste a través de software en caso de que se requiera. En frenado de emergencia deberá ser menor a  $1.4 \text{ m/s}^3$  con carga del tren a  $4/4 \text{ ccm}$ .

### 3.4 Función de Antipatinaje-Antideslizamiento

Para garantizar mejores condiciones de tracción y frenado en situaciones de baja adherencia es decir en pendientes y con pista mojada, el sistema de modernización deberá contar con equipos eficientes de respuesta inmediata, que permitan detectar y corregir los fenómenos de patinaje y deslizamiento, permitiendo la marcha normal del tren bajo las condiciones antes citadas. El cumplimiento de esta condición debe formar parte de las simulaciones, mencionadas en esta especificación, considerando una pendiente de 6.5% con pista mojada y carga del tren de  $3/4 \text{ ccm}$ .

La función de Antipatinaje-antideslizamiento estará integrada en el equipo de tracción-frenado, por lo que a la tracción y durante el frenado, el control debe regular el esfuerzo tractivo o de frenado sobre los neumáticos de acuerdo a la adherencia existente, sin que se inactiven las motrices. En caso de ocurrir un deslizamiento o patinaje, se deberá aplicar una regulación del torque del motor en un intervalo de tiempo menor a 100 milisegundos.

Cuando se tengan condiciones de baja adherencia motivadas por la lluvia, se utilizará el conmutador denominado "KNR" para que al accionarse en forma manual a la posición "Tiempo lluvia", se alimente el hilo de tren 88 con una tensión de 75 VCD, por medio del cual se informara a la lógica del sistema tracción-frenado, para limitar la magnitud de la corriente en los motores y reducir el nivel de aceleración a  $0.8 \text{ m/s}^2$  con posibilidad de ajuste.



### **3.5 Características generales de los nuevos equipos del sistema de tracción-frenado.**

Todos los componentes pertenecientes a los circuitos electrónicos deberán responder a las especificaciones UIC y CEI o normas internacionales equivalentes.

Los equipos propuestos deberán satisfacer las condiciones extremas de operación del tren así como cumplir satisfactoriamente las características de operación que se señalan en la especificación para el sistema tracción-frenado electroneumático.

El equipo de tracción-frenado deberá contemplar la inclusión de un disyuntor ultrarrápido, conectado entre el circuito de potencia y la línea de alimentación de alta tensión, cuya capacidad será adecuada para la alimentación y protección de los circuitos de potencia.

Las estructuras de cofres; las cajas del disyuntor ultrarrápido de línea, reactor de filtro, reóstato de frenado y en general todos los cofres del equipo de control y de potencia deberán estar al mismo potencial del bastidor del carro.

El filtro estará constituido por un circuito LC que protegerá al circuito de potencia contra variaciones bruscas de la corriente y tensión. El condensador del filtro, será constituido mediante un arreglo conveniente de condensadores en envases herméticos y montados de tal manera que permitan evitar los esfuerzos generados en envases herméticos y montados de tal manera que permitan evitar los esfuerzos generados por los estados de temperatura a que estén sometidos. El tiempo de descarga del condensador de temperatura a que estén sometidos. El tiempo de descarga del condensador del filtro de 750 a 50 volts será inferior a 60 segundos después de apagar el tren.

Las cubiertas de los cofres no serán afectadas por las condiciones ambientales. Se empleará un mecanismo de apertura y cierre de los cofres laterales seguros, mediante un sistema de llaves similares a los actualmente utilizados en el material MP-82, estos deberán contar con la indicación correspondiente de "Abierto" y "cerrado".

La estructura del cofre será lo suficientemente robusta para soportar sin problemas las condiciones de trabajo del material rodante.

#### **3.5.1 Sistema de enfriamiento**

No se admitirá la utilización de semiconductores de potencia inmersos en fluidos para su enfriamiento.

El enfriamiento de los circuitos de control y potencia deberán ser por convección natural, sin el uso de ventilación forzada. En caso contrario deberá ser plenamente justificado su uso, no obstante se evitará la entrada de agentes exteriores tales como agua y polvo, de acuerdo al grado de protección requerido, esto conforme a la norma IEC-529 o equivalente.



### **3.5.2 Resistencia de freno**

Las resistencias del frenado reostático deberán estar dimensionadas, mecánica y eléctricamente, para un régimen de servicio ferroviario y con capacidad para disipar al menos del 50% de la energía eléctrica generada durante el máximo frenado eléctrico, esto desde una velocidad de 80 Km/h, cuando por cualquier causa no hubiera frenado eléctrico regenerativo.

Dado que el frenado eléctrico regenerativo operara con una eficiencia mayor, no se aceptará un sistema de ventilación forzada para las resistencias de freno, debiendo ser suficiente la ventilación natural.

### **3.5.3 Disyuntor Ultrarrápido**

El equipo tracción deberá contemplar la inclusión de un disyuntor electromagnético ultrarrápido, cuya capacidad y tiempos de respuesta sea adecuada para la alimentación y protección del circuito de potencia. Asimismo deberá ser un diseño con actividades mínimas de mantenimiento mayor superior a 700,000 Km.

El disyuntor ultrarrápido deberá permanecer cerrado ante los cambios de tracción, neutro y frenado. Después de su energización al inicio del servicio, sólo deberá abrir cuando exista una anomalía en el funcionamiento del sistema de tracción-frenado o cuando sea comandada su apertura por el operador o por los sistemas de seguridad.

Los contactos auxiliares y las conexiones de baja tensión de estos dispositivos deberán estar protegidos contra agentes exteriores mediante tapas herméticas de material plástico transparente ignífugo, no deberán ser necesario el desmontaje del disyuntor ni de sus componentes, para intervenciones menores y revisiones de mantenimiento en los contactos principales así como en los auxiliares, estos deberán ser totalmente accesibles para su revisión y limpieza sistemática sin que sean afectados por equipos adyacentes.

Las cámaras de extinción de arco deberán ser fácilmente desmontables para la revisión de los contactos principales, no admitiéndose la utilización de asbesto u otro material contaminante.

La alimentación de la bobina de mando del disyuntor se hará mediante la tensión regulada de batería y deberá operar correctamente entre los rangos máximos y mínimos para la baja tensión.

La velocidad de apertura y la capacidad de los contactos deberá aislar cualquier falla ocurrida después de su punto de conexión sin dañar ninguno de los equipos de tracción, los contactos y circuitos auxiliares de baja tensión deberán estar debidamente aislados de la alta tensión, garantizando plenamente el aislamiento eléctrico ante una falla en los circuitos de alta tensión.



### **3.5.4 Relevadores**

El uso de relevadores electromecánicos sólo se aplicará excepcionalmente y deberá ser plenamente justificado, en caso de que no sea posible suplir su función a través de relevadores de estado sólido o en donde por cuestiones de seguridad sea más conveniente el uso de estos, deberán ser totalmente herméticos, de aplicación ferroviaria, de mínimo mantenimiento, periodicidad mínima de 700,000 Km y acordes a la función que desempeñaran con el correcto dimensionamiento de sus contactos conforme a las cargas que controlen.

### **3.6 Cableado, Protecciones e Identificación de los equipos**

Como parte de los trabajos de modernización, se hará el cambio de todo el cableado de alta y baja tensión del sistema tracción-frenado, y todos los elementos adicionales y accesorios, tales como terminales, espagueti termo-contráctil, etiquetas de identificación, fundas, pasa-cables, protecciones, cinturones y cualquier otro elemento auxiliar del cableado y sus elementos adicionales y accesorios deberán estar concebidos para mantenerse en condiciones optimas por lo menos 25 años.

Los cables deberán operar satisfactoriamente en grupos de conductores, en un ambiente cerrado (sin ventilación) y expuestos a las radiaciones térmicas del equipo eléctrico de los carros y de los cables adyacentes.

Además, deberán estar diseñados para soportar temperaturas de sobrecarga, sobretensión y cortocircuitos que se puedan presentar durante la operación, sin degradación de sus características. De igual forma soportar también sin degradación o deterioro alguno, la exposición eventual a solventes y lubricantes.

La cubierta aislante de los conductores deberá ser libre de halógenos, con las mejores características mecánicas, eléctricas y químicas. De acuerdo con el diseño del tren, los cables que así lo requieran deberán estar blindados para evitar interferencia electromagnética.

En la cubierta del aislamiento se deberán indicar los siguientes datos: Tensión nominal del cable, tipo de aislamiento, clase y sección nominal del conductor. La separación máxima entre el final de una inscripción y el comienzo de la siguiente será de 500mm y se aplicará con pintura indeleble sobre la cubierta exterior. Asimismo, tendrán una nomenclatura fácilmente visible e indeleble que identifique el origen y destino del circuito de la conexión de referencia.



El cableado de los diferentes circuitos se instalará de tal manera que no dificulte su montaje y desmontaje en los carros, considerando los siguientes criterios:

- Todos los cables unitarios, arneses y cables múltiples deberán estar etiquetados en sus extremos, de acuerdo con los esquemas eléctricos y de cableado correspondientes. Estos señalamientos deberán ser perfectamente visibles sin degradación apreciable al paso del tiempo.
- El cableado bajo bastidor estará colocado en canaletas, excepto las cometidas a los diferentes equipos. Se deberán utilizar canalizaciones para proteger el cableado en las zonas que lo requieran y así evitar toda posibilidad de roce de los cables con partes metálicas.
- Los cableados de los circuitos de alta y baja tensión, directa y alterna, serán totalmente independientes entre sí.
- Las terminales que se propagan, incluyendo las aplicadas a presión o las de tipo clema sin tornillo deberán garantizar la continuidad bajo las condiciones de operación, asegurando que las vibraciones no afecten su funcionamiento, mismas que serán sometidas a consideración del S.T.C.
- Las tablillas de conexión deberán contar con identificaciones que permitan una rápida instalación e identificación de los cables, para facilitar las intervenciones de mantenimiento.
- En caso de utilizarse fundas destinadas a contener los cables, el material de éstas deberá ser resistente al calor y con bajos niveles de generación de humo.
- Las uniones eléctricas entre los equipos instalados en los bastidores de la caja y en los Bogíes, serán realizadas por medio de cables de longitud apropiada, rematados en cada extremidad por una toma de contactos múltiples que permita su cambio rápido durante el mantenimiento.
- Con el fin de permitir reparaciones eventuales y evitar esfuerzos mecánicos en las conexiones de los circuitos de baja tensión deberá considerarse, en cada conexión, una longitud suplementaria de por lo menos 120 mm, en cada extremo del cable.
- Los cofres en donde serán alojados los diversos órganos eléctricos y electrónicos serán conectados a la estructura de la caja a través de trenzas flexibles de sección suficiente.

### **3.6.1 Protecciones y seguridades**

El sistema contará con los dispositivos de medición y protección para asegurar el buen funcionamiento del equipo y facilitar su mantenimiento. Los detectores respectivos serán de aislamiento galvánico entre los circuitos de alta y baja tensión. Cualquier falla será aislada por acción directa de los circuitos de control o del disyuntor ultrarrápido. Asimismo



deberán estar diseñados a través de un estudio completo de coordinación de protecciones de tal manera de que en su actuación (Tiempo VS Corriente) no interfieran con las alimentaciones de alta y baja tensión de otros equipos.

Se incluirán protecciones por medio de fusibles para el circuito de entrada de alta tensión. Estos deberán ser seleccionados para que la curva tiempo VS corriente este coordinada con los fusibles actuales (fusibles de escobilla positiva) de alimentación a los carros.

Para baja tensión, todas las protecciones estarán constituidas por interruptores termomagnéticos con accionamiento automático y de respuesta adecuada a la función a proteger, fácilmente accesibles e identificables.

### **3.6.2 Sistemas de control y señalización**

Los equipos electrónicos del sistema de tracción-frenado, serán diseñados y construidos en base a autómatas programables de última generación, con función de autodiagnóstico, y además, estarán concebidos para realizar las siguientes funciones:

- Registro de los principales parámetros del sistema tracción-frenado en caso de detección de una avería con una capacidad de memorización mayor a 30 días indicando condiciones en las que se presentaron las anomalías, así como la hora y la fecha.
- Función de autodiagnóstico en forma automática y a petición, mediante la cual se compruebe el funcionamiento de los circuitos de control y de potencia, indicando los resultados a través de la señalización propia del equipo y por medio del equipo portátil.
- Comunicación amigable por medio de menús de fácil interpretación, rápido procesamiento y en idioma español.
- Instalación en el panel delantero izquierdo del carro motriz, de un puerto USB para extracción de datos y monitores en tiempo real de las principales variables y parámetros del circuito de potencia y control del sistema de tracción-frenado.
- Señalizaciones en cabina; se deberá señalar en cabina las fallas de motriz inactiva tanto a la tracción como al frenado, así mismo en caso de falla del autómata deberá señalar en cabina "Autómata en falla ". Además estas indicaciones de falla deben ser acondicionadas para ser registradas en el actual registrador de eventos del tren.
- Ayuda al mantenimiento en cada carro; por medio de señalizaciones indicadoras de las causas de las averías, con memorización de estas señales y con una capacidad de memoria de por lo menos 30 días, sin importar que el tren este encendido o apagado, de fácil y directa utilización por el personal técnico del S.T.C.
- Con el objeto de almacenar a través del registrador electrónico de eventos (RPE) actualmente instalado en los trenes MP-82 las principales variables analógicas del



circuito de potencia y control del sistema de tracción-frenado, tales como; tensión de línea, tensión de motores, corriente de línea, corriente de motores, par eléctrico, par neumático, señal de mando continuo, tensión de filtro de entrada, potencia en tracción, potencia en frenado eléctrico (de forma separada la correspondiente al regenerativo y la del reostático).

- Los equipos tendrán una construcción modular con unidades funcionales separadas, cableados y conexiones entre ellos por tomas independientes.
- En la modernización del sistema de tracción-frenado, se deberá contemplar el software y Hardware necesarios para realizar en cada carro motriz el registro y cálculo de:
  1. La energía eléctrica consumida durante la tracción
  2. La energía eléctrica generada durante el frenado eléctrico, registrando por separado la correspondiente a la energía regenerada y la enviada al reóstato.
  3. El porcentaje de la energía regenerada respecto a la energía consumida.
  4. El porcentaje de la suma de la energía regenerada más la energía enviada al reóstato respecto a la energía consumida.

### **3.6.3. Equipo portátil para la extracción y análisis de datos.**

Para la obtención y análisis de la información registrada en los equipos del sistema de tracción-frenado propuesto, será necesario el suministro de tres equipos portátiles al S.T.C. que deben contener el software de aplicación y análisis con sus respectivas licencias de uso.

Nota: El S.T.C. tiene todos los derechos de propiedad y licencias de uso de todo el software.

### **3.7 Frenado Neumático de los carros remolques**

La gama de frenado neumático requerida en los carros remolque, estará condicionada al esfuerzo de frenado al tren es cubierta por el frenado eléctrico, los carros remolque no ejercerán ninguna contribución en el esfuerzo de frenado total del tren.

Bajo condiciones de frenado eléctrico igual o menor a F4, el esfuerzo de frenado, se aplicará sólo en los carros motrices, el frenado neumático en los remolques bajo estas condiciones será nulo.

El frenado neumático sólo se aplicará para compensar en casos de frenados mayores a F4, en donde en el remolque se aplicará el esfuerzo de frenado equivalente a la media del frenado neumático existente en los carros motrices contiguos.

En caso de avería del freno eléctrico en alguna o algunas motrices y/o por demanda de los sistemas de seguridad, el frenado neumático de las motrices sin frenado eléctrico deberá aplicarse conforme al grado de frenado solicitado.



En la modernización del actual sistema de tracción-frenado se deberán prever estas funciones.

### **3.8 Rehabilitación de Equipos**

Se reutilizarán los equipos que interactúan con el sistema de tracción-frenado, los cuales son: el conmutador escobillas-trole “KFP”, generador de señal P, manipulador y electroválvula moderable de frenado inverso “EMDI”. Para lo cual se llevará a cabo una rehabilitación integral de los mismos, en el entendido que se deberán garantizar en todo momento los niveles de fiabilidad y disponibilidad.

#### **3.8.1 Rehabilitación del conmutador escobillas-trole “KFP”**

Deberá realizar una rehabilitación integral del KFP, que asegure el cumplimiento de los niveles de fiabilidad establecidos, realizando una limpieza profunda de todo el conjunto.

#### **3.8.2 Rehabilitación del manipulador y del generador de mando continuo**

Para el mando y control de la conducción manual, se tiene instalado en cada una de las motrices con cabina, un manipulador y un generador de mando continuo (corriente P) por medio del cual se proporciona a través de un bucle, una corriente de C.D. directamente proporcional al mando del grado de tracción e inversamente al grado de frenado el manipulador de la cabina es del tipo rotativo.

#### **3.8.3 Rehabilitación de la electroválvula moderable de desfrenado inverso (EMDI)**

Se deberá realizar todos los trabajos que se requieran para llevar a cabo una rehabilitación integral de la EMDI que permita asegurar el cumplimiento de los niveles de fiabilidad establecidos así como operar el frenado neumático de manera óptima y segura.

#### **3.8.4 Rehabilitación del motor de tracción de corriente directa**

Si el sistema de tracción-frenado propuesto es un chopper de C.D., se deberá reutilizar los motores de tracción actualmente instalados en los trenes MP-82, de igual forma se realizarán los trabajos de rehabilitación integral de estos, para restituir a los actuales motores de tracción sus características mecánicas y eléctricas originales y correspondientes con las de un motor nuevo.

Por otra parte el S.T.C. supervisará los trabajos en planta durante el trabajo de rehabilitación y posteriormente durante las pruebas.



### 3.9 Componentes del sistema de Tracción agrupados

A continuación, se presentan los componentes de sistema de tracción agrupados en su ubicación física en el tren. Los números en paréntesis indican la posición de los componentes en el esquema de potencia de tracción.

#### 1. COMPONENTES EN CUBICULO DE ALTO VOLTAJE (HV):

- Un interruptor seleccionador (KFP) (7), incluido una protección diferencial de corriente (QDI) (5).
- Un disyuntor de Alta Velocidad (DET) (1).
- Un disyuntor de arrastre (DIM) (17).
- Un circuito de precarga que comprende un interruptor de precarga (2) y una resistencia de precarga (3).
- Un transductor de medida de corriente de línea (8).
- Un transductor detector de voltaje línea cero (4).
- Un acoplador H y un el panel de configuración (sólo en carros-N) comprendiendo 6 aisladores y 2 tiras de cobre.
- Un tablero de fusibles HV (HCM) para los carros-M, y (HCN) para los carros-N.
- Un tablero de pre-excitación de frenado (29) comprendiendo un transformador de excitación de frenado, un puente de diodos, y un interruptor de excitación de frenado.
- Un filtro de chopper que comprende un capacitor de filtro y una resistencia de filtro (19).
- Dos transductores de medida de corriente de campo (24).
- Un contactor de la dirección (30).
- Una tarjeta de detección de alto voltaje (HV PCB).
- Dos resistencias de la puenteo permanente (21).

#### 2.-COMPONENTES EN EL CUBÍCULO CHOPPER

- Un módulo de chopper de frenado, incluyendo un condensador de enlace DC (10) (PICO500 NAC) (11).
- Dos módulos chopper de armadura, incluyendo dos condensadores de enlace DC (10) y dos transductores de medida de corriente de chopper (20) (PICO 500 NAC) (14).
- Dos módulos de la excitación, incluso los diodos de “choke” (18), y diodos de dirección de corriente de tracción (26) y frenado (22) (PICO FIELD NAC) (23).
- Cuatro transductores de medida de voltaje (9, 12,32).
- Cuatro puentes de resistencias de medida (32).
- Un transductor de medida de corriente de retorno (31).

#### 3.- COMPONENTES EN EL CUBÍCULO DE CONTROL

- Un módulo electrónico de control de la tracción (MDC) (15).
- Un panel de relevadores.
- Un tablero de fusibles automático.
- Una tarjeta de interfase para el TMV.
- Bloque ALD.



#### 4.- OTROS COMPONENTES

- Un inductor de filtro de línea (6).
- Un cofre de resistencias de frenado (13) y buffer (27).
- Dos inductores del chopper (16).
- Una EMDI.
- Cableado
- Cuatro motores de tracción (28)
- Un bloque ECC
- Un controlador maestro (manipulador)

#### **3.10 Alcance de suministro y reutilización de componentes AT (alta tensión)**

Se listan los componentes del tren MP-82 y la acción a ser tomada. Para ser más claros, una explicación de los términos usados se da a continuación:

- “re-utilizado”: La empresa Alstom instala el componente como se recibió de STC sin ningún cambio
- “rehabilitado”: La empresa Alstom rehabilitará los componentes según el plan específico de la rehabilitación para algún componente antes de instalarlo en el sistema.
- “nuevo”: El componente Nuevo se entrega por la empresa Alstom.

Los nuevos componentes principales serán incluidos en el nuevo sistema de la tracción por Alstom. La excepción se hace en caso de los motores y el conmutador KFP los cuales rehabilitará la empresa Alstom.

También, las cajas diferenciales se reutilizarán una vez revisadas y entregadas por STC. Como Alstom no hará ninguna modificación a las cajas diferenciales que todos los cálculos de desempeño pueden probarse asumiendo que las cajas diferenciales están operando según la especificación inicial.

Estos resultados son influenciados por alguna desviación de la eficiencia de las cajas diferenciales o relación de la transmisión de los considerados.



## Lista de componentes en el metro MP-82

No	Componente	Qty	Re-utilizado	Rehabilitado	Nuevo
1	Disyuntor ultra rápido de tracción (DET)	1	No	No	Si
2	Contactador de carga	1	No	No	Si
3	Resistor de carga	1	No	No	Si
4	Detector de voltaje cero	1	No	No	Si
5	Protección de corriente diferencial (QDI)	1	No	Si	No
6	Inductor de filtro de línea	1	No	No	Si
7	Conmutador (KFP)	1	No	Si	No
8	Medidor de corriente de línea	1	No	No	Si
9	Medidor de voltaje de enlace DClink	1	No	No	Si
10	Capacitores DClink	3	No	No	Si
11	Chopper de frenado (PICO 500 NAC)	1	No	No	Si
12	Resistencia de medida de voltaje de frenado	1	No	No	Si
13	Resistor de frenado	1	No	No	Si
14	Choppers de Armadura (PICO 500 NAC)	2	No	No	Si
15	Módulo de control de tracción (MDC)	1	No	No	Si
16	Inductores de Chopper	2	No	No	Si
17	Contactador de arrastre de motores (DIM)	1	No	No	Si
18	Diodos Choke	1	No	No	Si
19	Filtro de salida de Chopper	1	No	No	Si
20	Medidor de corriente de Chopper	2	No	No	Si
21	Resistores permanentes de puenteo	2	No	No	Si
22	Diodo de direccionamiento de corriente en frenado	2	No	No	Si
23	Módulo de Excitación (PICO FIELD NAC)	2	No	No	Si
24	Medidor de corriente de campo	2	No	No	Si
25	Inductancia de campo de motor de tracción (	2	No	Si	No
26	Diodo de direccionamiento de corriente en tracción	2	No	No	Si
27	Resistor de Buffer	2	No	No	Si
28	Motores de Tracción	4	No	Si	No
29	Panel de inyección de frenado (preexcitación)	1	No	No	Si
30	Inversor de marcha	1	No	No	Si
31	Medidor de corriente de retorno de motores	1	No	No	Si
32	Medidor de diferencia de voltaje /velocidad de motores	2	No	No	Si
33	Caja mecanismo diferencial	2	Si	No	No
34	Cables de Alto voltaje		No	No	Si
35	Cables de bajo voltaje (líneas de tren no son nuevas)		No	No	Si
36	Panel de fusibles Alto Voltaje HV	1	No	No	Si
37	Panel de fusibles de bajo voltaje automáticos	1	No	No	Si
38	Panel de Reles	1	No	No	Si
39	Manipulador	1	No	Si	No
40	Block ECC	1	No	Si	No



### 3.11 Especificaciones Técnicas

#### 3.11.1 Aisladores

En esta sección se dan las características técnicas y funcionales de los aisladores para la configuración de los cables HT de los auxiliares (Convertidor estático y motocompresor) (HT coupling cables insulators) seleccionado para su utilización en el sistema de tracción y frenado que se instalará en los carros motrices tipo **N**, de los trenes MP82 modernizados de la línea 8 del metro de la ciudad de México.

El proveedor asignado por STC es “Micaver” y este da las principales características técnicas de los aisladores para el conexionado de los cables HT en los carros **N** del material MP82.

#### CARACTERISTICAS MECANICAS

- Resistencia a la tensión: daN  $\geq$  800
- Resistencia a la flexión en el extremo: daN  $\geq$  160 ( $\geq$ M6)
- Resistencia a la compresión: daN  $\geq$  2500
- Resistencia a la torsión: dam.N  $\geq$  1.2

#### CARACTERISTICAS ELECTRICAS

- Voltaje de arco-eléctrico (superficie seca): kV  $\geq$  13
- Voltaje de ruptura: kV  $\geq$  16
- Resistencia de aislamiento (1000V): ohms  $\geq$  10 millones
- Capacidad (1kHz) pF  $\geq$  15

Los aisladores a utilizar para la configuración de los cables HT son del tipo MV 322 D

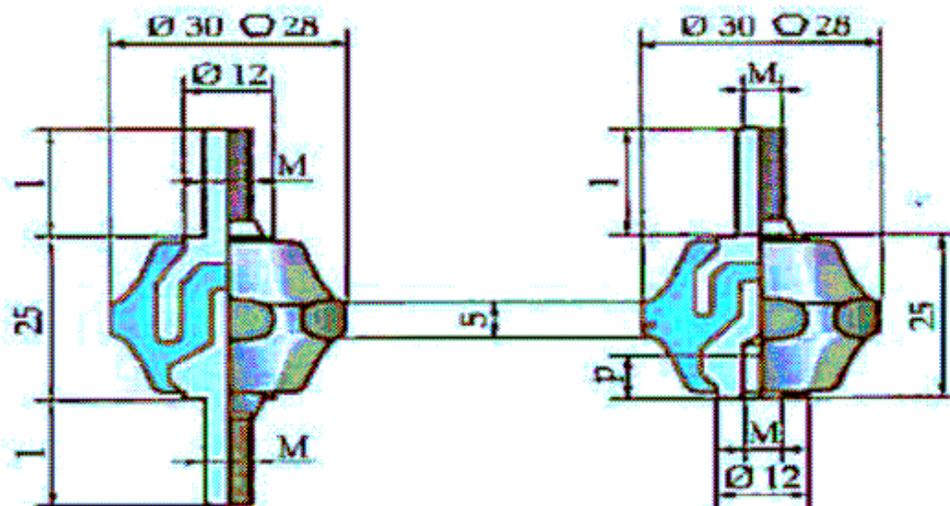


Figura 22 Dimensiones de Aisladores de Alta Tensión



### 3.11.2 Filtro de salida del chopper

Se dan las características técnicas y funcionales de los componentes que forman el filtro de salida del chopper para su utilización en el sistema de tracción y frenado que se instalará en los carros motrices (**M**), de los trenes MP82 modernizados de la línea 8 del metro de la ciudad de México.

El proveedor seleccionado es “EPCOS” este informa sobre las principales características técnicas para capacitor y “Fairfail” para el resistor, que conformaran el filtro de salida del chopper instalado en los carros Motrices del MP82.

El filtro de salida del Chopper comprende los dos nuevos inductores de alisamiento, y un nuevo filtro RC. La frecuencia usada para cada chopper es de 540 Hz, el filtro es usado para reducir la ondulación en la salida del Chopper. Las dos inductancias del Chopper son colocadas de manera separada debajo del piso del tren, mientras que el capacitor es colocado en el gabinete de Alta Tensión. El resistor está fijado sobre la pared externa de gabinete de alto voltaje HV

Normas:		IEC 1071-1/2
		EN 61971-1/2
		VDE 0560 sección 120 y 121
Factor de disipación eléctrica	Tan $\delta$	2.10
Tolerancia de capacitancia		+/- 10%
Ratio Max. repetitivo	(dv/dt)max	i/C
Aumento de voltaje		
Ratio Max. No- repetitivo	(dv/dt)s	Is/C
Aumento de voltaje		
Características ambientales:		
Temperatura min. de operación	Tmin	-25°
Temperatura max. de operación	Tmax	+85°
Humedad relativa promedio		<=95%
Número de fallas	$\alpha$ FQ( $\infty$ )	300 fallas por 10X9 horas de componente
Duración de la carga	Tld	100 000 h
Temperatura limite de almacenamiento	Tstg	-55°/+ 85°
IEC categoría climática IEC 68-1 y 2		25/085/56
Datos de Prueba:		
Prueba de voltaje AC		
Entre terminales	Vtt	1,25 . Vr, 50 hz 10s (or DC 1.75X Vr, 10s)
Entre terminales y caja	Vtc	2. Vi, + 1000 V, 50 hz, 10s
		Voltaje de aislamiento Vi= pico max periódico
		Voltaje V / $\sqrt{2}$
Resistencia de aislamiento	Rins	Cr $\leq$ 1 $\mu$ : $\geq$ 10 000 M $\Omega$
Constante de tiempo de auto descarga	$\tau = Rins \times C$	Cr > 1 $\geq$ 10 000 Ms
Factor de disipación	Tan $\delta$	$\leq 3 \times 10^{-4}$

Figura 23 Tabla de operación de un filtro



**Características eléctricas:**

El resistor utilizado para el filtro de salida del chopper es del modelo RFD 300 y de valor 50 Ohm.

Parámetros	Condiciones	ID	Unidades	RFD 300
Máx. Potencia (no continua)		Pmax	W	300
Temperatura superficial del resistor max	$\theta_a = 25^\circ$	Tmax	$^\circ\text{C}$	320
Potencia nominal continua		Pnom	W	180
Temperatura superficial del resistor minom	$\theta_a = 25^\circ$	Tmax	$^\circ\text{C}$	250
Máx. potencia con 1 disipador de calor		Pnomhs	W	360
Máx. Potencia con 3 disipadores de calor		Pnomhs-t	W	N/A
Min. Resistencia		Rmin	$\Omega$	0.15
Max. Resistencia		Rmax	$\Omega$	30K
Min res. Versión no inductiva		Rind	$\Omega$	2
Coefficiente de temperatura de la resistencia		TCR	$10^{-6} / ^\circ\text{C}$	20/240
Voltaje limite		Vlim	V	1.500
Esfuerzo dieléctrico	50 Hz; 60"	Viso	Vrms	4.000
Resistencia de aislamiento	1.000 VDC	Riso	$M\Omega$	$\geq 1.000$
Tiempo constante térmico		$\tau$	Sec	300
<b>CUR US MARKING</b>				
Máx. Potencia UL		Pmax	W	150
Máx. Voltaje UL		VlimUL	V	600
Temperatura superficial del resistor	$\theta_a = 25^\circ$	Tmax	$^\circ\text{C}$	220
Resistencia mínima UL		RminUL	$\Omega$	3
Resistencia max UL		RmaxUL	$\Omega$	1k8

REPRESENTACIÓN DEL FILTRO DE SALIDA DEL CHOPPER, DENTRO DEL ESQUEMA DE POTENCIA DE TRACCIÓN – FRENADO

19: Filtro de salida del chopper

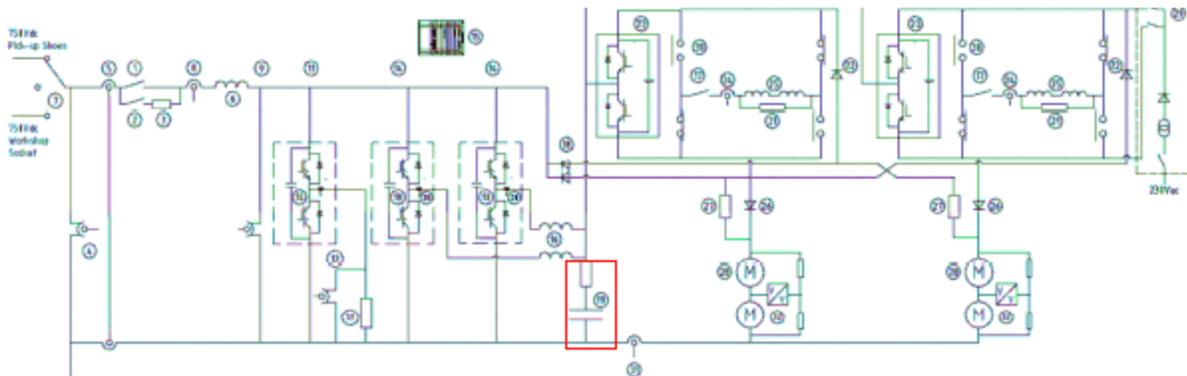


Figura 24 Ubicación de Filtro de salida del chopper



### 3.11.3 Inductancia del chopper (Inductancia de aislamiento de chopper L1 y L2)

Describir las características técnicas y funcionales de la inductancia de alisamiento del chopper (L1 y L2) a utilizar en el sistema de tracción-frenado que se instalara en los coches motrices de la línea 8 del metro de la ciudad de México.

El proveedor para la inductancia de chopper (L1 y L2), del fabricante “Trasfor S.A.”

#### ABREVIACIONES

IEC: (International Electrotechnical Comisión)

EN: (European Standard)

Las inductancias de esta especificación son usadas en el sistema tracción-frenado de los trenes MP82 de la Cd.de México. Las condiciones ambientales tales como la humedad, altitud, condiciones de la vía en la Cd. De México y contaminación en los túneles del metro han sido tomados en cuenta para el diseño.

La inductancia de chopper está ubicada bajo el carro en un bastidor abierto. Han sido tomadas las precauciones para garantizar su vida útil , tales como la impregnación al vacío y barnizado final, la funcionalidad y la seguridad.

La inductancia es parte del sistema tracción-frenado de un carro de metro. El propósito es reducir el rizado de la corriente hacia el motor de tracción. La inductancia está conectada entre un chopper de IGBTs (up-down) y los motores DC.

Las inductancias tienen que ser montadas en amortiguadores, el fabricante es responsable del diseño de los amortiguadores (silent blocks).

Las inductancias fueron diseñadas, construidas y aprobadas de acuerdo con la Norma IEC 60310 – Ed3/2004 de Fabricación de Trenes Europea.

(Transformadores e inductancias de tracción) al menos que otra cosa sea especificada. Toda la información relevante para el diseño de las inductancias ha sido plasmada en estas especificaciones.



## FICHA TÉCNICA DEL PROVEEDOR (TRASFOR)

Modelo Trasfor <b>DPM HN 63K/N</b>		Descripción técnica			
Nº de fases	-	Monofase / dos terminales			
Inductancia	mH	<b>3.0 (±5)</b>			
Linealidad	A	500 DC			
Corriente de falla	kA	4.5 por 18 msec			
Ciclo		De acuerdo a especificación 11009525/P			
Tensión	V	750 DC			
Corriente	A <sub>rms</sub>	350 (forma de onda de acuerdo a especificación)			
Rizado	A <sub>pk-pk</sub>	131			
Máxima tensión del sistema	V	900 DC / 1000 DC por 5' / 1270 DC por 20msec			
Rigidez dieléctrica	kV	4.5 AC/60"			
Clase de sobrevoltaje		OV2			
Grado de contaminación	-	PD4B			
Material arrollamiento	-	Aluminio			
Aislamiento	-	Impregnado - Sellado para aplicación de tracción ferroviaria			
Clase de temperatura	-	H			
Incremento de temperatura	°C	H - De acuerdo a IEC 60310			
Resistencia arrollamiento	mΩ	6.8 @ 115°C (7.0 max)			
Capacitancia paralelo	nF	3			
Capactancia a tierra	nF	10			
<b>Pérdida totales 115° C</b>					
	kW	1.3	Temperatura ambiente	°C	-6° to +40° C
Frecuencia de rizado	Hz	540	Grado de protección	IP	20/25 - [Caja conex. IP66]
Refrigeración	-	AN	Dimensiones (LxAxH)	mm	915 X 520 X 450
Lugar de instalación	-	Exterior	Peso	kg	310
Altura de instalación	m	<=2300 a.s.l.	Color gabinete		Negro
<b>Terminales propuestos</b>					
Conexión clientes		Barra			
Material		Cobre Estañado			
Posición entrada cables		Lateral			
Posición entrada cables desde		Caja de conexión - Bajo			
Número de cables		2x2x50mm2			
Diámetro cables		A establecer			

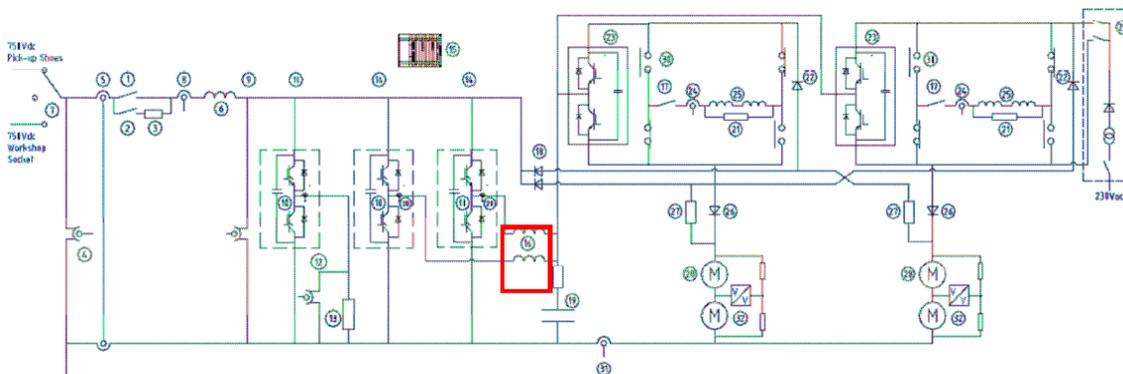


Figura 25 Ubicación de transformador



### 3.11.3 Inductor de Filtro de línea

Se describe las características técnicas y funcionales del inductor del filtro de línea a utilizar en el sistema de tracción-frenado que se instalara en los coches motrices de la línea 8 del metro de la ciudad de México

El proveedor para el diseño y fabricación de inductor del filtro de línea, es el fabricante "Trasfor S.A."

#### ABREVIACIONES

IEC (International Electrotechnical Comisión)

EN (European Standard)

El filtro de línea es necesario para prevenir interferencias del circuito de potencia del tren hacia el sistema de alimentación. En conjunto con el capacitor de enlace DC-link, forman parte del filtrado, el inductor de filtro de línea previene los transitorios que pueden causar problemas en el sistema de tracción.

El inductor de filtro es un componente separado y es montado en la parte inferior del tren o bajo bastidor. Un nuevo Inductor de Filtro de Línea es instalado en el tren. Han sido tomadas las precauciones para garantizar su vida útil, tales como la impregnación al vacío y barnizado final, la funcionalidad y la seguridad.

El inductor de filtro de línea de esta especificación será usado en el sistema tracción-frenado de los trenes MP82 de la Cd. de México. Las condiciones ambientales tales como la humedad, altitud, condiciones de la vía en la Cd. De México y contaminación en los túneles del metro han sido tomados en cuenta para el diseño.

El inductor forma parte del filtro de línea utilizado para prevenir las interferencias eléctricas provenientes de los circuitos de potencia del metro del sistema de alimentación. El inductor está conectado directamente a los 750 VDC suministrados por el tercer riel. El inductor está diseñado, construido y probado de acuerdo con la norma IEC 60310 – Ed3/2004 (transformadores e inductancias de tracción). Toda la información relevante para el diseño de las inductancias ha sido plasmada en esta especificación.



## ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DEL INDUCTOR DE FILTRO DE LÍNEA, (TRASFOR)

INDUCTANCIA DE FILTRO		
Modelo Trasfor :	DPM HN 1250/S	Descripción técnica
N° de fases	-	Monofase / dos terminales
Inductancia	mH	3 (±5%)
Linealidad	A	1000
Corriente de falla	kA	8-10 por 25 msec
Ciclo		Ver grafica de corriente de línea
Tensión	V	750 DC
Corriente	Arms	650 (Ver grafica de corriente de línea )
Corriente de rizado	Apk-pk	<25
Máxima tensión del sistema	V	900 DC / 1000 DC por 5' / 1270 DC por 20msec
Rigidez dieléctrica	kV	4.5 AC/60"
Clase de sobrevoltaje		OV2 conforme a la norma EN 50124
Grado de contaminación	-	PD4B
Material arrollamiento	-	Aluminio
Aislamiento	-	Impregnado - Sellado para aplicación de tracción ferroviaria
Clase de aislamiento	-	H
Incremento de temperatura	°C	H - De acuerdo a IEC 60310
Resistencia arrollamiento	mΩ	14.7 @ 215°C
Capacitancia paralelo	nF	TBA
Capactancia a tierra	nF	TBA
Humedad Relativa	-	75% a 90%

Pérdida totales 215° C	kW	6.4	Temperatura ambiente	°C	-6° to +40° C
Frecuencia de rizado	Hz	1080	Grado de protección	IP	20/25 - [Caja conex. IP66]
Refrigeración	-	AN	Dimensiones (LxWxH)	mm	915 X 956 X 655
Lugar de instalación	-	Exterior	Peso	kg	400
Altura de instalación	m	<=2300 a.s.l.	Color gabinete		Negro

Terminales propuestos	
Conexión clientes	Barra
Material	Cobre Estañado
Posición entrada cables	Lateral
Posición entrada cables desde	Caja de conexión - Arriba
Número de cables	A establecer
Diámetro cables	A establecer



Accesorios incluidos						
1	Placa de características	1	Incluido	15	CT lado LV	0
2	Cancamos de izaje	4	Incluido	16	CT lado HV	0
3	Resistencias calefactoras	0		17	Ventana termográfica	0
4	Surge arrester	0		18	Aislamiento extra núcleo	0
5	Bollas de tierra	0		19	Cerradura	0
6	Ruedas bi-direccionales	0		20	Busduct terminal	0

7	Caja auxiliares	0		21	chamber	
8	Antivibradores	0		21	Ventiladores axiales	0
9	Sondas PT100 (Arrollamiento y núcleo)	0		22	Ventiladores radiales	0
10	Pantalla electrostática	0		23	Circuito arranque ventiladores	0
11	Central de temperatura	0		24	Sensor PTC	0
12	Módulo (4-20 mA) para CDT	0		25		
13	Luz interna	0		26		
14	Transformador de premagnetización	0		27		
				28		

REPRESENTACIÓN DEL INDUCTOR DE FILTRO DE LINEA DENTRO DEL ESQUEMA DE POTENCIA DE TRACCIÓN – FRENADO

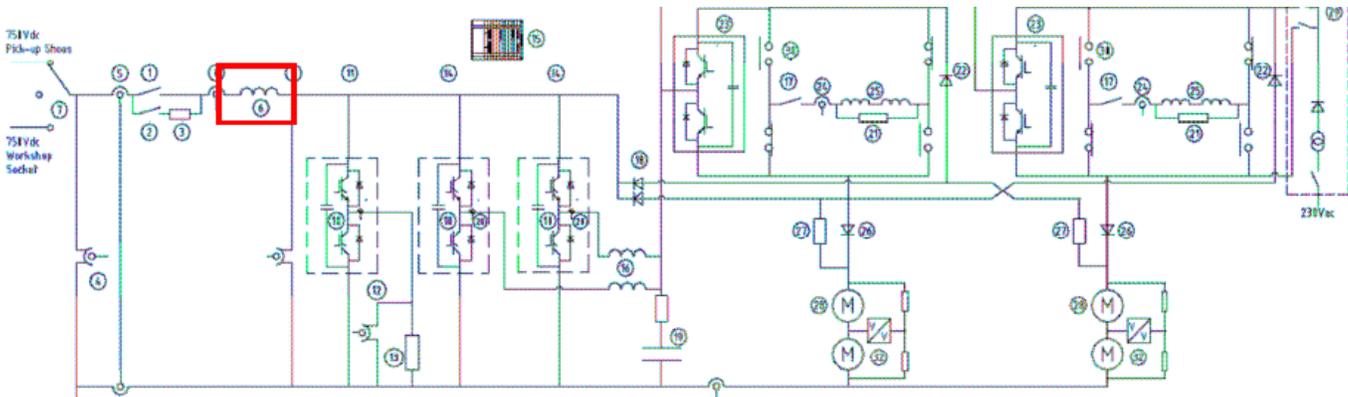


Figura 26 Ubicación del inductor

3.11.4 Especificación técnica del rack modulo de control de tracción (MDC)

A continuación se dan las características técnicas del rack para el modulo de control de tracción instalado en el cofre control, para su utilización en el sistema de tracción y frenado que se instalaron en los carros motrices de los trenes MP82 modernizados, de la línea 8 del metro de la ciudad de México.

El equipo de tracción-frenado tendrá una unidad de control basada en microprocesador, y está montada en el interior de cada cofre de control. Esta unidad llamada MDC (por su nombre en ingles, (Module Driver Control) tiene como función controlar el sistema de tracción y frenado.



Dicha unidad consiste de un módulo con diversas tarjetas enchufables, para un fácil mantenimiento. Las tarjetas se enchufan en su posición correspondiente, dentro de un rack de estructura metálica que contiene los conectores eléctricos al fondo de cada una de las posiciones de las diversas tarjetas del MDC.

A continuación se muestra un dibujo de las principales partes que conforman la estructura del rack y de cuyos materiales se proporcionan las especificaciones técnicas.

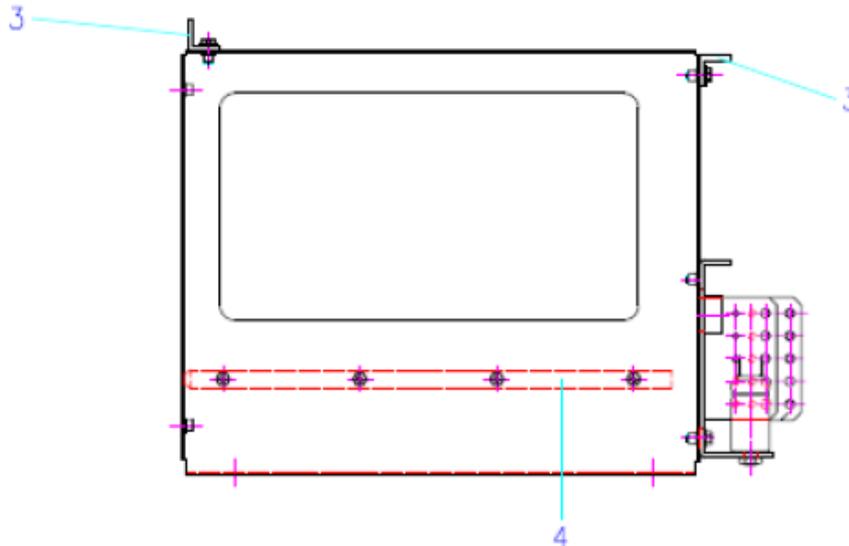


Figura 27 Diagrama estructural de un rack bajo bastidor

#### CHAPA IZQUIERDA Y DERECHA (1 Y 2)

- Acero Dc01-A-M 1.5 mm de acuerdo a la norma EN 10130
- Tolerancias de acuerdo a la norma EN 10131
- Definición del material 1.0330 de acuerdo a la norma EN 10027-2
- Dimensiones 322 X 365.5 mm

#### PERFIL EN L (3)

- Perfil en "L" formado en frío, acero ST37-2k 3mm, de acuerdo a la norma EN 10025 (S235JR)
- Tolerancias de acuerdo a la norma DIN 59370
- Definición del material 1.0037 de acuerdo a la norma 10027-2
- Dimensiones 20 X 20 mm

#### GUIÁ DE DESPLAZAMIENTO (4)

- Acero inoxidable X5CRNI 1810 12 X 4 mm de acuerdo a la norma EN 10088
- Tolerancia de acuerdo a la norma DIN 174
- Definición del material 1.4301 de acuerdo a la norma EN 10027-2 (DIN 17440)
- Dimensiones 320 mm de Longitud



**CHAPA PARA LOS CONECTORES (5)**

- Acero Dc04-A-M 3 mm de acuerdo a la norma EN 10130
- Tolerancias de acuerdo a la norma EN 10131
- Definición del material 1.0338 de acuerdo a la norma EN 10027-2

**CONECTORES PLANOS DE APLICACIÓN FERROVIARIA, MONTADOS EN EL RACK**

- Los conectores son de la serie LHS del fabricante HYPERTAC
- Contactos de potencia modular variada, señal y coaxial
- Hasta 70 señales
- Pines guía
- Aplicaciones Rack /panel (Norma XPF61-005)
- Únicamente un solo tamaño: 14 uds (5.5 mm)
- Cumplimiento con las normas NF F 61-032, SCNF norma aprobada

**3.11.5 Características Técnicas (Datos obtenidos del fabricante)**

<b>Características de los Materiales y Armazón</b>	
Armazón	Acero blando (bañado en zinc)
Brida lateral	Poli carbonato
Material aislante	Poli carbonato
Pin y base del enchufe	Latón, Au/Ni
Enchufe del cable	Aleación de cobre Au/Ni
Pin	Au
Floating eyelet	Latón (laminado Nil)

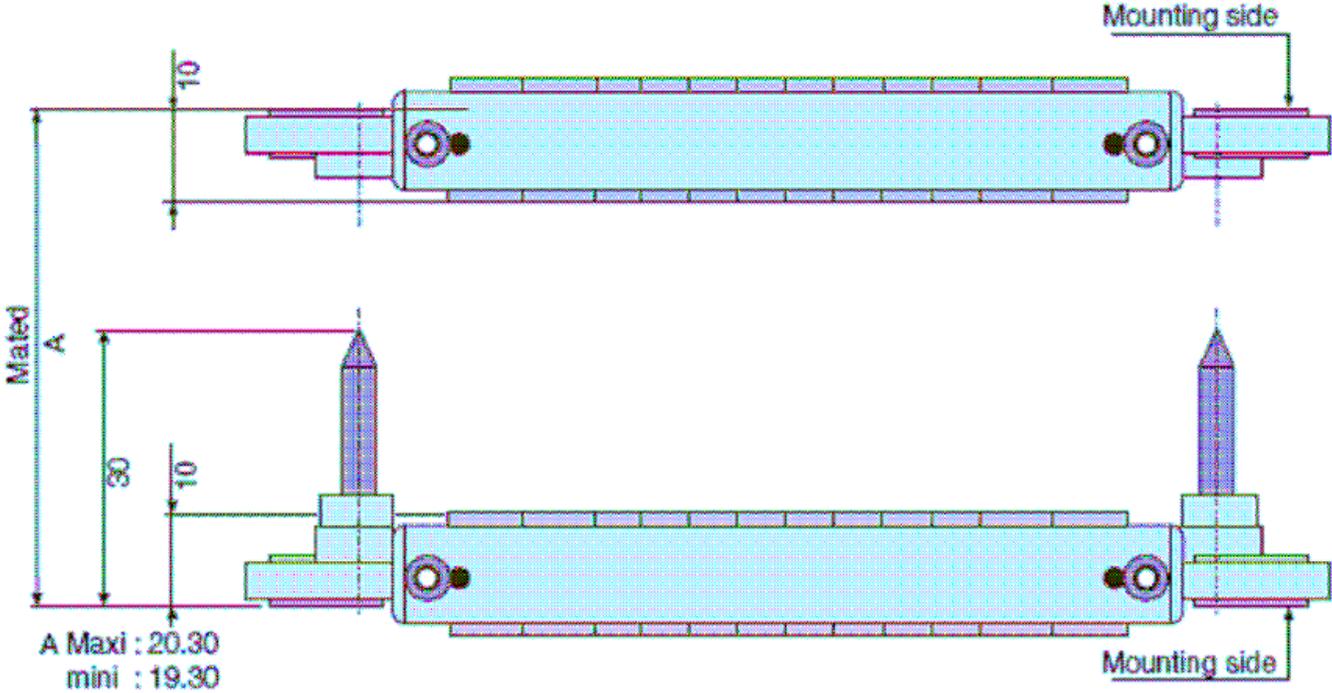
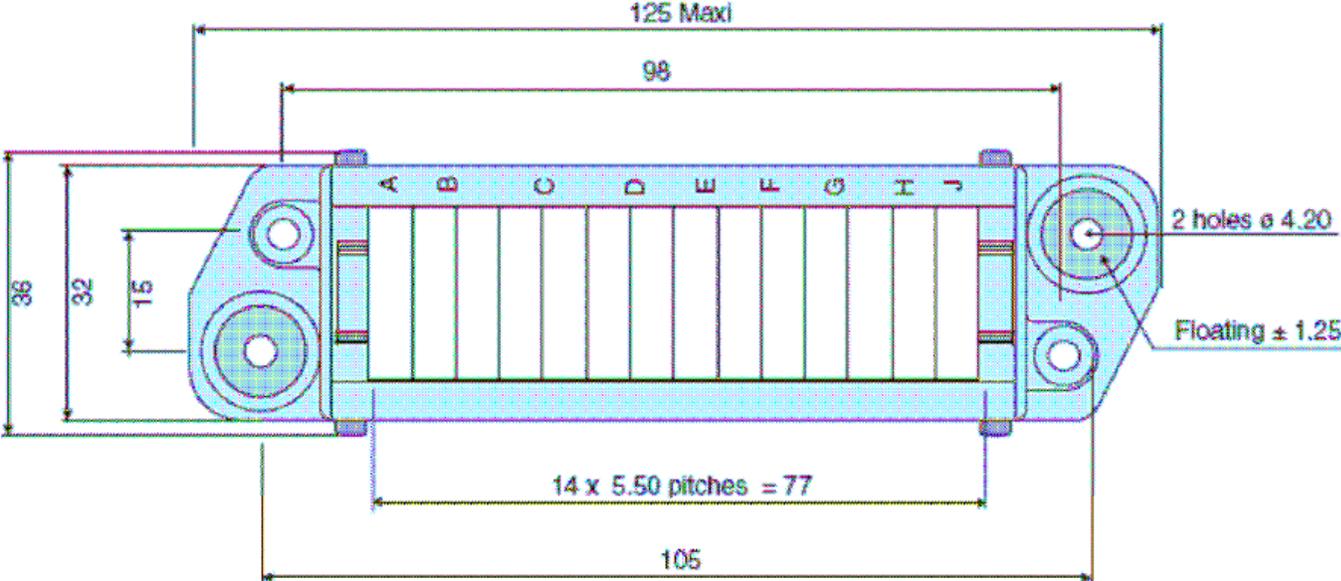


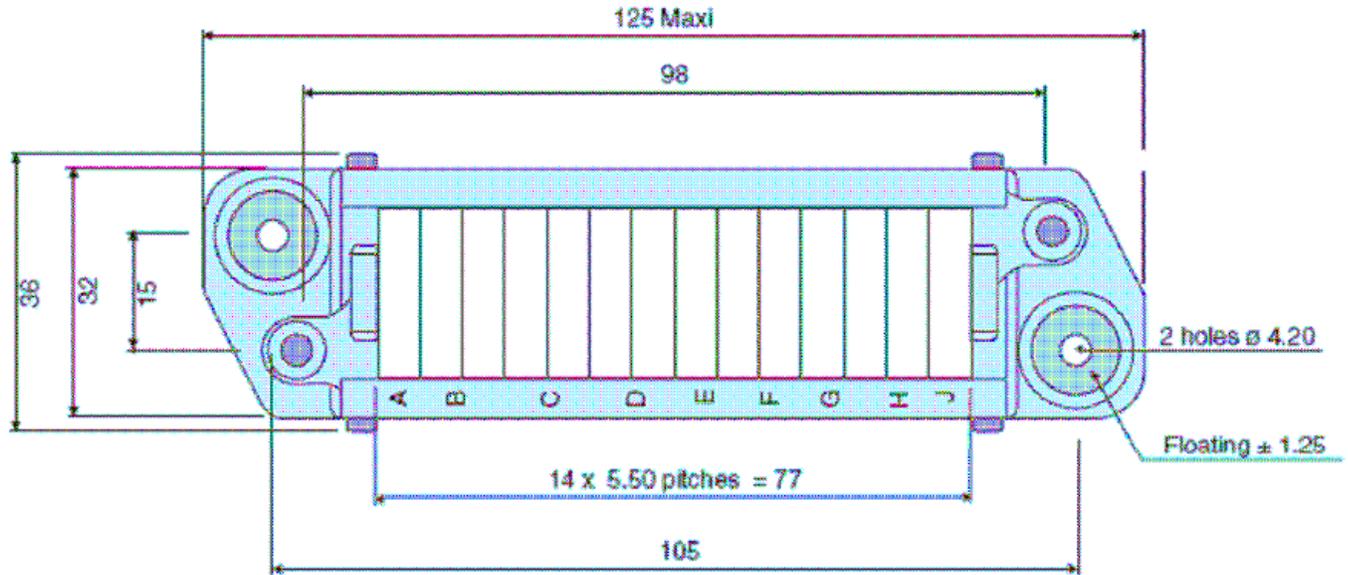
<b>Características Ambientales</b>	
Rango de temperatura	-40°C hasta 100°C
Clasificación de Fuego y humo	Exigencia 2 de acuerdo a la norma NF F 16-102
Prueba de atomizador de sal (Salt spray test)	96 horas
Resistencia al ácido	Conforme a la norma NF F 61-032 sec 11.4.3
Resistencia a la vibración	5g/25 a 250 Hz
Resistencia mecánica del material aislante	1000N
Max torque para los tornillo	75 Ncm

<b>Características eléctricas</b>	
<b>Diámetro del contacto Ø</b>	<b>Ø 1.5 mm</b>
Distancia entre conductores (creepage distance)	1.85 mm
Distancia de separación (Clearance distance)	1.25 mm
Corriente en funcionamiento	8 A
Resistencia de aislamiento	5.10 <sup>3</sup> M
Resistencia del contacto	# 2.50
Resistencia del voltaje dieléctrico	1500 Vrms
Ratio de voltaje	110 Volteos
Sujeción del contacto por la parte trasera del rack	40 N
Peso máx. del contacto macho	1.10 g
Peso máx. del contacto hembra	0.70 g
IF/SF (máx. valor)	1.60 N

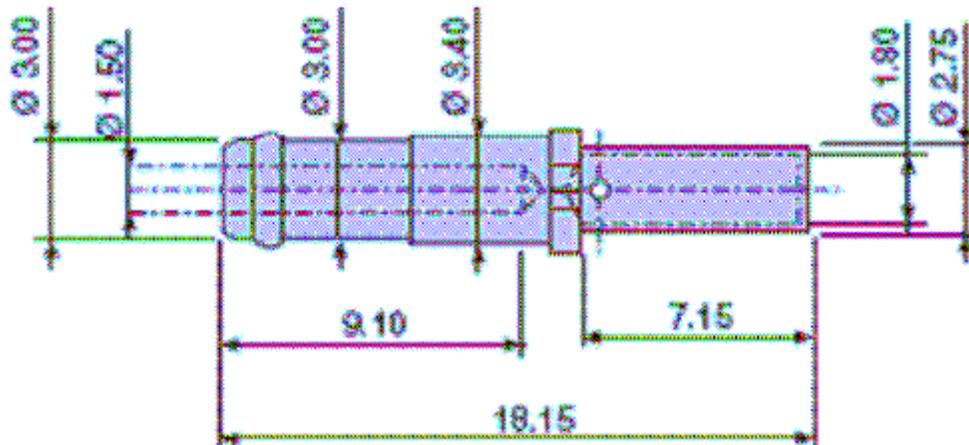


### CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES





### CARACTERISTICAS DIMENSIONALES DEL PIN (HEMBRA)



### CAPACITOR MODELO MKV AC

El rack tiene un Capacitor de filtrado para la protección de los circuitos del MDC contra posibles interferencias (EMC), conectado entre el negativo de la fuente y la tierra física. Este capacitor es del fabricante **EPCOS** modelo MKV AC 900 V



**DATOS TÉCNICOS (DATOS OBTENIDOS DEL CATALOGO DEL FABRICANTE)**

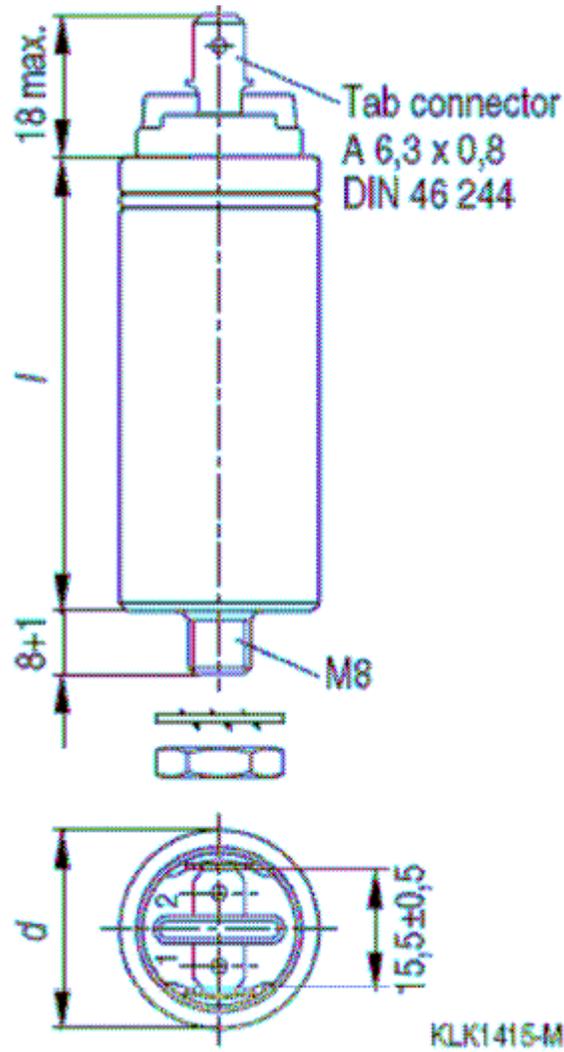
<b>Normas:</b>		IEC 1071-1/2
		EN 61971-1/2
		VDE 0560 sección 120 y 121
Factor de disipación eléctrica	Tanδ0	2 X 10(-4)
Tolerancia de capacitancia		Para Cn<1.0μF±20%, para Cn≥1.0μF±10%
Ratio Max. repetitivo	(dv/dt)max	i/C
Aumento de voltaje		
Ratio Max. No- repetitivo	(dv/dt)s	Is/C
Aumento de voltaje		
<b>Características ambientales:</b>		
Temperatura min. de operación	Tmin	-25°
Temperatura máx. de operación	Tmax	+85°
Humedad relativa promedio		≤ 75% (tab connector 6.3 mm)
Número de fallas	αFQ(co)	300 fallas por 10X9 horas de componente
Duración de la carga	Tld	100 000 h
Temperatura limite de almacenamiento	Tstg	-55°/+ 85°
IEC categoría climática		25/085/56
IEC 68-1 y 2		
<b>Datos de Prueba:</b>		
Prueba de voltaje AC		
Entre terminales	Vtt	1,25 X Vr, 50 hz 10s (or DC 1.75X Vr, 10s)
Entre terminales y caja	Vtc	2 X Vi, + 1000 V, 50 hz, 10s
		Voltaje de aislamiento Vi= pico max periódico
		Voltaje V / √2
		Cr Tab connector 6.3
Resistencia de aislamiento	Rins	≤ 1 μF ≥ 3000 MΩ
Constante de tiempo de auto descarga	τ = Rins X C	> 1 μF ≥ 3000 Ms
Factor de disipación	Tan δ	≤ 3 x 10-4

**CARACTERÍSTICAS Y CODIGO DE ORDEN**

Vr= AC 900 V			V=1100 V Vs=1500 V			VTT = AC 1150 V, 10 s VTC = AC 2600 V, 10 s		
Cr μF	Imax	I	Is	Rs 20°C mΩ	Lself nH	Dimensiones d x l mm	Peso approx	Código de orden
0.22	10	100	260	17.0	50	25.0 X 48	30	B26834-F6224-M001



**CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES**



Dimensions in mm

$d \begin{smallmatrix} +0,5 \\ -0,2 \end{smallmatrix}$	$l \pm 2$	Creepage distance	Clearance
25	48	9	7

Figura 28 Diagrama de dimensiones de un capacitor



---

### **3.12 Normas Aplicables**

IEC 60310-Ed3/2004: Transformadores e inductancias de tracción de material rodante.

#### **3.12.1 Clase de sobre voltaje OV2 conforme a la norma EN 50124**

La clase de sobre voltaje del inductor de filtro de línea suministrado por TRASFOR es OV2 con una tensión de impulso asignada de 6 kV de acuerdo a la norma EN 50124-1 punto que se específico para el diseño e implementación en material rodante.

OV2: Circuitos que no están directamente conectados a la línea aérea de contacto y que están protegidos contra las sobretensiones”

A continuación se muestra la tabla de impulso de tensión asignada extraída de la norma EN 50124-1

El inductor de filtro de línea suministrado por TRASFOR se ha diseñado conforme a la norma EN 50124 clase OV2 con la capacidad de soportar tensiones de impulsos de 6 kV a fin de cubrir con los requerimientos específicos contractuales.

Tensiones de impulso asignadas Uni para circuitos alimentados por línea aérea de contacto

No debe utilizarse con el método 2

---



Tensión de aislamiento asignada en corriente alterna o continua $U_{Nm}$ (kV)		Tensión de impulso asignada $U_{Ni}$ (kV)			
De (≥)	Hasta (<)	OV1	OV2	OV3	OV4
0,6	0,9	4	5	6	8
0,9	1,2	5	6	8	12
1,2	1,6	6	8	10	15
1,6	2,3	8	10	12	18
2,3	3	10	12	15	20
3	3,7	12	15	25	30
3,7	4,8	15	18	30	40
4,8	6,5	20	25	40	50
6,5	8,3	25	30		
8,3	10	30	35		
17,25 <sup>1)</sup>				75	95
24 <sup>1)</sup>				95	125
27,5 <sup>1)</sup>				125	170
17 <sup>2)</sup>				95	125
24 <sup>2)</sup>				145	170
27,5 <sup>2)</sup>				170	200
36 <sup>2)</sup>				200	250
52 <sup>3)</sup>				250	325

1) sólo para material rodante;  
 2) sólo para instalaciones fijas;  
 3) para casos particulares de dispositivos de maniobra en instalaciones fijas.

### 3.13 Grados de protección según norma IEC 529 Códigos IP

En esta sección se explica el grado de protección según la norma internacional IEC 529 de los equipos de tracción frenado, que se instalan en los coches motrices (**M**) de la línea 8 del metro de la ciudad de México, para asegurar la protección de los componentes eléctricos que se encuentran en el interior de dichos equipos.



Definición de los códigos IP según la norma internacional IEC 529 de los equipos en general del nuevo sistema de tracción:

- 1.- Inductor del filtro de línea
2. - Inductores de chopper
3. - Resistencia de frenado
4. - Cubículo de control
5. - Cubículo de alto voltaje
6. - Cubículo de chopper

La responsabilidad sobre el diseño de los equipos de tracción y frenado considerando la norma internacional IEC 529 para proporcionar un nivel de protección contra los acceso a las partes peligrosas y penetración de cuerpos sólidos extraños y agua.

IP (International Protection)

IEC (International Electro technical Commission)

### 3.13.1 Significado y explicación de los códigos IP

La norma IEC 529 describe un sistema para la clasificación del grado de protección, o estanqueidad, proporcionado por las envolventes de equipos eléctricos.

Este sistema de código utiliza las letras IP (Protección Internacional) seguidas de hasta cuatro dígitos, de los cuales normalmente sólo se emplean dos.

El primer dígito es numérico e indica el grado de protección (estanqueidad) dentro de la envolvente contra la entrada de objetos sólidos extraños y el acceso de personas a partes peligrosas.

El segundo dígito también es numérico e indica el grado de protección (estanqueidad) contra el ingreso de agua en la envolvente.

Cuando no sea necesario especificar el primer o segundo dígito, se sustituirá por la letra "X" ("XX" si no se requieren los dos dígitos).

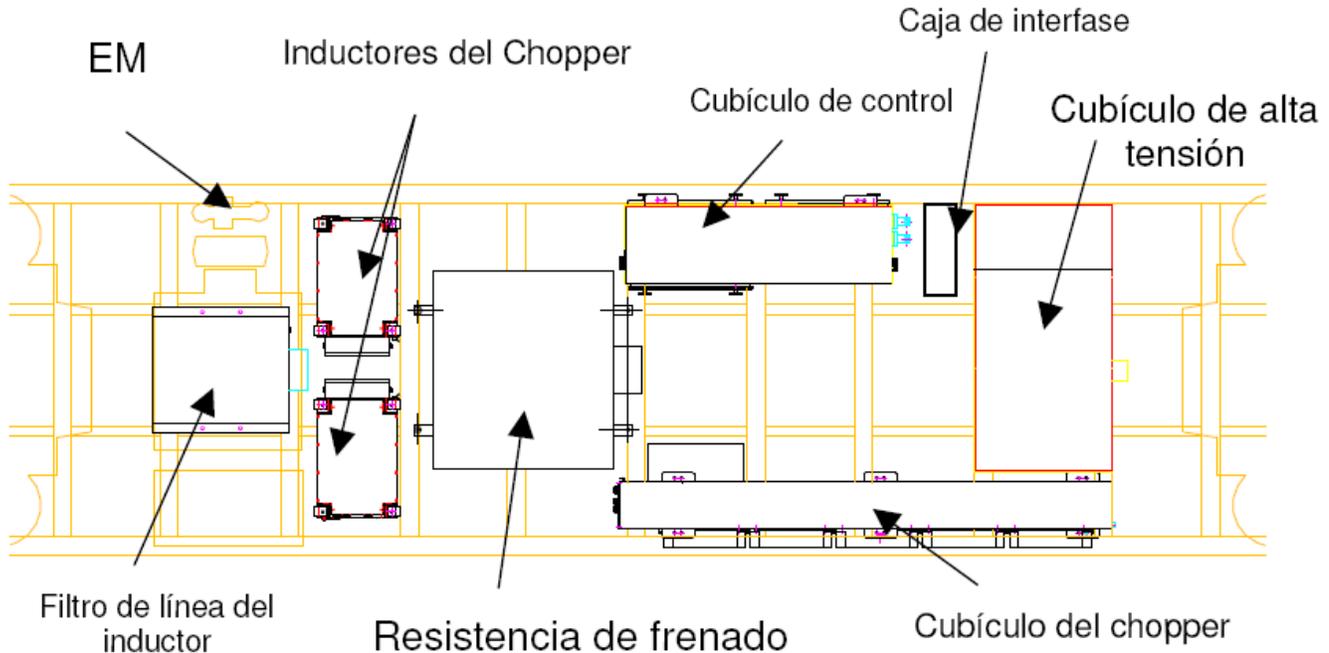
Primer Dígito	Protección contra el ingreso de sólidos
IP	Protección
1	No protegido
2	Contra sólidos de diámetro superior a 50 mm
3	Contra sólidos de diámetro superior a 12 mm
4	Contra sólidos de diámetro superior a 2.5 mm
5	Contra sólidos de diámetro superior a 1 mm
6	Totalmente protegido contra el ingreso de polvo



<b>Segundo Dígito</b>	<b>Protección contra el ingreso de agua</b>
IP	Protección
0	No protegido
1	Contra caídas verticales de agua
2	Contra caídas verticales de gotas de agua cuando la envolvente tiene una inclinación máxima de 15 grados
3	Contra agua en forma de lluvia con inclinación máxima de 60 grados
4	Contra salpicaduras de agua desde todas las direcciones; ingreso limitado, sin efectos perjudiciales
5	Contra chorros de agua a baja presión desde todas las direcciones; ingreso limitado permitido
6	Contra los chorros de agua a alta presión desde todas las direcciones; ingreso limitado permitido
7	Contra los efectos de la inmersión temporal en agua



## CODIGOS IP DE LOS EQUIPOS ELECTRICOS DE NUEVA TECNOLOGÍA PARA LA LINEA 8 DELMETRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO.



### **Filtro de línea del Inductor**

Código IP = IP22

### **Caja de conexiones del inductor del filtro de línea**

Código IP = IP65

### **Inductancias de chopper**

Código IP = IP22

### **Caja de conexiones de Inductancias de chopper**

Código IP = IP65

### **Resistencia de frenado**

Código IP = IP22

### **Caja de conexiones de resistencias de frenado**

Código IP = IP65

### **Cubículo de control**

Código IP = IP65

### **Cubículo de alto voltaje**

Código IP = IP45

### **Cubículo de chopper**

Código IP = IP65

### **Caja de interfase**

Código IP = IP65



### 3.14 Cálculos

#### 3.14.1 Diámetro de la rueda neumática

El diámetro de la rueda neumática está establecido en el contrato **STC-CNCS-157/2006** para material MP82, Motor de tracción 4 EXH 2524 A, Interfaces relativas a la cadena cinemática:

Las motrices están equipadas con ruedan neumáticas de las cuales la circunferencia de rozamiento es de 3,040 mm) que dividido por el factor = (3.14159) nos da el diámetro de la rueda neumática:

Circunferencia de la rueda neumática = 3040 mm

$$\frac{3040mm}{3.14159} = 968mm$$

Es considerada la rueda neumática para realizar los siguientes cálculos, ya que la rueda de seguridad, “las ruedas de seguridad no se apoyan sobre los rieles...” por lo que no interviene en el desempeño tratado en esta especificación.

#### 3.14.2 Cálculo de la máxima Adhesión de la aceleración.

La máxima adhesión de la aceleración se obtiene mediante a la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Aceleración}}{\text{Gravedad}} * \frac{\text{Masa}_{\text{total del tren}}}{\text{Masa}_{\text{total coches motrices}}}$$

Donde:

Aceleración = 1.4 m/s<sup>2</sup>

Gravedad = 9.81 m/s<sup>2</sup>

$$\frac{\text{Masa}_{\text{total del tren}}}{\text{Masa}_{\text{total coches motrices}}} = \frac{\text{No.}_{\text{total de coches}}}{\text{No.}_{\text{de coches motrices}}}$$

Igual a:

$$\left(\frac{1.4}{9.8}\right)\left(\frac{9}{6}\right) = 0.21 \times 100 = 21\%$$



### 3.14.3 Cálculo de la potencia máxima momentánea del motor (hasta 4440 kw)

La potencia máxima momentánea real de un motor del tren con el nuevo sistema de tracción y frenado es igual a 175kW tal cual se muestra en la “grafica de los parámetro del motor con las condiciones de operación del nuevo sistema de tracción”, por 24 motores que tiene el tren nos da como resultante un valor máximo momentáneo de 4,200 Kw

La potencia consumida de la línea es de 4,440 Kw

La diferencia de estos dos valores (4440 Kw – 4200 Kw = 240 Kw) son perdidas

### 3.14.4 Cálculo de la potencia máxima del motor

La potencia de tracción de los motores esta especificada para un régimen continuo de 136 Kw y un régimen uni-horario de 142kW. Para una operación normal estamos bajo régimen continuo y para condiciones especiales usamos el régimen uni-horario

El valor de potencia continuo es un promedio sobre el ciclo de operación, y es presentado en la parte superior (107 Kw).

La potencia real es calculada a partir de los valores momentáneos del voltaje y la corriente en el motor que se muestran en la grafica.

Con respecto a estos valores reales, el contrato dice en la especificación del motor que “la corriente promedio máxima de arranque y aceleración es de 550 A por motor.

La corriente puede mantenerse durante toda la fase de arranque. Para la tasa de conducción máxima del Chopper se aplicará a los motores una tensión de valor promedio igual a 720 V (360 V por motor)

La potencia máxima momentánea teórica permitida es:  $550A * 360V = 198 Kw$

La empresa Alstom ha considerado en el diseño del nuevo sistema de tracción-frenado, mantener el régimen de trabajo por debajo de ese máximo de potencia de los motores, para garantizar que el equipo mecánico acoplado al motor (puente diferencial y estructura del bogie) no sea sometido a un mayor esfuerzo para el que fue diseñado.

### 3.14.5 Cálculo de las no afectaciones al diferencial y/o a la estructura del bogie MP-82

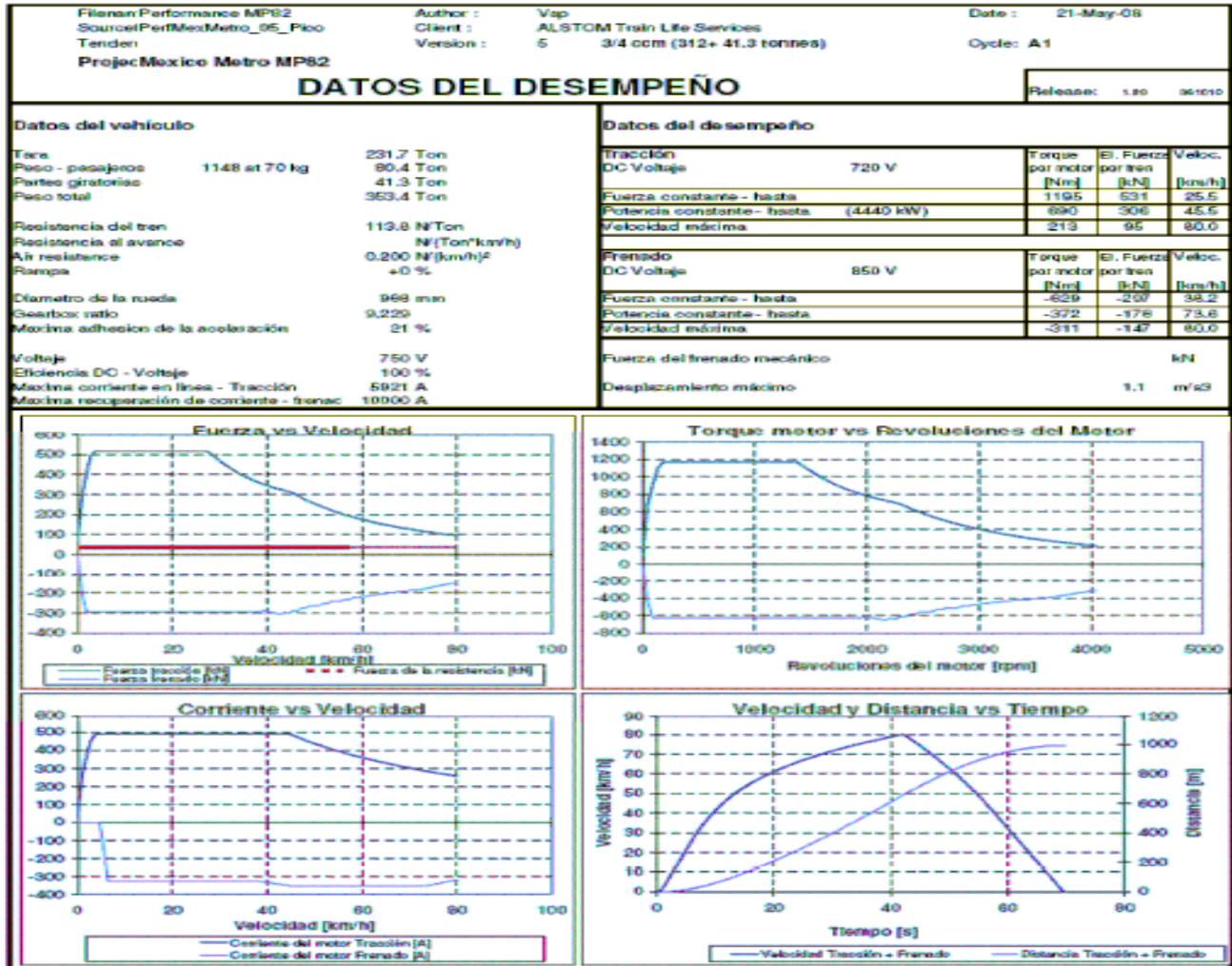
A continuación se muestran los resultados del análisis sobre las No-afectaciones al diferencial del bogie y/o a la estructura del mismo, con las nuevas adecuaciones y condiciones de operación del nuevo sistema de tracción y frenado.

Los resultados de las simulaciones presentados se obtienen bajo las condiciones indicadas en los párrafos siguientes y la información se amplía en el Capítulo IV, ya que en esta parte son las pruebas y puesta en marcha del conjunto de equipos.



Para Alstom es de vital importancia el cumplir con la no afectación al diferencial o a la estructura del bogie con las nuevas adecuaciones y condiciones de operación del nuevo sistema de tracción y frenado, aun en casos excepcionales altos del motor por condiciones de normales de operación y/o condiciones normales de falla.

### CONDICIONES DE OPERACIÓN INICIALES, CICLO A1





BASE DE DATOS DE CALCULO, CICLO A1

Table with columns: Potencia de tracción, Potencia de freno, Velocidad, Corriente en línea, Torque, Distancia, Tiempo. The table contains numerical data for various parameters across multiple rows, representing a cycle calculation for a train.



### 3.14.6 Método para calcular el valor de la resistencia del tren al avance.

Los datos para el cálculo de la resistencia del tren fueron tomados del contrato STC-CNCS-157/2006 material MP82, Motor de tracción 4 EXH 2524 A. "Interfaces relativas a la cadena cinemática" multiplicado por el factor de conversión de gravedad Newtons/Toneladas.

(La resistencia al rodamiento es igual a 11.6 /1.000 del peso del tren)

1Kgf =9.81N

$$\left( \frac{11.6 \text{ kgf}}{1.000 \text{ Ton}} \right) (9.81N) = 113.8 \frac{N}{\text{Ton}}$$

La resistencia al avance es la resultante de 2 efectos, tal cual lo indica el contrato STC-CNCS-157/2006 material MP82, Motor de tracción 4 EXH 2524 A, Interfaces relativas a la cadena cinemática:

(La resistencia al avance es el resultado de dos efectos)

(La resistencia al rodamiento es igual a 11.6 /1.000 del peso del tren)

(La resistencia aerodinámica es igual a 0.2 V<sup>2</sup> (donde V es la velocidad del tren en Km/H)

Dichas parámetros están considerados dentro de los datos del vehículo mencionados en el punto 3 de esta especificación:

Resistencia del Tren = 113.8 N/Ton

Resistencia del Aire = 0.2 N/(km/h) <sup>2</sup>

De donde la fuerza de resistencia al avance se calcula con la siguiente fórmula:

$$Fr(N) = (A)(M) + (B)(V) + (C)(V)^2$$

A = Resistencia del Tren = 113.8 N/TON

M = Tara total del tren (para del tren + peso pasajeros) = 353.4312.1 TON

B = Engloba la influencia de los choques en las juntas de la vía y las pérdidas de energía, este valor es igual a 0 (cero) N/(Ton\*Km/h) como se establece en el contrato en el tren MP82, Motor de tracción 4 EXH 2524 A.

V = Velocidad de 0 a 80 Km/h

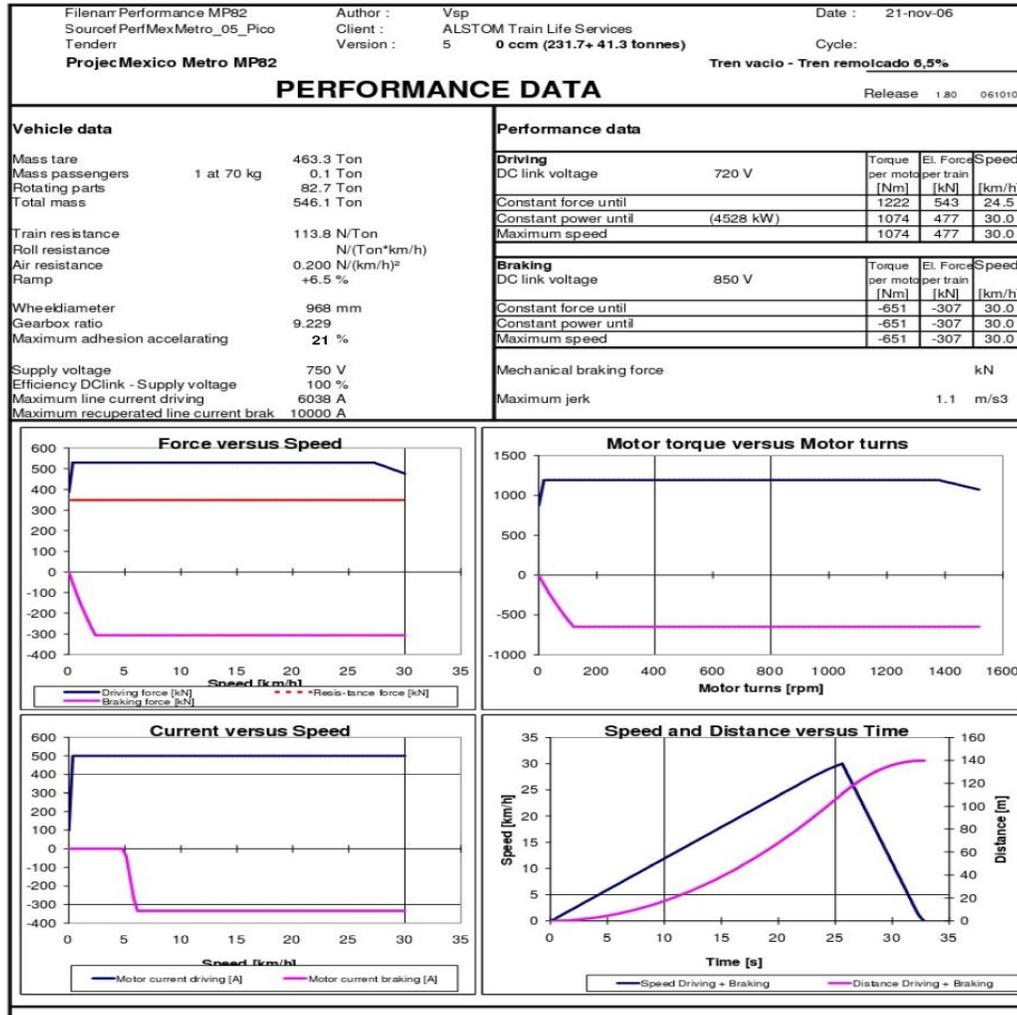
C = Resistencia del aire (air resistance) = 0.200 N/(Km/h)<sup>2</sup>

Los resultados de dicha fórmula para los valores de V= 0 Km/h a V= 80 Km/h se muestran en la base de datos del cálculo, ciclo A1 en la columna nombrada "Fuerza de la resistencia".

Nota: La resistencia al avance no se especifica en la tabla anterior "CONDICIONES DE OPERACIÓN INICIALES", CICLO A1 debido a que este valor no es una constante ya que depende de la velocidad del tren.



### 3.14.7 Desempeño del sistema del tren vacío con tren remolcado en una pendiente 6.5%



Modernización del Sistema Tracción-Frenado en Trenes MP82

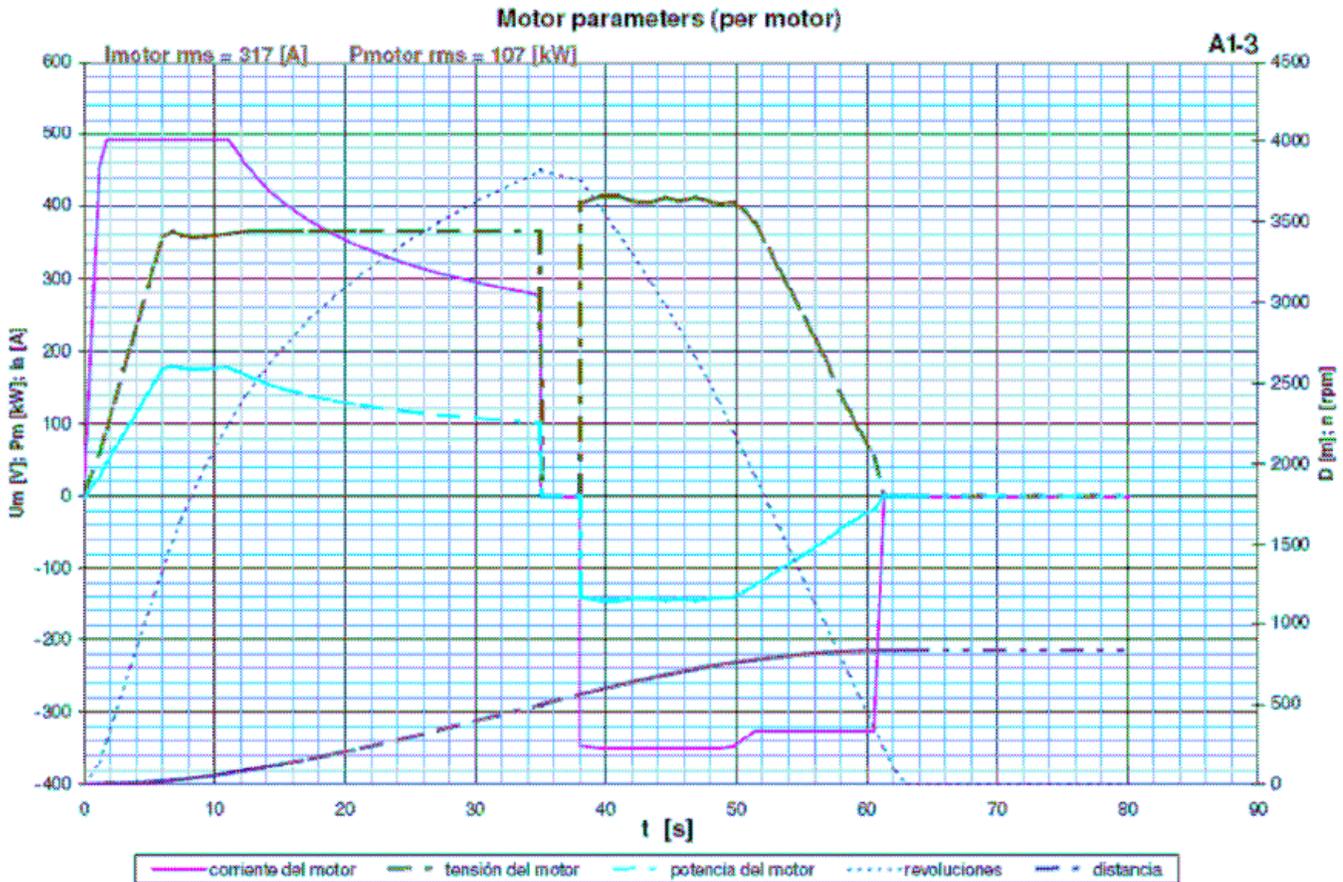


Project Mexico Metro MP82																		
Speed	Driving force	Braking force	Resistance	Acceleration	Deceleration	Power driving	Power braking	Motor speed	Line current driving	Line current braking	Motor torque driving	Motor torque braking	Motor current driving	Motor current braking	Distance driving	Distance Braking	Time Driving	Time Braking
[km/h]	[kN]	[kN]	[kN]	[m/s <sup>2</sup> ]	[m/s <sup>2</sup> ]	[kW]	[kW]	[rpm]	[A]	[A]	[Nm]	[Nm]	[A]	[A]	[m]	[m]	[s]	[s]
0.0	386.2	-1.3	348.2	0.07	-0.07	22		0	30		870	-3	98				0.1	0.1
0.3	529.9	-55.9	348.2	0.33	-0.46	309		18	411		1193	-119	500		0	0	0.3	0.3
0.7	529.9	-105.4	348.2	0.33	-0.65	416		35	555		1193	-223	500		0	0	0.6	0.4
1.0	529.9	-151.5	348.2	0.33	-0.79	469		52	625		1193	-321	500		0	0	0.9	0.5
1.4	529.9	-194.7	348.2	0.33	-0.92	522		69	696		1193	-413	500		0	0	1.2	0.6
1.7	529.9	-235.5	348.2	0.33	-1.02	574		87	766		1193	-499	500		0	0	1.5	0.7
2.1	529.9	-274.2	348.2	0.33	-1.12	627		104	836		1193	-581	500		1	0	1.8	0.8
2.4	529.9	-307.1	348.2	0.33	-1.20	680		121	907		1193	-651	500		1	0	2.1	0.9
2.7	529.9	-307.1	348.2	0.33	-1.20	733		138	977		1193	-651	500		1	0	2.3	1.0
3.1	529.9	-307.1	348.2	0.33	-1.20	786		156	1047		1193	-651	500		1	0	2.6	1.1
3.4	529.9	-307.1	348.2	0.33	-1.20	838		173	1118		1193	-651	500		2	0	2.9	1.1
3.8	529.9	-307.1	348.2	0.33	-1.20	891		190	1188		1193	-651	500		2	0	3.2	1.2
4.1	529.9	-307.1	348.2	0.33	-1.20	944		207	1258		1193	-651	500		2	1	3.5	1.3
4.4	529.9	-307.1	348.2	0.33	-1.20	997		225	1329		1193	-651	500		3	1	3.8	1.4
4.8	529.9	-307.1	348.2	0.33	-1.20	1049		242	1399		1193	-651	500		3	1	4.0	1.4
5.1	529.9	-307.1	348.2	0.33	-1.20	1102	-7	259	1470	-8	1193	-651	500	-40	3	1	4.3	1.5
5.5	529.9	-307.1	348.2	0.33	-1.20	1155	-100	276	1540	-113	1193	-651	500	-154	4	1	4.6	1.6
5.8	529.9	-307.1	348.2	0.33	-1.20	1208	-279	294	1610	-315	1193	-651	500	-267	4	1	4.9	1.7
6.1	529.9	-307.1	348.2	0.33	-1.20	1260	-420	311	1681	-474	1193	-651	500	-333	5	1	5.2	1.8
6.5	529.9	-307.1	348.2	0.33	-1.20	1313	-442	328	1751	-500	1193	-651	500	-333	5	1	5.5	1.8
6.8	529.9	-307.1	348.2	0.33	-1.20	1366	-471	345	1821	-532	1193	-651	500	-333	6	2	5.8	1.9
7.2	529.9	-307.1	348.2	0.33	-1.20	1419	-500	363	1892	-565	1193	-651	500	-333	7	2	6.0	2.0
7.5	529.9	-307.1	348.2	0.33	-1.20	1472	-529	380	1962	-597	1193	-651	500	-333	7	2	6.3	2.1
7.8	529.9	-307.1	348.2	0.33	-1.20	1524	-558	397	2032	-630	1193	-651	500	-333	9	2	6.6	2.2
8.2	529.9	-307.1	348.2	0.33	-1.20	1577	-586	414	2103	-662	1193	-651	500	-333	9	2	6.9	2.2
8.5	529.9	-307.1	348.2	0.33	-1.20	1630	-615	431	2173	-695	1193	-651	500	-333	9	2	7.2	2.3
8.9	529.9	-307.1	348.2	0.33	-1.20	1683	-644	449	2243	-727	1193	-651	500	-333	10	3	7.5	2.4
9.2	529.9	-307.1	348.2	0.33	-1.20	1735	-673	466	2314	-760	1193	-651	500	-333	11	3	7.7	2.5
9.6	529.9	-307.1	348.2	0.33	-1.20	1788	-701	483	2384	-792	1193	-651	500	-333	11	3	8.0	2.5
9.9	529.9	-307.1	348.2	0.33	-1.20	1841	-730	500	2455	-825	1193	-651	500	-333	12	3	8.3	2.6
10.2	529.9	-307.1	348.2	0.33	-1.20	1894	-759	518	2525	-857	1193	-651	500	-333	13	3	8.6	2.7
10.6	529.9	-307.1	348.2	0.33	-1.20	1946	-788	535	2595	-890	1193	-651	500	-333	14	4	8.9	2.8
10.9	529.9	-307.1	348.3	0.33	-1.20	1999	-817	552	2666	-922	1193	-651	500	-333	15	4	9.2	2.9
11.3	529.9	-307.1	348.3	0.33	-1.20	2052	-845	569	2736	-955	1193	-651	500	-333	16	4	9.5	2.9
11.6	529.9	-307.1	348.3	0.33	-1.20	2105	-874	587	2806	-987	1193	-651	500	-333	17	4	9.7	3.0
11.9	529.9	-307.1	348.3	0.33	-1.20	2158	-903	604	2877	-1020	1193	-651	500	-333	17	5	10.0	3.1
12.3	529.9	-307.1	348.3	0.33	-1.20	2210	-932	621	2947	-1052	1193	-651	500	-333	18	5	10.3	3.2
12.6	529.9	-307.1	348.3	0.33	-1.20	2263	-960	638	3017	-1085	1193	-651	500	-333	19	5	10.6	3.3
13.0	529.9	-307.1	348.3	0.33	-1.20	2316	-989	656	3088	-1117	1193	-651	500	-333	21	5	10.9	3.3
13.3	529.9	-307.1	348.3	0.33	-1.20	2369	-1018	673	3158	-1150	1193	-651	500	-333	22	6	11.2	3.4
13.6	529.9	-307.1	348.3	0.33	-1.20	2421	-1047	690	3229	-1182	1193	-651	500	-333	23	6	11.4	3.5
14.0	529.9	-307.1	348.3	0.33	-1.20	2474	-1076	707	3299	-1215	1193	-651	500	-333	24	6	11.7	3.6
14.3	529.9	-307.1	348.3	0.33	-1.20	2527	-1104	725	3369	-1247	1193	-651	500	-333	25	7	12.0	3.7
14.7	529.9	-307.1	348.3	0.33	-1.20	2580	-1133	742	3440	-1280	1193	-651	500	-333	26	7	12.3	3.7
15.0	529.9	-307.1	348.3	0.33	-1.20	2632	-1162	759	3510	-1312	1193	-651	500	-333	27	7	12.6	3.8
15.3	529.9	-307.1	348.3	0.33	-1.20	2685	-1191	776	3580	-1345	1193	-651	500	-333	29	8	12.9	3.9
15.7	529.9	-307.1	348.3	0.33	-1.20	2738	-1219	794	3651	-1377	1193	-651	500	-333	30	8	13.2	4.0
16.0	529.9	-307.1	348.3	0.33	-1.20	2791	-1248	811	3721	-1410	1193	-651	500	-333	31	8	13.4	4.0
16.4	529.9	-307.1	348.3	0.33	-1.20	2844	-1277	828	3791	-1442	1193	-651	500	-333	32	9	13.7	4.1
16.7	529.9	-307.1	348.3	0.33	-1.20	2896	-1306	845	3862	-1475	1193	-651	500	-333	34	9	14.0	4.2
17.0	529.9	-307.1	348.3	0.33	-1.20	2949	-1334	863	3932	-1507	1193	-651	500	-333	35	9	14.3	4.3
17.4	529.9	-307.1	348.3	0.33	-1.20	3002	-1363	880	4002	-1540	1193	-651	500	-333	36	10	14.6	4.4
17.7	529.9	-307.1	348.3	0.33	-1.20	3055	-1392	897	4073	-1572	1193	-651	500	-333	38	10	14.9	4.4
18.1	529.9	-307.1	348.3	0.33	-1.20	3107	-1421	914	4143	-1605	1193	-651	500	-333	39	11	15.2	4.5
18.4	529.9	-307.1	348.3	0.33	-1.20	3160	-1450	932	4214	-1637	1193	-651	500	-333	41	11	15.4	4.6
18.8	529.9	-307.1	348.3	0.33	-1.20	3213	-1478	949	4284	-1670	1193	-651	500	-333	42	11	15.7	4.7
19.1	529.9	-307.1	348.3	0.33	-1.20	3266	-1507	966	4354	-1702	1193	-651	500	-333	44	12	16.0	4.8
19.4	529.9	-307.1	348.3	0.33	-1.20	3318	-1536	983	4425	-1735	1193	-651	500	-333	45	12	16.3	4.8
19.8	529.9	-307.1	348.3	0.33	-1.20	3371	-1565	1001	4495	-1767	1193	-651	500	-333	47	13	16.6	4.9
20.1	529.9	-307.1	348.3	0.33	-1.20	3424	-1593	1018	4565	-1800	1193	-651	500	-333	49	13	16.9	5.0
20.5	529.9	-307.1	348.3	0.33	-1.20	3477	-1622	1035	4636	-1832	1193	-651	500	-333	50	13	17.1	5.1
20.8	529.9	-307.1	348.3	0.33	-1.20	3530	-1651	1052	4706	-1865	1193	-651	500	-333	52	14	17.4	5.2
21.1	529.9	-307.1	348.3	0.33	-1.20	3582	-1680	1070	4776	-1897	1193	-651	500	-333	54	14	17.7	5.2
21.5	529.9	-307.1	348.3	0.33	-1.20	3635	-1709	1087	4847	-1930	1193	-651	500	-333	55	15	18.0	5.3
21.8	529.9	-307.1	348.3	0.33	-1.20	3688	-1737	1104	4917	-1962	1193	-651	500	-333	57	15	18.3	5.4
22.2	529.9	-307.1	348.3	0.33	-1.20	3741	-1766	1121	4987	-1995	1193	-651	500	-333	59	16	18.6	5.5
22.5	529.9	-307.1	348.3	0.33	-1.20	3793	-1795	1138	5058	-2027	1193	-651	500	-333	61	16	18.9	5.5
22.8	529.9	-307.1	348.3	0.33	-1.20	3846	-1824	1156	5128	-2060	1193	-651	500	-333	62	17	19.1	5.6
23.2	529.9	-307.1	348.3	0.33	-1.20	3899	-1852	1173	5199	-2092	1193	-651	500	-333	64	17	19.4	5.7
23.5	529.9	-307.1	348.3	0.33	-1.20	3952	-1881	1190	5269	-2125	1193	-651	500	-333	66	18	19.7	5.8
23.9	529.9	-307.1	348.3	0.33	-1.20	4004	-1910	1207	5339	-2157	1193	-651	500	-333	68	18	20.0	5.9
24.2	529.9	-307.1	348.3	0.33	-1.20	4057	-1939	1225	5410	-2190	1193	-651	500	-333	70	19	20.3	5.9
24.5	529.9	-307.1	348.3	0.33	-1.20	4110												



Esta simulación tiene como propósito demostrar que en condiciones extremas de carga, el sistema mantiene su régimen de operación dentro de los parámetros de seguridad del diferencial, de los motores así como de la estructura del Bogie.

### 3.15 Grafico de los parámetros del motor con las condiciones de operación del nuevo sistema de tracción.





**OPTIMIZACION  
DE LAS NUEVAS TECNOLOGIAS  
A TRENES MP-82 Y  
PRUEBAS DE ARRANQUE**

---



## 4.1 Optimización de las nuevas tecnologías a trenes MP-82

### 4.1.1 Descripción General de la modernización del Sistema de Tracción Frenado

La tarea principal para un sistema de tracción es tomar la energía eléctrica del sistema de alimentación y entregarlo bajo ciertos parámetros a los motores del tren. La corriente y voltaje de la energía eléctrica entregados a los motores estarán en acuerdo al torque requerido y velocidad del tren en circunstancias diferentes (momentos de tiempo).

Durante “el frenado regenerativo”, el sistema de la tracción es responsable de proporcionar la energía eléctrica producida por los motores (operando como generadores) en la red. Esta energía se inyectará en la red bajo ciertos parámetros (corriente, voltaje, etc.). El equipo de tracción chopper es responsable de transformar / ajustar estos parámetros en los valores requeridos.

En caso de que la energía producida no pueda re-inyectarse en la red está se disipará en las inductancias. El chopper de frenado cuida la conexión /desconexión de las inductancias de frenado en el circuito de la tracción.

**Encendido:** Cuando el operador enciende el tren desde la cabina, el comando es enviado a través del manipulador y de las líneas de tren hacia los relés de lógica. Los relés de lógica envían el comando de encendido al disyuntor ultra-rápido, el cual cerrará. El disyuntor ultra-rápido está diseñado para proteger el circuito de propulsión de sobrecorrientes que puede ocurrir durante la operación del tren.

**Tracción:** Cuando el operador del tren pone el manipulador en la posición de tracción (son posibles diferentes grados), el comando es enviado al sistema de propulsión a través de las líneas de tren. Entonces, la corriente pasa a través de los Chopper de armadura, donde el voltaje promedio aplicado a los motores es controlado (a bajas velocidades solamente) para obtener la aceleración requerida del tren. Cuando el voltaje alcanza el máximo valor y la velocidad del tren es suficientemente alta, el tren no puede acelerar más.

**Frenado (Frenado-ED):** Durante el frenado el proceso descrito anteriormente, se invierte. Alta velocidad la corriente del campo es controlada en el circuito de debilitamiento de campo, y cuando la velocidad disminuye el chopper de armadura reduce el promedio de voltaje aplicado a los motores. Para parar el tren, el frenado-ED es apagado y solo el frenado mecánico es aplicado.

Todos estos algoritmos de control están incorporados en el control del chopper. La información de velocidad necesaria es proporcionada por los sensores de velocidad. La interface entre el operador del tren y el sistema de la tracción es posible vía las líneas de tren y relevadores de lógica.

Siempre que el operador actúe el manipulador, las líneas de tren (relacionadas con el comando) transmitirá la señal vía la lógica de relés a los componentes de la tracción (disyuntor ultra-rápido, el mando del freno mecánico), o enviará la información directamente al sistema de mando del chopper.



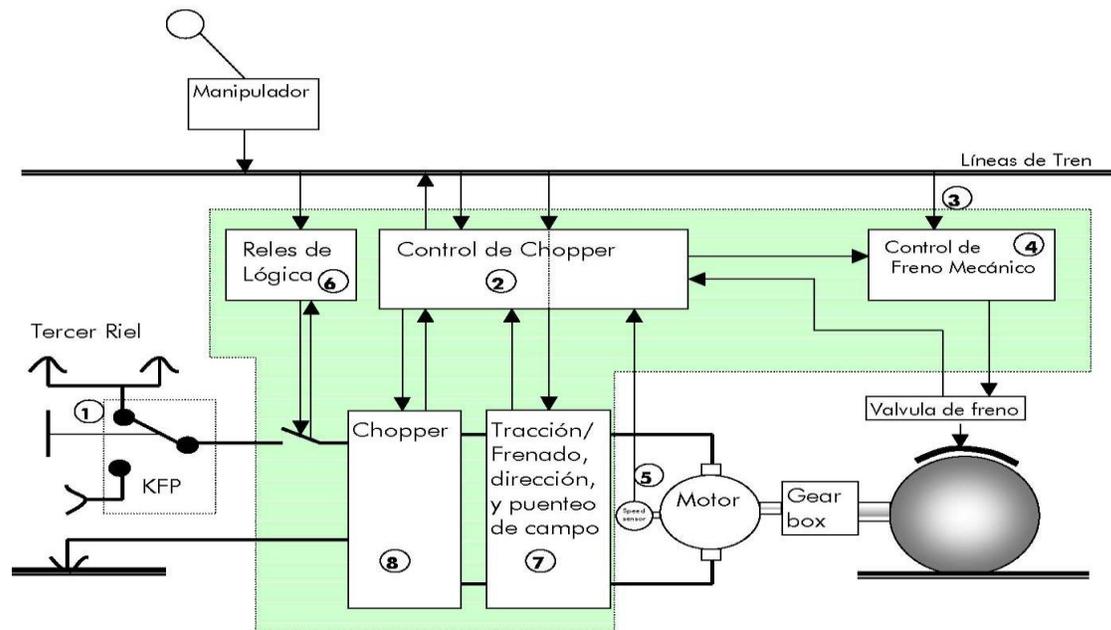
#### 4.1.2 Funciones desarrolladas por el Sistema de Tracción Frenado ya modernizado

Las principales funciones que debe desarrollar el sistema Tracción-frenado ya modernizado para los trenes MP82 son:

1. Suministro de Potencia de propulsión.
2. Mando del Chopper
3. Freno de la Emergencia y Freno de Seguridad.
4. Mando del freno mecánico.
5. Información de velocidad.
6. Relés de Lógica.
7. Control de Dirección, Tracción /Frenado, y debilitamiento (puenteo) de campo del motor.
8. Chopper.

#### 4.1.3 Descripción de los componentes del sistema

En el siguiente diagrama de bloque se describen las funciones realizadas por el sistema tracción-frenado en donde la fila superior de bloques comprende las funciones de control mientras en los inferiores es formado por las funciones de alta corriente, de igual forma se describe cada bloque a continuación con su respectiva función:





---

## DISYUNTOR ULTRA-RÁPIDO DE TRACCIÓN (DET) (1)

La conexión y protección del equipo de tracción-frenado es principalmente realizada por medio del disyuntor ultra-rápido DET.

La conexión del sistema de tracción a la distribución principal de voltaje es realizada por el DET.

El DET será el más reciente del tipo ARC 812. Para fácil mantenimiento el disyuntor DET es instalado en el gabinete de Alta Tensión, sobre un rack deslizable.

## CIRCUITO DE CARGA (2,3)

El contactor de carga y resistencia de carga es usado para cargar primero el capacitor de filtro de línea, cuando el modulo de tracción es encendido, para reducir el flujo de corriente repentino y las corrientes de interferencia. El contactor y la resistencia son montados en el gabinete de Alta Tensión HV

## DETECTOR DE VOLTAJE CERO (4)

Hay un relevador para detectar la presencia de alto voltaje de línea. Este relevador está instalado en el gabinete de alto voltaje HV.

## CONMUTADOR (KFP) PROTECCION DE CORREINTE DIFERENCIAL (QDI) (7,5)

El conmutador KFP conecta la distribución principal de voltaje de los trenes ya sea al tercer riel o bien a las tomas PAT de alimentación de los talleres.

El KFP comprende un relevador de protección de corriente diferencial de línea. El relevador de corriente diferencial de línea es usado para detectar diferencias en las corrientes de línea y de retorno. Si ésta diferencia es alrededor de un cierto nivel el relevador de corriente de línea diferencial se activa y la línea desconectada. Este relevador será reutilizado como parte del KFP.

El KFP es rehabilitado por AT y es colocado en el compartimiento de alto voltaje.

## INDUCTOR DE FILTRO D ELINEA (6)

El filtro de línea es necesario para prevenir interferencias del circuito de potencia del tren hacia el sistema de alimentación.

En conjunto con el capacitor de enlace DC-link, forman parte del filtrado, el inductor de filtro de línea previene los transitorios que pueden causar problemas en el sistema de tracción.

El inductor de filtro es un componente separado y será montado en la parte inferior del tren.

Un nuevo Inductor de Filtro de Línea será instalado en el tren.

---



## Capacitor DC-link (10)

El capacitor de filtro de Línea se integra en los en los módulos PICO del chopper. Así, éste capacitor será montado en el gabinete del Chopper

## CHOPPER DE FRENADO (PICO 500NAC) (11)

El chopper de frenado puede manejar el 100% de la energía de frenado, en caso de una repentina interrupción de la regeneración de la energía de frenado.

El modulo de potencia de IGBT usado para el chopper de frenado es tipo Alstom PICO.

El modulo de potencia IGBT es suministrado con:

- Protección Autónoma
- Diagnóstico
- Control de puerta activa, para alisar los voltajes y corrientes de salida con el propósito de reducir el esfuerzo dieléctrico.
- Capacidad de Acoplamiento de DC: la capacidad de acoplamiento de DC estabiliza los 750VDC y limita, junto con el filtro de línea, el nivel de armónicos.
- Un circuito de descarga permanente es suministrado para descargar el circuito de DC y el capacitor de filtro cuando el equipo es apagado. Este circuito opera como una función de seguridad, normalmente la función de descarga es manejada por la resistencia de frenado.

El modulo es enfriado naturalmente y montado en el gabinete del chopper.

## RESISTOR DE FRENADO (13)

La resistencia de frenado diseñada para los trenes MP82 es capaz de disipar al menos 50% de la energía eléctrica generada durante el frenado, siendo naturalmente enfriada.

La resistencia de frenado es diseñada para el 50% de la energía de frenado, mientras que el chopper de frenado puede manejar 100% de la energía de frenado. Si la resistencia de frenado tiene que disipar más del 50% de la energía de frenado por más de 5 segundos, el control de tracción detendrá el frenado electrodinámico y activará el frenado mecánico para proteger la resistencia de frenado.

También por seguridad, el resistor de frenado está continuamente monitoreada por un sensor de temperatura instalado en la caja del resistor de frenado. Si la temperatura se incrementa mas allá de un nivel dado la resistencia de frenado se desconectará y el frenado mecánico será aplicado en adelante. La resistencia de frenado representa un componente separado a ser colocado en la parte inferior del piso del tren.

## CHOPPERS DE ARMADURA (PICO 500NAC) (14)

El sistema de tracción comprende dos ramas de chopper de armadura. Las dos ramas de Chopper de armadura son construidos usando el mismo módulo de potencia PICO (idéntico al usado en el chopper de frenado). Como se estableció anteriormente, los módulos del chopper de armadura son suministrados con:



## Protección autónoma

- Diagnóstico
- Control de puerta activa, alisando el voltaje y corriente de salida con el propósito de reducir el esfuerzo dieléctrico..
- Capacidad de acoplamiento de DC
- Un circuito de descarga permanente

Los módulos son naturalmente enfriados y montados en el gabinete del chopper

## MODULO ELECTRONICO DE CONTROL DE TRACCION (MDC) (15)

Una unidad de control basada en microprocesador, montada en el interior de cada gabinete de control de tracción, controla el convertidor de tracción. Esta unidad de control de tracción consiste de un módulo con tarjetas enchufables para un fácil mantenimiento, cada tarjeta dentro del módulo de control es blindado de disturbios magnéticos por medio de una hoja de metal perforada. Las funciones de control para los convertidores son combinados para el suministro de energía y las señales de entrada /salida y el control del torque.

## INDUCTORES DE CHOPPER (16)

Dos inductores de chopper están conectados a la salida de los chopper de armadura para reducir la corriente de rizado de los motores. Los dos inductores se localizan en cajas separadas montadas bajo el piso del carro. Estos inductores podrían ser rehabilitados.

## CONTACTOR DE ARRASTRE DE MOTORES (DIM) (17)

En caso que un carro se inactive en línea y tenga que ser remolcado hasta el taller por causa de una falla de la equipo de tracción, deben ser tomadas en cuenta algunas precauciones. Sin precauciones especiales los motores de tracción actúan como generadores durante el remolcado, debido a cierto magnetismo remanente en los bobinados del motor.

Para prevenir ésta situación el DIM es abierto. El contactor DIM es instalado en el gabinete de Alta. El contactor DIM abierto interrumpe el circuito del campo del motor. Por lo tanto, no habrá corriente fluyendo en el circuito de campo del motor, y por tal motivo, no habrá flujo magnético en los motores, resultando una corriente nula en el circuito.

## DIODOS CHOKE (18)

Cuando por alguna razón la corriente de motor sale de control, se vuelve necesaria una intervención rápida con el propósito de prevenir daños. Por ésta razón dos diodos “choke” son previstos.

Cuando los diodos “choke” se vuelven conductivos la corriente de campo es derivada. El voltaje de armadura es reducido y se previene que aumente la corriente de armadura a un nivel inaceptable.



En una situación así la electrónica de control de tracción provee una señal para liberar los frenos mecánicos y asumir el desarrollo del frenado.

Los diodos “choke” son colocados en el gabinete del chopper.

#### FILTRO DE SALIDA DEL CHOPPER (19)

El filtro de salida del Chopper comprende los dos nuevos inductores de alisamiento, y un nuevo filtro RC. La frecuencia usada para cada chopper es de 540 Hz, el filtro es usado para reducir la ondulación en la salida del Chopper.

Las dos inductancias del Chopper son colocadas de manera separada debajo del piso del tren, mientras que el capacitor es colocado en el gabinete de Alta Tensión.

El resistor está fijado sobre la pared externa de gabinete de alto voltaje HV

#### RESISTORES DE PUENTE PERMANENTE (21)

Los resistores están conectados en paralelo con el bobinado de campo del motor para protegerlos en caso de una falla del IGBT's montados en el modulo de excitación.

Los resistores están diseñados de tal manera que se alcance un 92% de puenteo permanente sobre los bobinados de campo del motor.

Los resistores de puenteo permanente están montados del lado exterior de una de las paredes del gabinete de Alto voltaje HV.

#### DIODOS DE DIRECCIONAMIENTO EN TRACCION (26) Y FRENADO (22)

Durante la tracción la corriente fluye desde el chopper de armadura a través de los módulos de excitación hacia los motores. La dirección del flujo de corriente de los chopper de armadura hacia los motores se obtiene usando los diodos de direccionamiento de corriente en tracción.

Durante el frenado la corriente fluye desde los motores a través de los módulos de excitación hacia los chopper de armadura. La dirección del flujo de la corriente de los motores hacia los módulos de excitación de chopper de armadura se obtiene usando los diodos de direccionamiento de corriente en frenado.

Ambos tipos de diodos (de direccionamiento de corriente de tracción y frenado) están montados en los módulos con sus disipadores de calor (un diodo de direccionamiento de corriente para cada módulo de tracción y frenado).

#### MODULO DE EXCITACION (PICO FIELD NAC) (23).

Cada sistema de tracción comprende dos módulos de excitación. El módulo de excitación está basado en circuitos que usan semiconductores IGBT's como interruptores de estado sólido para el debilitamiento del campo. Los módulos de excitación son Alstom del tipo PICO FIELD NAC.

Los semiconductores son montados en disipadores de calor los cuales son enfriados naturalmente con aire. Estos módulos están colocados en los gabinetes del chopper junto con los chopper de armadura y de frenado.

#### RESISTORES BUFFER (27)



Dos resistores buffer permanentes se tienen instalados, uno por rama de motores. Durante el frenado estos resistores aseguran que el voltaje del chopper permanezca por debajo del voltaje de línea. Cuando estos resistores no son usados el voltaje de armadura puede hacerse más alto que el voltaje de línea durante el frenado regenerativo y puede ocasionar una corriente alta.

Dicha corriente se vuelve inestable e incontrolable provocando daños considerables.

El resistor buffer es montada en el exterior del gabinete del chopper, en un cofre para la resistencia. Durante el frenado el resistor conduce la corriente de frenado completa de dos motores conectados en serie.

### MOTORES DE TRACCION (28)

La mayoría de los motores existentes en los trenes MP82 son del tipo 4ELG2330c. Sin embargo, hay una pequeña cantidad del tipo 4EXH2524b en servicio. Todos los motores existentes de estos dos tipos serán rehabilitados por Alstom.

### PANEL DE INYECCIÓN DE FRENADO (29)

La Inyección de corriente de campo en modo de frenado es necesario con el propósito de energizar el campo principal del motor de tracción cuando es necesario el frenado electrodinámico. Como resultado, el freno de armadura es llevado hasta el voltaje y el frenado puede continuar independientemente.

La inyección de freno consiste de un contactor, un transformador y un puente rectificador en serie. Este contactor es brevemente activado al inicio del frenado.

A través del transformador (aislamiento galvánico) los 220V AC son conectados al puente rectificador de la alimentación auxiliar del vehículo con objeto de proveer voltaje de DC para la inyección del frenado.

Los componentes de la inyección del frenado están montados en el gabinete de alto voltaje HV.

### CONTACTOR DE DIRECCION DE MARCHA (30)

El contactor de dirección de marcha se encarga de cambiar el sentido de marcha. Esto se hace por un contactor mecánico de 8 polos (4 polos por rama de motores). Durante la operación normal este contactor conmuta en ausencia de corriente o voltaje. Sin embargo por seguridad el contactor está diseñado para conmutar un número limitado de veces bajo voltaje / corriente.

Los contactos del contactor de dirección de marcha son mecánicamente cerrados y manejados por un pequeño motor. Este contactor está ubicado en el gabinete de alto voltaje HV.



## MEDIDORES DE CORRIENTE (8, 20, 24,31)

Hay seis transductores medidores de corriente instalados en cualquiera de los carros M o N MP82. A continuación se presenta la localización de cada uno de ellos:

- Medidor de corriente de línea (8) – gabinete HV.
- Medidores (2) de corriente de chopper (20) – Módulos de chopper de armadura gabinete de chopper.
- Medidores (2) de corriente de campo (24) – gabinete HV.
- Medidor de corriente de retorno de motores (31) – gabinete de chopper.

## MEDIDORES DE VOLTAJE (9, 12,32)

Existen 4 transductores medidores de voltaje instalados en los trenes MP82. Estos transductores son usados para.

- Medir el voltaje de entrada DC-link (9)- gabinete de chopper.
- Medir de voltaje de resistor de frenado (12).
- Medir la diferencia de voltaje / velocidad de dos motores (32). Gabinete de chopper.

## PANEL DE FUSIBLE HV

Cada carro comprende un panel de fusibles de alta Tensión. Los valores de los fusibles son diferentes para los diferentes tipos de carros. En los carros N el panel de fusibles de Alta Tensión comprende fusibles de 550 A, 50 A, 25 A y 5 A, con el propósito de proteger los diversos circuitos de Alta Tensión en caso de cortos circuitos.

En los carros M el panel de fusibles consiste de fusibles de 550 A y 5 a.

El panel de fusibles de alta Tensión está colocado en el gabinete de alta Tensión.

## PANEL DE FISIBLES AUTOMATICOS DE BAJO VOLTAJE LV

Para proteger los circuitos eléctricos principales en el tren, en cada carro M y N se tiene un panel de nuevos fusibles automáticos (hidro-magnéticos). El panel de fusibles automáticos está ubicado en el gabinete de control.

## CAJA DIFERENCIAL

La caja de engranes diferencial no es parte de este proyecto/ contrato. Además no hay trabajo que realizar por Alstom en este componente. Las cajas de engranes diferencial será reutilizada sin intervención de alguna por parte de Alstom. Todos los cálculos serán basados en la información proporcionada por el STC.

## CABLES DE ALTO VOLTAJE HV

Los cables Alto Voltaje que son parte del sistema de tracción serán renovados. El suministro y montaje de los nuevos cables de alto voltaje HV para la conexión e



integración del nuevo chopper IGBT de tracción están dentro del tren se incluyen en el alcance de los suministros de ALSTOM.

#### CABLEADO DE BAJO VOLTAJE LV

La conexión entre los cables de BT existentes y el cofre de control: Conexión entre el cableado original y el MDC

#### PANEL DE RELES

Cada carro M o N está provisto de un nuevo tablero de relevadores que contiene relevadores de tracción / frenado, los relevadores para el alumbrado y las funciones auxiliares. La mayoría de estos relevadores están colocados en el cofre de control.

El cofre de control está diseñado de acuerdo a la norma IEC60529 /1989 11 para la clase IP65 (Ingress Protection 65, por sus siglas en inglés).

De acuerdo a esta norma el cofre de control está protegido contra contacto accidental de cables en partes peligrosas, contra chorros de polvo y agua (“chorros de agua dirigidos en cualquier dirección al compartimiento no deben presentar efectos perjudiciales”).

#### MANIPULADOR

El manipulador transmite las ordenes del conductor del tren a las líneas de tren. Los manipuladores serán reacondicionados por ALSTOM pero su funcionalidad deberá mantenerse. Los pasos de tracción y frenado deberán ser los mismos que en el tren original (para la tracción T1 – T5 y para el frenado F1 - F6 + FU).

#### BLOCK ECC

El bloque ECC traduce la orden dada por el manipulador en una señal eléctrica transmitida a las líneas de tren. Este bloque será renovado y mantenida su funcionalidad. El bloque ECC está colocado en la cabina del tren.

#### BLOCK FKR (SOLO EN CARROS R Y PR)

Cuando se comanda un frenado mecánico de cierto nivel en un carro M o N, es enviada una señal al bloque FKR (ubicado en los carros remolques) por ambos lados (el carro remolque de un elemento siempre están entre 2 carros motores).

El bloque FKR es responsable de comandar el frenado neumático en los carros remolque a un nivel promedio de los niveles recibidos de los carros motores.

Un bloque FKR nuevo será entregado por ALSTOM proporcionando la misma funcionalidad como el original. El bloque FKR está colocado solamente en los carros remolque R o PR.



## ELECTROVALVULA EMDI

La EMDI es responsable de establecer en la tubería de frenado la presión de aire requerida de acuerdo al nivel de frenado mecánico requerido. La válvula de presión de aire es controlada por una señal eléctrica. La EMDI será rehabilitada por ALSTOM. La EMDI está colocada debajo del carro.

## BLOCK ALD

El bloque ALD se encarga de que el sistema de control de frenado mecánico esté conectado al voltaje de control de CD del tren. En caso de una perturbación es enviada una señal a la cabina. El bloque ALD será reutilizado sin ninguna modificación y está colocada en el cofre de control.

### 4.2 Supervisión y pruebas

Para vigilar el cumplimiento de la especificación técnico-funcional que regula la sustitución y modernización del sistema de tracción-frenado, el S.T.C. realizará las labores de supervisión y pruebas.

Por tal motivo se dio al personal del S.T.C. toda clase de facilidades para desempeñar las funciones de modernización.

El S.T.C. ejecutó las pruebas que estimo convenientes, ya sea en los laboratorios o en los que elija, esto para constatar parámetros sobre los que considere haya dudas. En base a esto, se tienen diferentes fases para la supervisión y pruebas.

### 4.3 Fases de la supervisión

#### 4.3.1. Supervisión en la recepción de materiales y componentes

A fin de constatar el apego a normas, especificaciones y/o planos autorizados, toda materia prima, productos de maquila, partes, conjuntos y sistemas provenientes de otros fabricantes, fue objeto de control para el ingreso de las instalaciones conteniendo así todos los certificados de calidad requeridos y facilidades necesarias correspondientes.

De igual forma se realizó el control, en todas las posiciones del proceso, incluyendo las de fabricación de subensambles, recableado, instalación, acabados y pruebas; se consideran también los procesos de evaluación de soldadores y de ajuste del herramental.

Además de las inspecciones y pruebas en las diferentes fases del proceso, se realizaron pruebas a los equipos del nuevo sistema de tracción-frenado instalado en los carros, así como al tren como conjunto; en términos generales estas pruebas consisten en:

PRUEBAS PROTOTIPO	PRUEBAS TIPO	PRUEBAS SERIE
----------------------	--------------	---------------

Pruebas de Prototipo.- Son las que se efectúan al primer equipo de un nuevo diseño no experimentado en el S.T.C.



Prueba Tipo.- Son las que se realizan obligatoriamente a los equipos cabeza de serie y al primer tren con el nuevo sistema de tracción-frenado, previo a la producción en serie, a fin de constatar el cumplimiento de las especificaciones acordadas.

Pruebas serie.- Son aquellas que se realizan para verificar que la ejecución de los trabajos se ajusta a lo estipulado en el proyecto. Las pruebas serie se realizan a la totalidad de los equipos y del tren como conjunto, con el fin de certificar su calidad y adecuado funcionamiento.

Con base en los resultados de estas pruebas el S.T.C. definió si es necesario realizar más pruebas de las previstas.

#### **4.3.2 Supervisión de Herramientas para el proceso de ensamble**

En esta etapa se evaluó la precisión y confiabilidad de las herramientas, equipos e instrumentos de medición que regularmente se emplearon en el proceso de sustitución y modernización del sistema de tracción-frenado.

#### **4.4 Pruebas**

Las pruebas realizadas a los trenes en instalaciones del S.T.C., se dividieron en 5 grupos:

1. “Estáticas”
2. “Dinámicas”
3. “De pilotaje automático”
4. “De asentamiento” en línea, en todos los modos de conducción con tren en vacío
5. “Tipo” de funcionamiento del tren

Durante la ejecución de las pruebas estáticas y dinámicas que se efectuaron en el taller y vía de pruebas, el S.T.C. actuó como coordinador del programa siendo el proveedor el ejecutor y responsable de las pruebas.

Las pruebas de asentamiento fueron realizadas por el proveedor con la coordinación y supervisión del S.T.C. estas pruebas tienen como objeto comprobar que el funcionamiento del conjunto y de sus partes es correcto y que el tren con el nuevo sistema de tracción-frenado haya cumplido con las prescripciones exigidas en el contrato y sus documentos de apoyo. Las pruebas de asentamiento tuvieron una duración de 3 días hábiles.

Las pruebas “Tipo” de funcionamiento del tren se llevaron a cabo en el tren cabeza de serie, previo a su puesta en servicio.



#### **4.4.1 Protocolos de pruebas estáticas de operación en taller para ENTREGA/RECEPCION del tren MP82.**

El presente protocolo tiene como fin establecer las pruebas previas a la entrega/recepción de los trenes MP82, por parte del S.T.C. /Alstom Mexicana, para los 24 trenes serie que se modernizaron.

Las pruebas se realizan en el taller Constitución de 1917 de la línea 8 de la red del metro de la Cd. De México, en una de las fosas de mantenimiento o de visita si así es acordado, con la participación de personal del S.T.C. y Alstom.

Es responsabilidad del S.T.C. entregar el tren en buenas condiciones de operación de aquellos sistemas que no están dentro del alcance del contrato de modernización, y es responsabilidad de Alstom entregarlos en las mismas condiciones que se reciben.

En lo referente al sistema de tracción frenado y equipos acordados para rehabilitar, es responsabilidad el Alstom Mexicana entregarlos conforme al contrato en vigencia.

Conjuntamente con el Cliente y de acuerdo al programa contractual, se coordinaron las actividades para la realización de las pruebas estáticas de operación en el taller Constitución de 1917 de la línea 8, para la entrega /recepción de cada uno del 24 trenes de serie.

El S.T.C. informó previamente el número de tren a entregar/recepción, el día y la hora en que se realizaron las pruebas estáticas en taller esto con el fin de preparar el equipo y el personal necesario para su ejecución.

A continuación se describen los pasos a realizar para la realización de las pruebas:

- 1.- El tren a entregar /recepción deberá estar en una fosa de taller o de visita de la línea 8.
- 2.- El personal participante deberá observar todas las medidas de seguridad que indica el reglamento interno del STC, tal como el uso de zapatos y ropa de seguridad y solo personal autorizado podrá manipular los controles de cabina, así como energizar y desenergizar el tren.
- 3.- Se verificará el funcionamiento (apagado /encendido) del siguiente equipo.
  - Advertidor sonoro eléctrico y neumático.
  - Alumbrado de cabina.
  - Luces de Vigilancia en cabina
  - Encendido /apagado del tren
  - Limpiaparabrisas
  - Convertidor estático
  - Moto-compresor
  - Limpiaparabrisas
  - Traspaso de Batería



- Apertura y cierre de puertas de pasajeros de todo el tren
- Señalización en la caja BS
- Sonorización: Anuncio a pasajeros, cabina a cabina y anuncio de cierre.
- Cartel frontal

4.- Una vez concluido la prueba estática de los anteriores subsistemas del tren se procederá a preparar el tren para su prueba dinámica en línea (ver protocolo de pruebas específico)

Para el reporte de resultados se hará un formato de reporte acordado por ambas partes donde se registrarán datos generales como:

- El número consecutivo de tren.
- Número de motrices M, y todos los carros que forman el tren.
- Fecha de realización de las pruebas.
- Comentarios y observaciones durante las pruebas.
- Resultado general de las pruebas.
- Nombre y firma de los representantes del S.T.C. y Alstom.

#### **4.4.2 Pruebas de los circuitos y Aparatos Eléctricos.**

Los circuitos realizados sobre los coches están clasificados en cuatro categorías (designadas por A, B, C y D). La frecuencia de las tensiones de prueba será de 50/60 Hz.

- A) Los circuitos de H.T. de tracción, estos son los de los motores de tracción. Comprenden los circuitos de alimentación general y de regreso de corriente. Estos circuitos serán sometidos, durante un minuto a una tensión de prueba alterna de a50/60 Hz igual a 3000 V, eficaces.
- B) Los diversos circuitos de H.T. estos son todos los circuitos alimentados en H.T. que no están comprendidos en la categoría anterior. Estos circuitos serán sometidos durante un minuto a una tensión de prueba alterna de 50/60 Hz, igual a 1800 V, eficaces.
- C) Los diversos circuitos de B.T. comprenden todos los circuitos alimentados exclusivamente por las baterías. Estos circuitos serán sometidos, durante un minuto a una tensión de prueba alterna de 50/60 Hz, igual a 1000 V, eficaces.
- D) Los circuitos alimentados por la fuente "CA" estos circuitos serán sometidos, durante un minuto, a una tensión de prueba alterna de 50/60 Hz, igual a 1500 V, eficaces.

Para cada una de estas categorías la tensión de prueba es aplicada:

Entre cada circuito y la tierra del coche.

Entre los diferentes circuitos de la misma categoría.

Entre los circuitos de la categoría y aquellos para los cuales la tensión de prueba prescrita es inferior.

Durante estas pruebas, todos los aparatos (que comprenden las resistencias, los diodos, condensadores, etc) estarán completamente desconectados pero todos los puentes y cables de tierra estarán en su lugar y correctamente montados. Estos últimos, 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 la tierra. Si esta verificación revela una insuficiencia, la parte dañada será reemplazada y el coche será sometido a una nueva prueba.

Los diferentes aparatos serán sometidos, por separado a pruebas “de tipo” llevadas a cabo sobre cierto número de ellos, y a pruebas destinadas a verificar la seguridad y la robustez en servicio.

Las pruebas de serie, tienen por objeto la verificación de la conformidad de cada aparato con respecto a los modelos que hayan satisfecho las pruebas de tipo.

Especialmente cada prueba de serie comprenderá una prueba de resistencia a la tensión, en las condiciones prescritas anteriormente para los circuitos de los coches y una medida de aislamiento entre circuitos y entre circuitos y tierra del aparato.

#### **4.4.3 Pruebas de “Tipo”**

Las pruebas de tipo comprenden las pruebas de calentamiento, de cualidades dieléctricas, de calibrado, de poder de ruptura, de resistencia a las vibraciones y de robustez mecánica.

##### 1° Calentamiento

La prueba de calentamiento consiste en condiciones que son lo más cercanas posibles a las condiciones normales del empleo de las piezas en particular.

- El montaje del cartucho será realizado sobre su soporte normal.
- Los cables y terminales de conexiones serán semejantes a los cables y terminales normales a fin de no provocar un calentamiento suplementario.
- La ventilación será limitada a aquella que produce, en una habitación sin circulación de aire, a una temperatura comprendida entre 15°C y 30°C, el movimiento del aire calentado por la presencia del cartucho en el que el circula la corriente.

El valor de la corriente, mantenida constante para esta prueba de baja tensión, está fijado en el máximo valor eficaz normal de empleo 370A.

La duración de la prueba se prolongara hasta que se obtengan temperaturas de régimen que estimaran alcanzadas a partir del momento en donde estas no aumentaran en más de 1°C por hora.

El calentamiento observado en un órgano, es el gradiente entre la temperatura observada de este y la temperatura del aire ambiente medida al final de la prueba de calentamiento. Los calentamientos observados no debes exceder los valores limites siguientes con el equipo anterior ya que posteriormente mostraremos los valores de ALSTOM que son de:

Contacto de los bornes del cartucho con las terminales del soporte: 75°C.  
Bornes de conexiones con los cables: 45°C.



Las medidas de temperaturas de estos órganos serán efectuadas, ya sea por medio de termómetros convenientemente protegidos contra las influencias exteriores, o bien por medio de termopares.

Los valores a adoptar para el cálculo de calentamientos, a continuación de estas pruebas, son los promedios de los valores medidos durante el último cuarto de hora, el valor de la temperatura ambiente que interviene en este cálculo no podrá exceder de 40°C.

La prueba se llevara a cabo sobre tres cartuchos de referencia completamente montados; estas tres pruebas podrán ser realizadas simultáneamente, estando los tres cartuchos montados en serie, pero situados por lo menos a 1 metro de separación uno de otro.

La medida de la temperatura ambiente será hecha por medio de termómetros colocados a 50cm del cartucho, a la misma altura de este y sometidos a las mismas condiciones atmosféricas.

### Cualidades Dieléctricas

Tres cartuchos no provistos de elementos fusibles, pero llenos y arreglados conforme a las condiciones normales serán mantenidos durante 8 horas en agua pura.

Cuando se saquen estos tres cartuchos serán convenientemente secados y montados sobre los soportes que hayan servido anteriormente para la prueba de calentamiento. Uno de los 3 soportes habrá sido previamente rociado con agua pura y convenientemente secado.

La tensión de prueba, fijada 2500 volts eficaces de corriente alterna senoidal de 60Hz, será aplicada en cada conjunto así montado, entre las piezas de conexión normales de los cables; no deberá constatarse ningún indicio de aislamiento insuficiente.

### Calibrado

Esta prueba se lleva a cabo sobre 10 cartuchos que comprenden obligatoriamente los tres cartuchos que hayan servido para la prueba de calentamiento (previamente enfriados). Cada cartucho a probar será montado sobre su soporte normal, debiendo estar a temperatura ambiente comprendida entre 15°C y 30°C, las conexiones serán establecidas con los órganos normales en forma similar a la prueba de calentamiento.

### Poder de Corte

Esta prueba se realizara sobre 9 cartuchos nuevos y montados en condiciones equivalentes a aquellas de empleo normal, la temperatura ambiente estará comprendida entre 10°C y 40°C.

La fuente de corriente empleada deberá asegurar la alimentación de los circuitos de pruebas para el tiempo necesario de las diversas pruebas sin que su fuerza electro-motriz disminuya más de 10%.



El circuito utilizado para las pruebas de sobre intensidad se compondrá esencialmente:

- De la fuente de corriente continua y su equipo de protección, de un seccionador general.
- Un interruptor automático de mando voluntario a control remoto.
- De un fusible de prueba.
- De un circuito de carga que comprende una resistencia e inductancia.

Un oscilógrafo convenientemente graduado permitirá determinar, durante todo el tiempo necesario en cada prueba, la intensidad que circula por el fusible, la tensión que en los bornes de la fuente y la tensión  $U_x$  en los bornes del fusible, en función del tiempo.

La inductancia del circuito de carga podrá estar constituida ya sea por una bobina sin núcleo o bien por una bobina con núcleo de hierro. En este último caso, el valor del coeficiente de la auto-inductancia que interviene en los ajustes definidos.

#### **4.4.4 Protocolo de pruebas de rutina estáticas (sistema TRC) en México a nivel vehículo y tren.**

Este es uno de los protocolos de inspección y pruebas de rutina del sistema de tracción y frenado para el proyecto MP82 del metro de la línea 8 de la ciudad de México.

Este protocolo ha sido escrito para cumplir con los requerimientos de la lista de referencia

Este protocolo de pruebas de rutina describe las pruebas estacionarias para el sistema completo de tracción a nivel vehículo, incluyendo unos metros de conducción (estático/movimiento).

Todos los procedimientos de seguridad son aplicados antes de probar este equipo. La prueba solo puede ser realizada solamente por personal autorizado.

La prueba es realizada tal cual se describe en este documento y los resultados deben ser registrados en este mismo documento. El departamento de pruebas debe de cumplir con los procedimientos de calidad.

Los ensayos se realizaran en el siguiente orden de acuerdo a los 5 pasos descritos a continuación:

Paso 1: - El Vehículo se coloca en la fosa sin los nuevos cofre modernizados y el bogie motor (las calzas de bloqueo se colocan en las ruedas de seguridad).

En este paso se verificara el estatus del cableado de baja tensión existente en los coches M y N del modelo MP 82 y se verificara el estado del cableado de alta tensión instalado bajo bastidor durante la modernización. Los siguientes ensayos están listos para realizarse:

- Ensayo de continuidad
- Ensayo de tensión disruptiva
- Ensayo de impedancia de aislamiento



Paso 2: - Las secciones (3 o 6 carros) en la fosa con los nuevos cofres, el ECC modernizado, el KFP, el manipulador y los bogíes motor montados y conectados (Las calzas de bloque en las ruedas de seguridad). Las siguientes pruebas están listas para ser realizadas:

Ensayos de las conexiones de protección y circuitos de retorno  
Ensayos del sistema de frenos de fricción  
Control individual  
Interacción entre sistemas  
Sistemas controlados por software  
XE-IO7  
XE-IO8  
XE-ISC

- Tracción frenado y velocidad
- Señal P
- Sistema de indicación
- Línea de tren 8, 12
- Frenado mecánico
- Sentido de marcha

**NOTA:** Este paso se realizara con las dos secciones M-R-N separadamente y la sección N-RN será probada conectada a una sección M-R-N ya probada con el fin de aprovechar la cabina.

Paso 3: - Las secciones (3 o 6 carros) en la fosa con los nuevos cofres, el ECC modernizado, el KFR, el manipulador y los bogíes motor montados y conectados (Las calzas de bloqueo han sido removidas).

Las siguientes pruebas están listas para ser realizadas:

- Pruebas de sistema de tracción – Movimiento de pocos metros

Este paso se realizara con las dos secciones M-R-N separadamente y la sección N-RN será probada conectada a una sección M-R-N ya probada con el fin de aprovechar la cabina.

Paso 4: - El tren (9 coches) está en la fosa (calzas de bloqueo están en las ruedas de seguridad). Las siguientes pruebas están listas para ser realizadas:

- Pruebas del sistema de frenado de fricción
- Control Individual

Paso 5: - El tren (9 coches) está en la fosa (las calzas de seguridad han sido removidas)

Las siguientes pruebas están listas para ser realizadas:

Pruebas de sistema de tracción – Movimiento de pocos metros

Pruebas del sistema relacionado con la seguridad – Movimiento de pocos metros a muy baja velocidad (<5 km/h)

Las siguientes herramientas son necesarias para las mediciones:



No.	Equipos	Requerimientos	Tipo (ej)	Paso 1	Paso 2	Paso 3	Paso 4	Paso 5
1	Hipot Probador de aislamiento			X				
1	Megger			X				
2	Laptop con Wincomm				X	X	X	X
2	Cable serial cruzado				X	X	X	X
2	Multímetro			X	X			

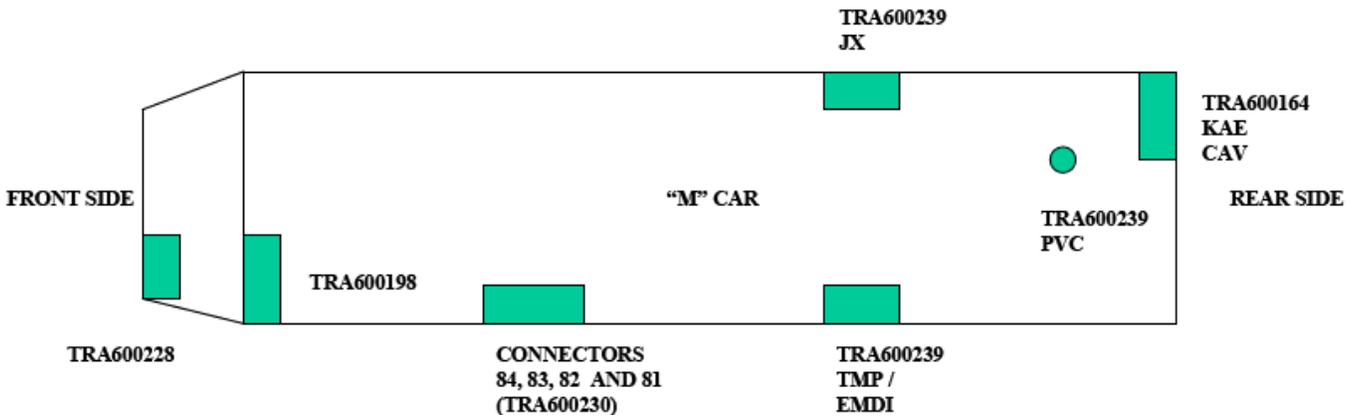
#### 4.4.5 Prueba del paso y continuidad para los cables de baja tensión.

Utilizando un probador de continuidad (multímetro en modo de continuidad  $r \leq 40$  ohm) se va a probar cada uno de los cables existentes de baja tensión en el mazo de cables de las terminales de conexión números 81, 82, 83 y 84, llenando esta sección en el formato proporcionado para las pruebas, antes aceptado por STC.

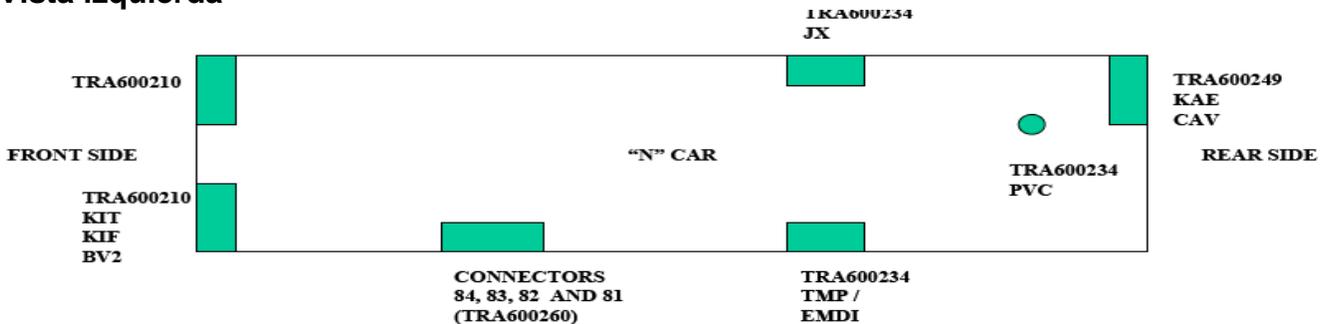
Cables BT existentes	M1	R1	N1	N3	PR	N4	N2	R2	M2
Resultado (ok/nok)		NA			NA			NA	

### Localización de las conexiones de baja tensión en el coche M

#### Vista derecha



#### Vista izquierda





### Ensayo de tensión disruptiva

Utilizando el “Hipot” de los cables BT a tierra, Los cables no están conectados al equipo durante esta prueba.

#### Voltaje a ser definido

Cables BT existentes	M1	R1	N1	N3	PR	N4	N2	R2	M2
Resultado (ok/nok)		NA			NA			NA	

Utilizando el “Hipot” de los cables AT a tierra, Los cables no están conectados al equipo durante esta prueba.

#### Voltaje a ser definido

Cables BT existentes	M1	R1	N1	N3	PR	N4	N2	R2	M2
Resultado (ok/nok)		NA			NA			NA	

### Ensayo de impedancia de aislamiento

Utilizando el “Megger” de los cables AT a tierra. Los cables no están conectados al equipo durante esta prueba.

#### Voltaje a ser definido

Cables BT existentes	M1	R1	N1	N3	PR	N4	N2	R2	M2
Resultado (ok/nok)		NA			NA			NA	

Utilizando el “Megger” ( $V_{dc} > 5 \text{ Mohm}$ ) de los cables AT a tierra, Los cables no están conectados al equipo durante esta prueba.

#### Voltaje a ser definido

Cables BT existentes	M1	R1	N1	N3	PR	N4	N2	R2	M2
Resultado (ok/nok)		NA			NA			NA	



## Preparación de las secciones

Una vez que las secciones estén mecánica y eléctricamente conectadas (M-R-N)  
Poner un trapo en el panel de conexiones de la parte trasera del coche N

**21R-22R      Señal P**  
**67-56R      Lazo de seguridad KFS**

Poner el KFP en “tomas” de ambos motores, una vez,  
Poner el KIT en “fuera de servicio” en ambos coches motrices  
Poner la llave C en “cm” en la cabina del coche M  
Poner la XE de los tubos al final del coche N en posición “cerrado”

Encendido/apagado de la sección (Solamente BT)

Esto verificará el funcionamiento del botón EN/HS que la sección del tren encienda y se apague correctamente desde la cabina:

Oprimir el botón verde “Preparación de material” para encender el tren  
Oprimir el botón rojo “preparación cancelada” para apagar el tren

Cables BT existentes	M1	R1	N1	N3	PR	N4	N2	R2	M2
Resultado (ok/nok)		NA			NA			NA	

Encendido/apagado de la sección (BT & AT)

Conectar el cable AT PAA a la percha “troles” (cable equipado con fusible)  
Esto verificará el funcionamiento del botón EN/HS que la sección del tren encienda y se apague correctamente desde la cabina:

Oprimir el botón verde “Preparación de material” para encender el tren  
Oprimir el botón rojo “preparación cancelada” para apagar el tren  
Verificar que el convertidor estático este en funcionamiento y que el voltímetro en la cabina marque 72Vcc  
Verificar que el compresor este en funcionamiento y que el indicador de la presión CE marque entre 7.2 y 9 bares

Cables BT existentes	M1	R1	N1	N3	PR	N4	N2	R2	M2
Resultado (ok/nok)		NA			NA			NA	



Volt. Bat en cab (V)		NA							
Compresores Funcionando	NA				NA				NA
CE presión (bares)		NA							

Verificar si es posible apagar el tren cambiando la posición del KFP

Apagado	M1	R1	N1	N3	PR	N4	N2	R2	M2
Resultado (ok/nok)		NA			NA			NA	

Actualizaciones del software del MDC

Conectar la laptop equipada con Wincomm, mediante el cable serial cruzado en uno de los puertos de comunicación y cargar la versión actualizada del software en el MDC.

Coche	M1	N1	N3	N4	N2	M2
Rev. soft						

Configuración del reloj a tiempo real del MDC

Conectar la Laptop equipada con Wincomm, mediante el cable serial cruzado en uno de los puertos de comunicación y actualizar el TRC del MDC, poniendo la fecha actual y la hora actual.



---

## Configuración de las referencias del tren y coches motrices en el MDC

Conectar la Laptop equipada con Wincomm mediante el cable serial cruzado en uno de los puertos de comunicación y actualizar las referencias del tren y coches motrices del MDC. Colocando el Numero de tren y el Numero de coche motriz

### **4.5 Mantenibilidad**

Con la finalidad de lograr un alto nivel de Mantenibilidad del sistema de tracción-frenado del material rodante, la determinación precisa de los procedimientos y de los medios necesarios para el mantenimiento se debe concebir desde la etapa del diseño de los equipos del sistema de tracción-frenado, aplicando los siguientes criterios:

#### **4.5.1 Criterios de Mantenibilidad**

La aplicación de los criterios de Mantenibilidad que se describen a continuación se efectuará considerando la descomposición del sistema de tracción frenado en conjuntos, subconjuntos y equipos.

- Facilidad de detección de las averías, esta característica se refiere a la aplicación de medios informáticos para la detección de averías, integrándose desde la concepción del equipo.
  - Posibilidad de prueba, la posibilidad de probar un dispositivo es la capacidad para que sea declarado en buen estado o en falla, dentro de los límites de tiempo especificados, según los procedimientos y condiciones determinadas.
  - Accesibilidad, para un conjunto, subconjunto, equipo o elemento instalado en el material rodante se debe brindar al personal de mantenimiento la posibilidad de manipularlo, para ejecutar con los medios necesarios (herramientas, instrumentos de medición y de control) las pruebas y operaciones que exigen la realización de los mantenimientos preventivo y correctivo. Los dispositivos considerados como menos fiables deben tener la mejor accesibilidad.
  - Intercambiabilidad, debe ser posible el reemplazo de un conjunto, subconjunto, equipo o elemento del sistema de tracción-frenado por un dispositivo similar, sin requerirse de ajustes ni modificaciones.
  - Modularidad, debe permitir la integración de un conjunto funcional mediante la combinación de subconjuntos y elementos básicos.
  - Desmontabilidad, se caracteriza por la posibilidad de fraccionar un conjunto en subconjuntos y elementos componentes.
  - Detección y Regulación de los límites de desgastes, es la capacidad para detectar y medir con facilidad el desgaste, sobre todo en elementos mecánicos, así como la posibilidad de restituir a éstos las condiciones de operación establecidas.
-



- Facilidad de limpieza, es la capacidad de los órganos y cofres, en su interior y exterior, para ser limpiados de manera simple y eficaz, tomando en cuenta los aspectos de duración de la limpieza, costos y seguridad.
- Seguridad, el personal que realizará las intervenciones no correrá ningún tipo de riesgo.
- Ergonomía, el diseño del sistema de tracción-frenado debe permitir que su mantenimiento se realice bajo condiciones adecuadas a la anatomía humana y a sus movimientos.

#### **4.6 Servicio de mantenimiento al sistema tracción-frenado**

El proveedor es el responsable de ejecutar las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo a los trenes modernizado para su sistema de tracción-frenado (tanto para los equipos nuevos como rehabilitados) y una vez que estos sean recepcionados para la puesta en servicio (la evaluación del servicio de mantenimiento será una vez cubierto el periodo de puesta a punto de cada uno de los trenes modernizados).

##### **4.6.1 Mantenimiento preventivo**

Para la ejecución de las actividades de mantenimiento preventivo del sistema de tracción-frenado, se dispondrá del tren por previa solicitud del proveedor y deberá así mismo ajustarse a la estancia en talleres de los trenes programados. De igual forma se entrega en forma oficial el jefe del taller, a través del representante de la coordinación de supervisión de fabricación de trenes, el programa anual de las actividades a realizar y semanalmente el programa de actividades de la siguiente semana.

Las actividades realizadas serán constatadas y valoradas en su cantidad y calidad por personal del área de supervisión de fabricación de trenes esto conforme al cumplimiento del total de las actividades programadas y de acuerdo a los manuales de mantenimiento solo consideraran como cumplidas si son realizadas en su totalidad y con la calidad adecuada a las actividades programadas para un tren.

##### **4.6.2 Mantenimiento correctivo**

Las actividades de mantenimiento correctivo están organizadas de tal forma que aseguren la mayor disponibilidad de trenes y se ajusta a las limitaciones de vías con fosa.



---

# Conclusiones

---



---

## CONCLUSIONES

A través del presente trabajo fue posible la descripción de el nuevo Sistema de Tracción Frenado, el cual mantendrá los regímenes de de desempeño del motor sin la necesidad de realizar cambios en el acoplamiento mecánico gracias al puente diferencial actual y en consecuencia al no existir adecuaciones o modificaciones en la cadena cinemática queda descartado cualquier riesgo de afectación en diferencial o a la estructura del bogie. De igual forma el remplazo de equipo tracción “chopper” de corriente continua (DC) por otro de tecnología IGBT, el reemplazo de las resistencias de frenado y de la reutilización de los motores DC.

Por otra parte los resultados de las pruebas nos indican que será factible el obtener el frenado regenerativo mayor al actual, optimizando el ciclo tracción-neutro-frenado, sin rebasar los límites de seguridad de los parámetros operativos del motor de tracción. Teniéndose en cuenta que se exigirá un grado de frenado regenerativo mayor al los motores que el actual, sin embargo, el nuevo sistema de tracción-frenado mantendrá los límites de desempeño especificados de dichos motores.

Aunado a lo anterior, al incrementar la fiabilidad del sistema tracción frenado, se asegura que cada uno de los motores del tren operará bajo condiciones normales, es decir no se verán sobrecargados por causas de una o dos motrices inactivas, como actualmente ocurre en la operación.

Finalmente este trabajo puede emplearse como base para la implementación de este tipo de modernización en los trenes de modelos anteriores a este que aun operan con equipo obsoleto y que están llegan a un punto de inoperatividad.

---



## Anexo Check List de Recepción de carro Tipo "M".

	CONTRATO N° : STC-CNCS-157:2006	MODERNIZACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE TRACCIÓN-FRENO DE 25 TRENES MOD. MP82 DE LA LÍNEA 8 DEL STC	
--	---------------------------------	--	--

TREN NO. \_\_\_\_\_ MOTRICES M- \_\_\_\_\_ / M- \_\_\_\_\_ CARRO NO. \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_

CODIGO: MP82-Moc-L-11-001

SECTOR CABINA			Cantidad	CARRO TIPO "M"			Observaciones
No	No. Serie	Descripción		Resultado			
			B	F	M		
<b>EXTERIOR DE CABINA</b>							
1		Parabrisas					
2		Pluma limpiaparabrisas					
3		Marco de parabrisas					
4		Indicador de destino					
5		Fanales blancos					
6		Fanales rojos					
7		Molduras de fanales					
8		Botones de reparación del material "HS" y "EN" costado derecho					
9		Botones de reparación del material "HS" y "EN" costado izquierdo					
10		Pisadera en "U" para acceso a cabina costado derecho					
11		Pisadera en "U" para acceso a cabina costado izquierdo					
12		Pisadera antiderrapante para acceso a cabina costado derecho					
13		Pisadera antiderrapante para acceso a cabina costado izquierdo					
14		Pasamanos exterior costado derecho					
15		Pasamanos exterior costado izquierdo					
16		Umbral exterior costado derecho					
17		Umbral exterior costado izquierdo					
18		Puerta de acceso a cabina costado derecho					
19		Chapa de puerta a cabina costado derecho					
20		Puerta de acceso a cabina costado izquierdo					
21		Chapa de puerta a cabina costado izquierdo					
22		Conjunto cabina					
23		Matriculas de cabina					
<b>INTERIOR DE CABINA</b>							
<b>PUPITRE</b>							
24		Porta placa de la formación del tren					
25		Placa de la formación del tren					
26		Perilla del aspersor del limpiaparabrisas					
27		Boton del timbre					
28		Perilla de control del limpiaparabrisas					
29		Voltímetro					
30		Nanometro "TE" (de la tubería de equilibrio)					
31		Nanometro "TE" (del cilindro de frenos)					
32		Palanca o boton para claxon neumático					
33		Llave "OA" (apertura y cierre de puertas)					
34		Soporte para la fijación del visucab (Visualizador en cabina para "PA SÁCEM")					
35		Visucab (Display de leds indicadores de los modos en conducción del "PA SÁCEM")					
36		Manipulador (Tracción-Frenado)					
37		Velocímetro-odómetro					
38		Microfono fijo para anuncio a pasajeros					
39		Llave "DR" (Conducción restringida)					
40		Llave de pruebas y probador de lamparas					
41		Conmutador anuncio a pasajeros e interfon					
42		Platina para comunicación a "PCC"					
43		Auricular para comunicación a "PCC"					
44		Conmutador "VR" (adelante-atrás)					
45		Conmutador "D" (Desyuntores y pruebas)					
46		Boton de vigilancia del equipo de "PA"					
47		Caja "BS" (Señalización en cabina)					
48		Botón para claxon eléctrico					
49		Conmutador "C" (conducción)					
50		Conmutador "T1" (Servicio de puertas)					
51		Led de conmutador "T1"					
52		Rejilla para altavoz					
53		LED indicador de la ventilación					
54		Lampara indicadora de convertidor de falla					
55		Lampara indicadora de alumbrado					
56		Microdisyuntores de seguridad (4 de 5 amp y 1 de 8amp)					
57		Lampara de CML-CMR disponible (Fuera de servicio)					
58		Puerta de conmutador "KCL"					
59		Conmutador "KCL" (conducción libre)					
60		Lampara indicadora de falla "ALD"					
61		Parasol abatible					
62		Manivelas para indicador de destino (fuera de servicio)					
63		Puerta de cofre indicador de destino					



64	Lamparas de indicador de destino					
65	Luces amar de identificación del tren					
66	Puerta de richo zona superior izquierdo					
67	Lamparas de alumbrado de cabina (bombilla)					
68	Motovenilador de cabina					
69	Difusor de ventilación de cabina					
<b>INTERIOR DE PUPITRE</b>						
70	Puerta doble abatible, debajo de la llave "C" y "T1"					
71	Tomas para la llave "C"					
72	Toma para la llave "T1"					
73	Puerta abatible doble bajo manipulador					
74	Conjunto mecanismo del manipulador					
75	Toma para manipulador					
76	Bloque "VS"					
77	Transformador de seguridad					
78	Valvula de paso para limpiaparabrisas					
79	Pisadera de conductor					
80	Bloque "OL" o "GA"					
81	Caja de mando del equipo PA					
<b>COFRE 33</b>						
82	Conmutador "KAD"					
83	Conmutador "IDO"					
84	Timbre					
85	"SD" (Socorro de descompostura)					
86	Bloque electrónico "ECC" (incluye las tarjetas EM 1.2 (2) CCP y CRT)					
87	Bloque "GC" (Incluye los reles RND1, RNC2, RNC1, RND2, RA1/2, RA3, RA2/1, RA3/1)					
88	Relevador "RHM"					
89	Relevador "RIL"					
90	Relevador "RCM"					
91	Tablilla "GD" (Incluye los reles RVD, RDP, RSH, RPO, RNO y RFB)					
92	Grupo "RS-RDC" (3 resistencias)					
93	Grupo de resistencias 332-AT (2 resistencias)					
94	Grupo de fusibles "BT" (11 fusibles)					
95	TRHM (RELE)					
<b>TABIQUE</b>						
96	Altavoz de interfon					
97	Altavoz de telefono "PCC"					
98	Microfono llamada interfon					
99	Conmutador (palanca) llamada interfon					
100	Conmutador (palanca) anuncio a viajeros					
101	Perilla control general de ventilación "KCV"					
102	Perilla MANTTO de cierre de puertas "KMF"					
103	LED del "KMF"					
104	Perilla de aislamiento de la ventilación "KLV"					
105	Perilla de aislamiento de vigilancia roja "IVR"					
106	Perilla del "KNR" (tiempo seco-lluvia)					
107	Perilla del "KFR" (luces de identificación)					
108	Perilla "IEL" (alumbrado de cabina)					
109	Perilla del "KIT" (aislamiento a la tracción)					
110	Control de volumen altavoz comunicación a PCC					
111	Perilla del "KIF" (aislamiento de frenado)					
112	Microdisyuntores de seguridad (de los circuitos 136: puertas al paro, 133 a salida y sostenimiento de cierre, 132-puertas y diversos y 131 apertura de puertas)					
113	Boton "EN" para la preparación del material					
114	Boton "HS" para la anulación del material					
<b>COFRE 53</b>						
115	Bocina de 4 ohms					
116	Bloque BCS					
117	Bloque BMD (marcha degradada)					
118	Bloque "RL" (C/su toma)					
119	Grupo de fusibles "A" (6 fusibles de "PA" de 2 amp)					
120	Toma 3 sub-d (para el TKV)					
121	Bloque "GP" (incluye los reles RNT1/2, RNT1/1, RPI, RNT2/2, RNT2/1, RPD, RNM, RMF2, RMF1 y tres tomas)					
122	BLOQUE "CV" (incluye los reles RV1 a RV5 y dos tomas)					
<b>COFRE 60</b>						
123	Bloque "SC"					
124	Resistencia "RD"					
125	Relevador "GS"					
126	Timbre					
<b>GENERALES</b>						
127	Mantrela para el freno de estacionamiento					
128	Accesorios de conductor (paletas y gancho de madera)					
129	Asiento de conductor					
130	Puerta va y viene					
131	Chapa de puerta va y viene					
132	Extintores de fuego					
133	Tapa de visita al bloque "RT"					

Anexo



---

---

134	Bloque "P" (incluye monocup y FD)					
135	Boton para monocup					
136	Boton para cierre de puertas "FD"					
137	Pasamanos interior costado derecho					
138	Pasamanos interior costado izquierdo					
139	Conmutador "KFS" con palanca (izquierda y derecha)					
140	Placa con leyenda de advertencia del "KFS"					
141	Llave "T2" (Servicio manual y automático de puertas)					
142	LED de la Llave "T2"					
143	Umbral interior de puerta lado derecho					
144	Umbral interior de puerta lado izquierdo					
145	Antena "UHF" para radiotelefonía					

POR EL PROVEEDOR

POR EL STC

\_\_\_\_\_  
NOMBRE Y FIRMA

\_\_\_\_\_  
NOMBRE Y FIRMA

Nota: B= Buen estado, M= Mal estado, F= Faltante





## Anexo

## Check List de Recepción de carro Tipo "N"

<b>ALSTOM</b>	CONTRATO N°: STC-CNCS-157:2006	MODERNIZACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE TRACCIÓN-FRENADO DE 25 TRENES MOD. MP02 DE LA LÍNEA 8 DEL STC	SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO
---------------	--------------------------------	--	---------------------------------

TREN NO. \_\_\_\_\_ MOTRICES M- \_\_\_\_\_ / M- \_\_\_\_\_ CARRO NO. \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_

CODIGO: MP02-M06-L-11-001

No	No. Serie	DESCRIPCIÓN	Canti dad	CARRO TIPO "N"			Observaciones
				B	F	M	
<b>SECTOR LATERALES</b>							
<b>SECTOR BAJO BASTIDOR</b>							
<b>BOGIE DELANTERO</b>							
1		Enganche para acoplamiento mecánico					
2		Manguera para acoplamiento neumático de enganche mecánico					
3		Barra estabilizadora					
4		Amortiguador lateral (Dispositivo de llamada)					
5		Toma PAU					
6		Mecanismo del frenado de estacionamiento					
7		Bastidor "H" para bogie delantero					
8		1er puente diferencial					
9		1er motor de tracción					
10		campana de 1er motor de tracción					
11		Traviesa para 1er motor de tracción					
12		2do puente diferencial					
13		2do motor de tracción					
14		Campana de 2do motor de tracción					
15		Traviesa para 2do motor de tracción					
16		Frotador de escobilla negativa (2 por Bogie)					
17		Ruedas de seguridad (4 por Bogie)					
<b>COFRE "A"</b>							
18		Fusible de 800 Amp					
19		KFP					
20		RDCO					
21		RUL					
22		RECO (1 resistencia)					
23		RECO (2 resistencias)					
24		DBCO					
25		CDCO					
26		CLC					
27		Valvula XD					
28		B-PDD					
29		RE-ENCL_DIM (Con capacitor)					
30		RE-ENCL-OET (Con capacitor y 2 resistencias de 9 ohms)					
31		QDI					
<b>COFRE "B"</b>							
32		DET					
33		DIM					
34		Cco (Grupo de 3 capacitores de alta tensión)					
<b>GENERAL</b>							
35		RECO (Grupo de resistencias) 2					
36		Grupo de resistencias (Disipador de calor) 9					
37		Motoventilador del grupo de resistencias					
<b>COFRE "C"</b>							
38		Bloque semiconductor "BSC"					
39		Grupo de 3 capacitores con 4 resistencias					
40		Motoventilador para el bloque "BSC"					
<b>GRUPO DE INDUCTANCIAS</b>							
41		Inductancia de alzamiento (Costado izquierdo)					
42		Inductancia de alzamiento (Costado derecho)					
43		Inductancia de alzamiento (al centro)					
44		Inductancia de Filtro					
45		Deposito auxiliar					
46		Mecanismo para el aislamiento de la EMD					
<b>BOGIE TRASERO</b>							
47		3er puente diferencial					
48		3er motor de tracción					
49		Campana de 3er motor de tracción					
50		Traviesa para 3er motor de tracción					
51		4to puente diferencial					
52		4to motor de tracción					
53		Campana de 4to motor de tracción					
54		Traviesa para 4to motor de tracción					
55		Ruedas de seguridad (4 por Bogie)					
56		Frotador de escobilla negativa (2 por Bogie)					
57		Fusible para alimentación de alta tensión (750 amp)					
58		Mecanismo del frenado de estacionamiento					
59		Bastidor "H" para bogie trasero					

Anexo



---

---

60	Placa de matricula del carro						
61	Enganche para acoplamiento mecánico						
62	Manguera para acoplamiento neumático de enganche mecánico						
63	Barra estabilizadora						
64	Amortiguador lateral (Dispositivo de llamada)						
65	Toma PAU						

POR EL PROVEEDOR

POR EL STC

\_\_\_\_\_  
NOMBRE Y FIRMA

\_\_\_\_\_  
NOMBRE Y FIRMA

Nota: B= Buen estado, M= Mal estado, F= Faltante





Anexo

Check List de Recepción de carro Tipo "R" y "PR"

<b>ALSTOM</b>	CONTRATO N° : STC-CNCS-157 :2006	MODERNIZACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE TRACCION-FRENADO DE 25 TRENES MOD. MP02 DE LA LINEA 8 DEL STC	SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO
---------------	----------------------------------	--	---------------------------------

TREN NO. \_\_\_\_\_ MOTRICES M- \_\_\_\_\_ / M- \_\_\_\_\_ CARRO NO. \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_

CODIGO: MP02-M06-L-11-001

No		No. Serie	Descripción	Cantidad	CARRO TIPO "P" <input type="checkbox"/> o "PR" <input type="checkbox"/>			Observaciones
					Resultado			
					B	F	M	
<b>SECTOR INTERIORES</b>								
<b>FRENTE</b>								
<b>PANEL LADO IZQUIERDO</b>								
1			Tablilla "LP" (incluye los reles RFD, RFG, ROD, ROIG RAD, RAG, las tomas PP1, PP2, PP3 y 4 resistencias de 4 ohms).					
2			Grupo de fusibles "BV2" (15 fusibles)					
3			RD (resistencia de 68 ohms)					
4			Grupo DB (diodos para bateña con difusor)					
5			AL					
6			Volmetro					
7			KCC					
8			KTB					
9			RLV					
10			Tomas 3SUB-0 (P/SACEM TKV, TPA y DAM)					
<b>PANEL LADO DERECHO</b>								
11			Borneros del 1 al 5					
12			Grupo de fusibles "A" del SACEM (11)					
13			Grupo de fusibles "B" del SACEM (9)					
14			Grupo de fusibles "C" del SACEM (9)					
15			Grupo de fusibles "D" del SACEM (4)					
16			Tomas SOCAPEX					
<b>COSTADO DERECHO</b>								
17			Caja para escaleras de emergencia					
18			Escalera de emergencia					
19			Puerta de acceso a pasajeros					
20			Mecanismo de puertas de acceso a pasajeros					
21			Conjunto BKP's					
22			"KFS" con palanca de accionamiento					
23			Placa de identificación de KFS con leyenda de advertencia					
24			Dovelas					
25			Revestimiento de costado					
26			Zocalos de costado					
27			Ventanas					
28			Mascarillas de ventanas					
29			Pasamos vertical de puertas de acceso a pasajeros					
30			Pasamanos horizontal de puertas de acceso a pasajeros					
31			pasamanos vertical de piso a techo					
32			Pasamanos horizontal longitudinal					
33			Bocinas "HP"					
34			Conchas de asiento doble					
35			Conchas de asiento individual					
<b>COSTADO IZQUIERDO</b>								
36			Puertas de acceso a pasajeros					
37			Mecanismo de puertas de acceso a pasajeros					
38			Conjunto BKP's					
39			"KFS" con palanca de accionamiento					
40			Placa de identificación de KFS con leyenda de advertencia					
41			Dovelas					
42			Revestimiento de costado					
43			Zocalos de costado					
44			Ventanas					
45			Mascarillas de ventanas					
46			Pasamos vertical de puertas de acceso a pasajeros					
47			Pasamanos horizontal de puertas de acceso a pasajeros					
48			pasamanos vertical de piso a techo					
49			Pasamanos horizontal longitudinal					
50			Bocinas "HP"					
51			Conchas de asiento doble					
52			Conchas de asiento individual					
<b>PANEL FRENTE</b>								
<b>PANEL LADO IZQUIERDO</b>								
53			Relevador "ZDC"					
54			Relevador "ZEC"					
55			Válvula "XR"					
56			Tablilla "RZ" (Incluye RZC, RZB, RZD 2 Resistencias y tomas de RZ1 y RZ2)					
57			Relevador "ZCD"					
58			Relevador "ZCB"					



59	Electrovalvula "EOD"					
60	Electrovalvula "EOG"					
61	Electrovalvula "EFD"					
62	Electrovalvula "EFG"					
63	Valvula de paso para puertas izquierdas					
64	Valvula de paso para puertas derechas					
65	Nanometro de tubería de equilibrio					
66	Nanometro de cilindro de freno					
67	Paneles de frente trasero					
68	Nº. De matrícula del carro					
<b>PANEL LADO DERECHO</b>						
69	Placa de fabricante					
70	Grupo "MDV" (Micros para Ventilación Salon pasajeros de MDV1 a MDV7)					
71	RAV					
72	CAV					
73	RKF					
74	KAE					
75	PAE					
76	Puerta de intercirculación					
77	Chapa de puerta de intercirculación					
78	Pasamanos de puerta de inter. Exteriores					
79	Bota aguas de puerta de intercirculación					
80	Umbral interior de puerta interior					
81	Umbral exterior de puerta interior					
82	3 lamparas en zona superior de puerta intercirculación (ambar, verde y blanca)					
83	Zoclos frente trasero					
<b>TECHO</b>						
84	Molduras de techo					
85	Revestimineto de plafon					
86	Lamparas de alumbrado salon pasajeros costado izquierdo					
87	Lamparas de alumbrado salon pasajeros costado derecho					
88	Difusores de alumbrado salon pasajeros costado izquierdo					
89	Difusores de alumbrado salon pasajeros costado derecho					
90	Cabeceras de luminarias salon pasajeros lado izquierdo					
91	Cabeceras de luminarias salon pasajeros lado derecho					
92	Molduras de luminarias salon pasajeros lado izquierdo					
93	Molduras de luminarias salon pasajeros lado derecho					
94	Motoventilador salon pasajeros					
<b>GENERAL</b>						
95	Acoplador electrico S, T, C, P, A, B y H					
96	Tapa de la toma "H" disponible (según formación)					
97	Cofre de PA 135 KHZ (PA-CMC)					
98	Cofre de PA 135 KHZ (CML - CMR)					
99	Cofre de registrador electrónico de eventos (ubicado en 1er asiento individual V izquierdo)					

POR EL PROVEEDOR

POR EL STC

\_\_\_\_\_  
NOMBRE Y FIRMA

\_\_\_\_\_  
NOMBRE Y FIRMA

Nota: B= Buen estado, M= Mal estado, F= Faltante



Anexo

Foto





---

**Anexo**

**9. ANEXO: CONFIGURACIÓN DEL RELOJ A TIEMPO REAL DEL MDC**

**MDC WINCOMM MENU**

**MP82 MPR6 1 PAGE**

MP82 MPR6 1

Choose from the shown processes

1. Logout
  2. Monitor
  - 3. Patch**
  4. Fault information
  5. Recorder Information
  6. Recorder Upload/Download
  7. Central Control Unit Information
  8. System functions MPR6
  9. Mon BiCore
  - A. Mon Bilo
  - B. General protection
  - C. Test General protection
  - D. Switch Control
  - E. Braking Chopper Control
  - F. System functions LQC1
  - G. Mon\_dcd
- 
- X. Quit menu    <space>. Refresh
-



---

## PATCH PAGE

PCB number : 0  
Date of last EPROM modification : 2008-08-20  
Date of last EEPROM modification : 2000-01-01  
Versionnumber EEPROM patch : 023-024  
Project identification : MP82 T1.18  
Banknumber (requested / active) : 1 / 1

Main menu patch program.

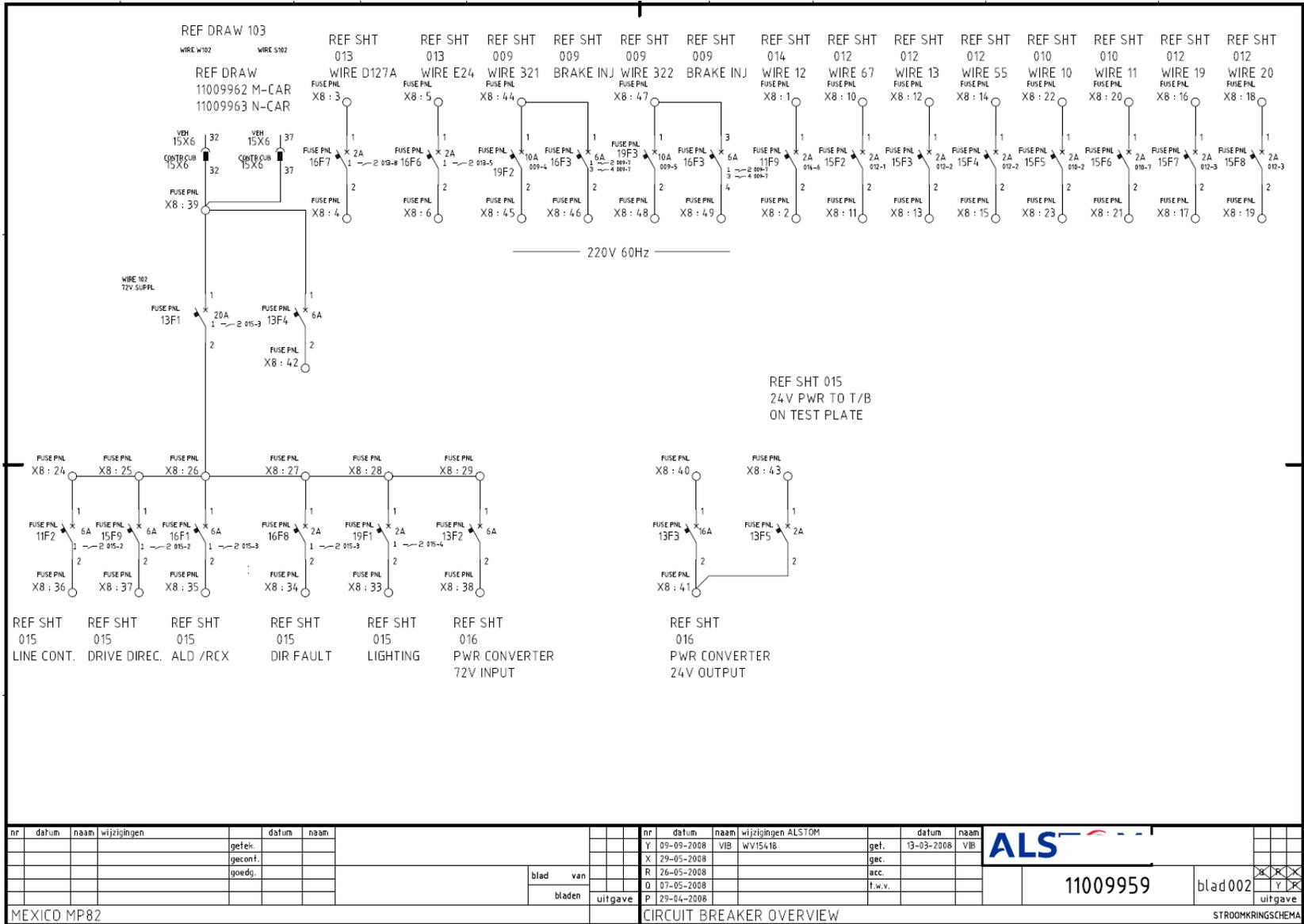
1. Show/upload/download parameters
2. Show/change of parameters
  3. Save parameters in EEPROM
  4. Recall default parameters from EPROM
  5. Change PCB number
  6. Change password
  7. Update Dual Port Ram
  - 8. Set RTC**
  9. Information screen
  - A. Tests

X. Quit menu <space>. Refresh

**Give the date (yyyymmdd) : 20080821**  
**Give the time (hhmmss) : 093223**

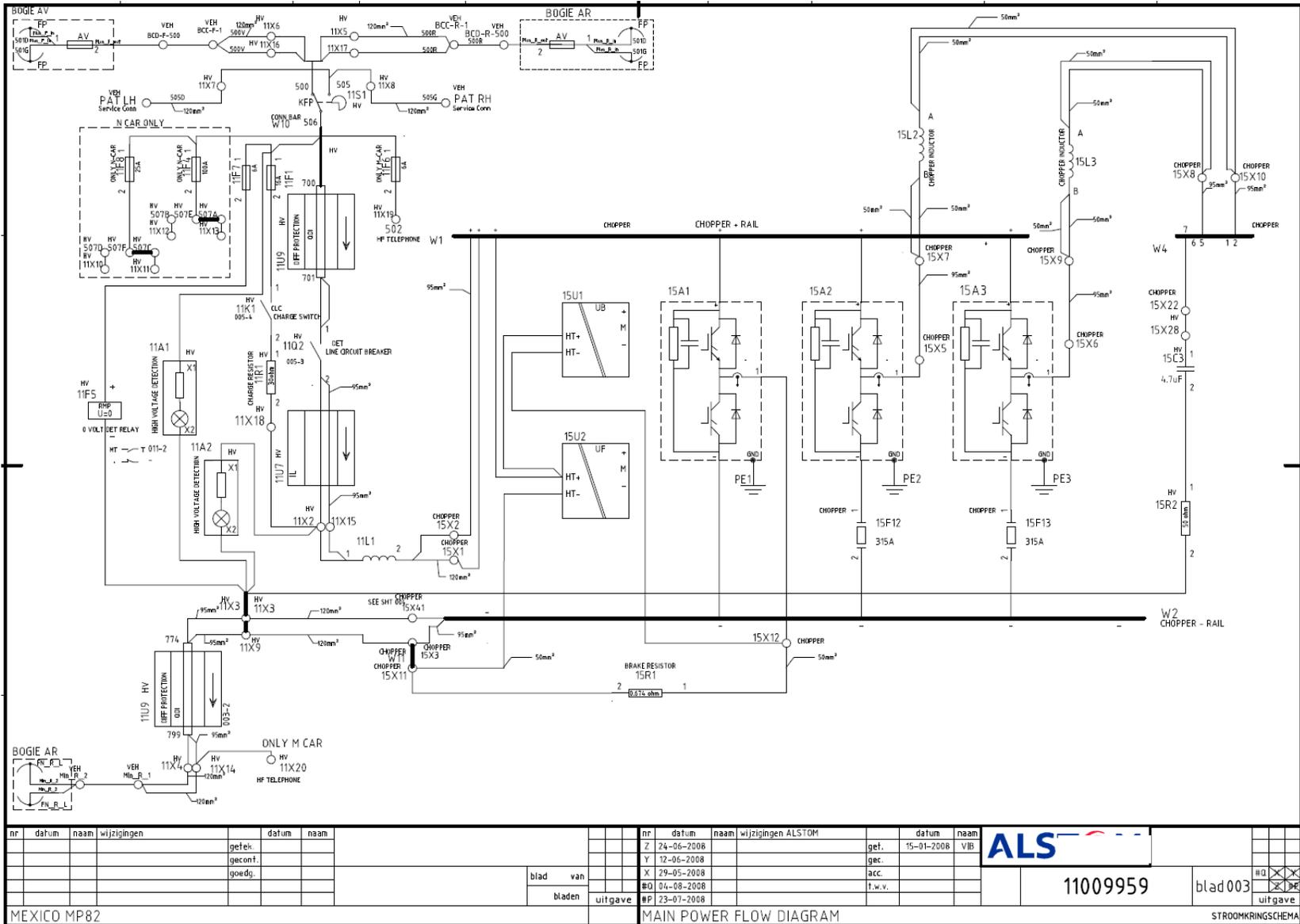
---

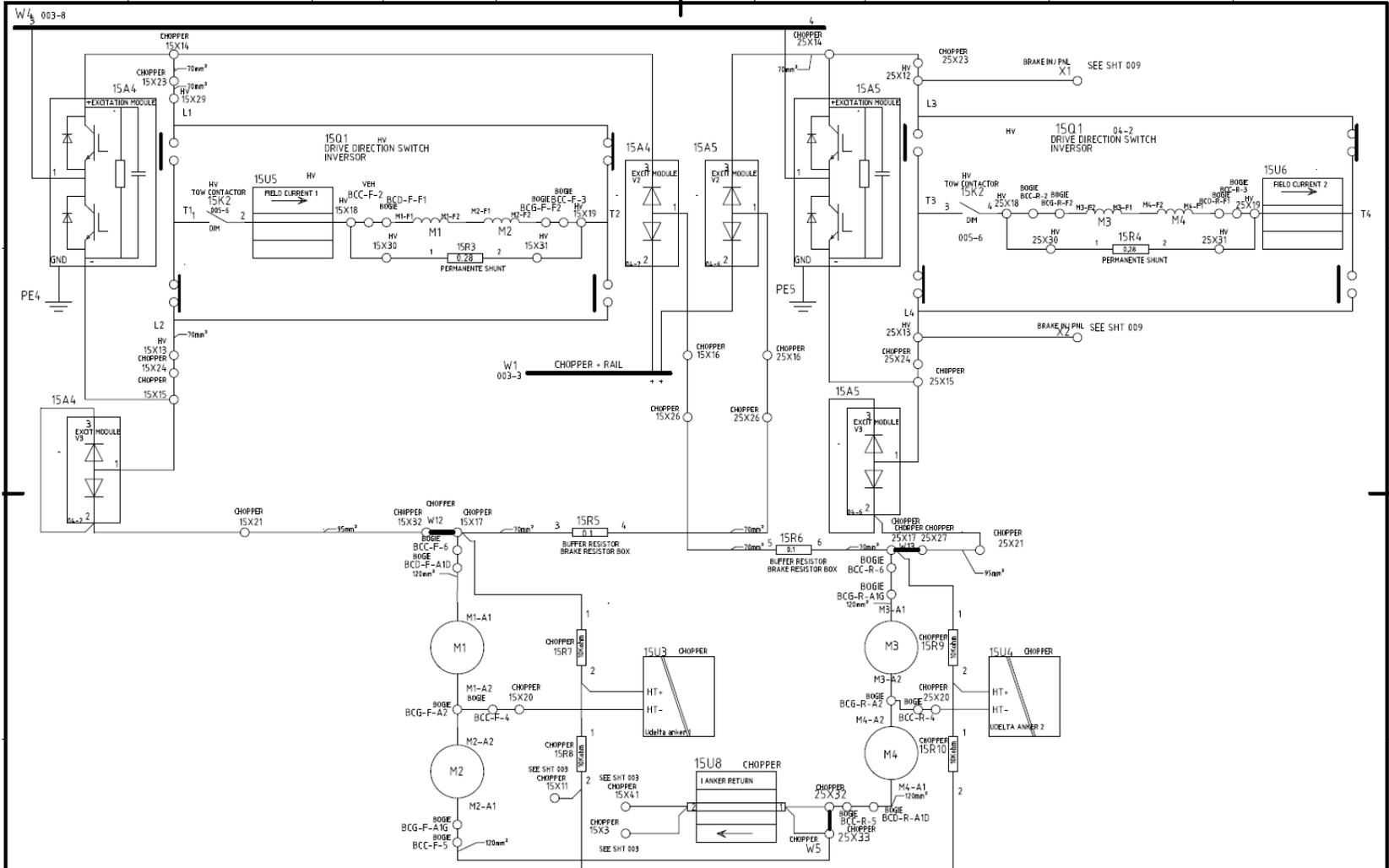




nr	datum	naam	wijzigingen	datum	naam	nr	datum	naam	wijzigingen	ALSTOM	datum	naam	
						Y	09-09-2008	VIB	wV15418		13-03-2008	VIB	
			getek.			X	29-05-2008						
			gecont.			R	26-05-2008						
			goedg.			D	07-05-2008						
						P	29-04-2008						
						blad van							
						bladen		uitgave					
MEXICO MP82						CIRCUIT BREAKER OVERVIEW						11009959 blad002	
												uitgave	
												STROOMKRINGSCHEMA	







nr	datum	naam	wijzigingen	datum	naam
			getek.		
			gecont.		
			goedg.		

nr	datum	naam	wijzigingen	ALSTOM	datum	naam
X	29-05-2008					
R	27-05-2008					
O	26-05-2008					
P	29-04-2008					

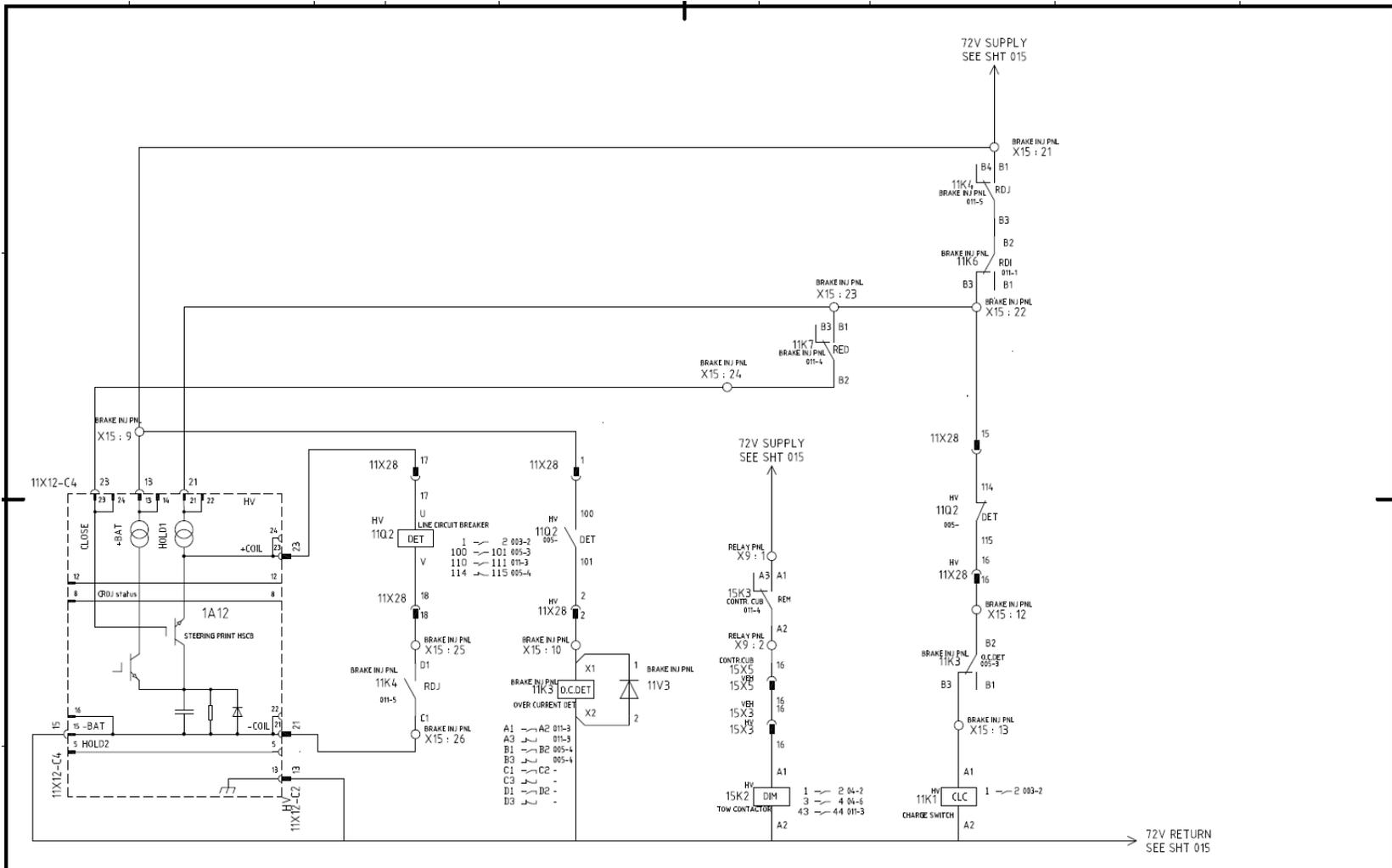
		15-01-2008	VIB
		11009959	blad 004
		uitgave	

MEXICO MP82

MAIN POWER FLOW DIAGRAM

STROOMKRINGSCHMA

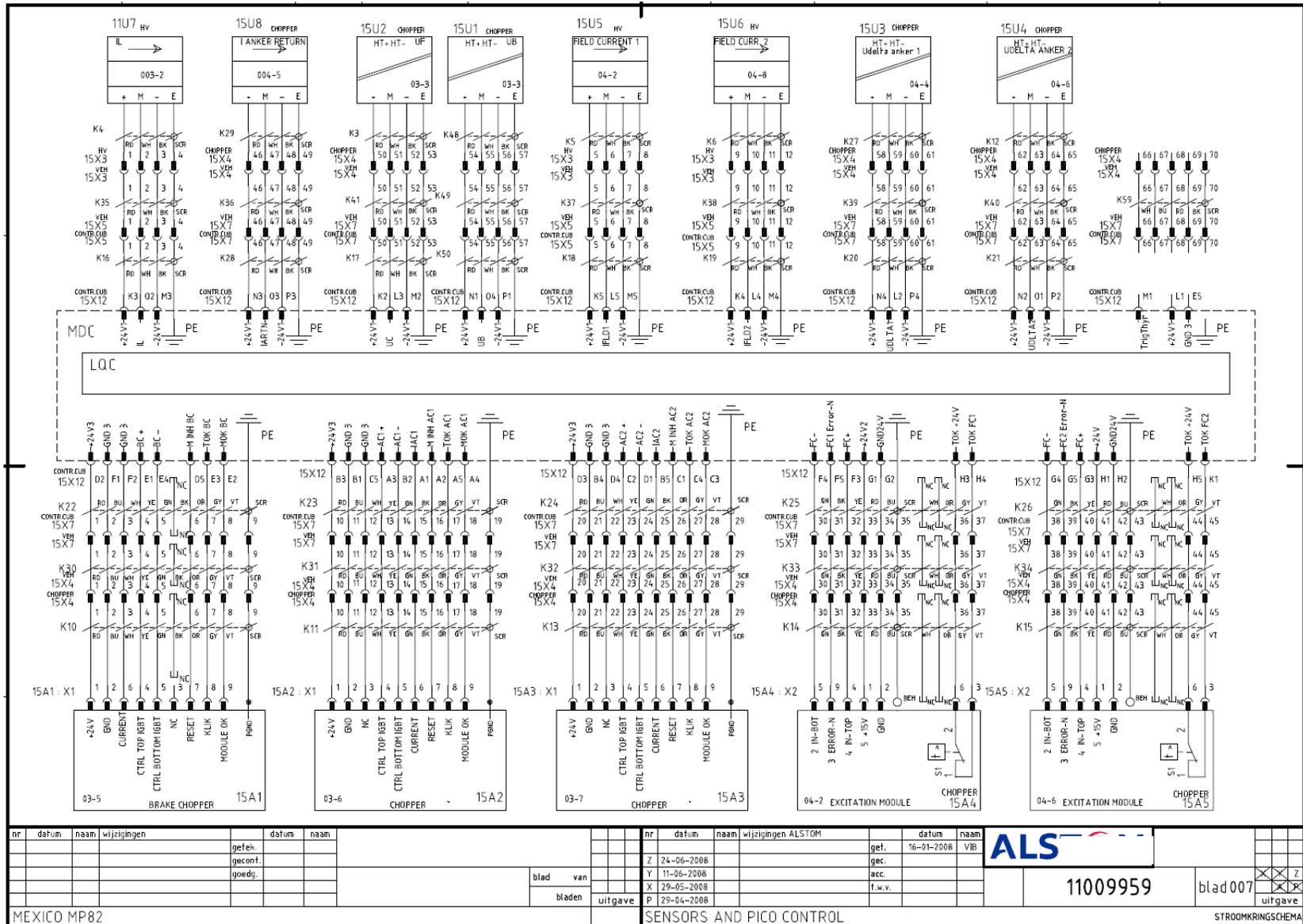




nr	datum	naam	wijzigingen	datum	naam	nr	datum	naam	wijzigingen	datum	naam	ALS					
				getek.						05-02-2008	VIB						
				gecont.													
				goedg.													
						blad van	Y	23-07-2008									
						bladen	X	29-05-2008									
						uitgave	P	29-04-2008									
														11009959	blad005		
MEXICO MP82						LINE CONTACTOR CONTROL						STROOMKRINGSHEMA					







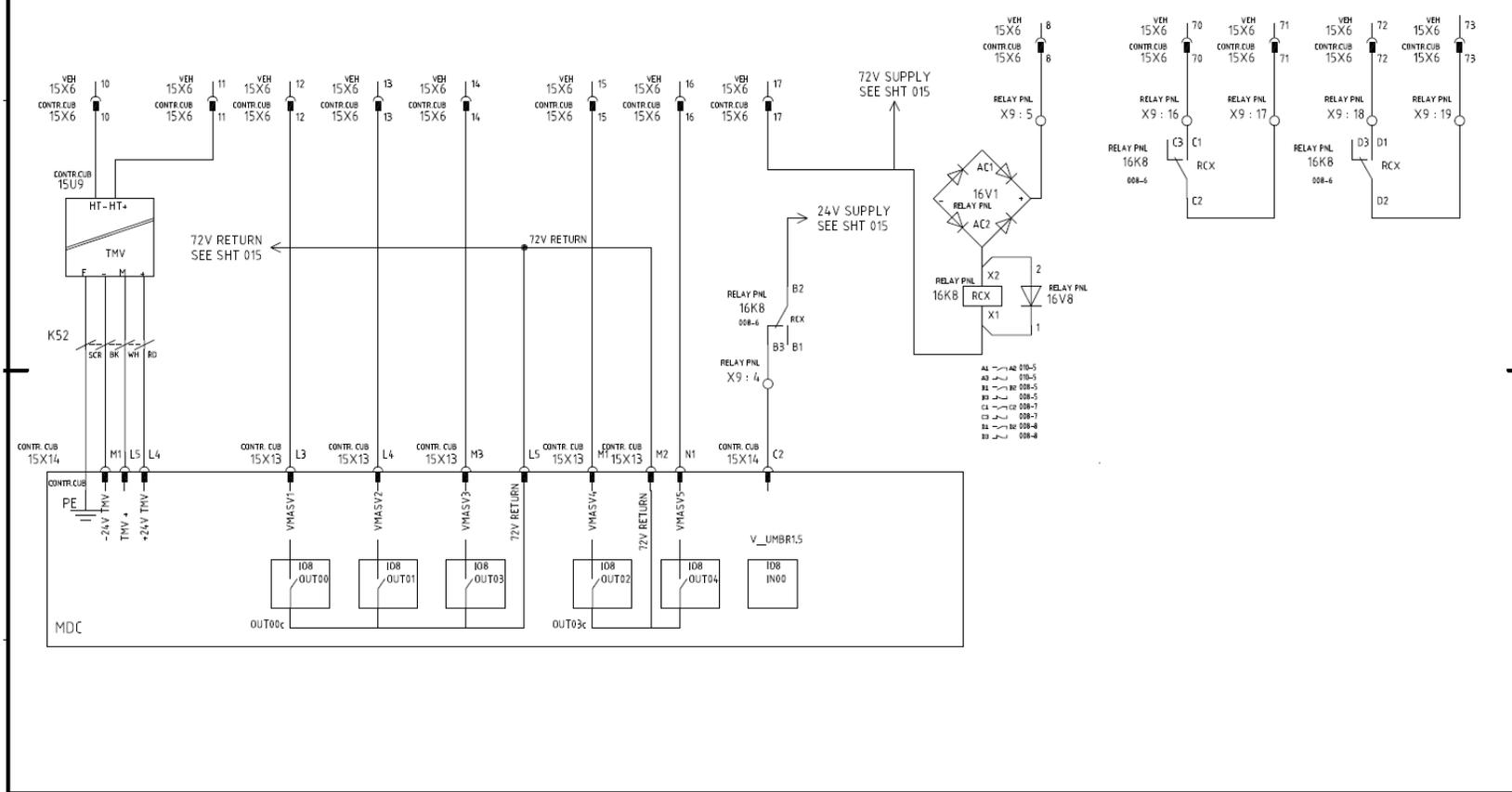
Anexo



REF DRAW  
11009962 M-CAR  
11009963 N-CAR

REF DRAW 120      REF DRAW 120/128      REF DRAW 124      REF DRAW 125

WIRE A236    WIRE A239    WIRE A141    WIRE A142    WIRE A143    WIRE A144    WIRE A145    WIRE M179      WIRE D42      WIRE A127C    WIRE D127F    WIRE D127F    WIRE B127N



nr	datum	naam	wijzigingen	nr	datum	naam	wijzigingen	ALSTOM	datum	naam	ALSTOM	VIB
			getek.	Y	23-07-2008				get.	05-03-2008		
			gecont.	X	29-05-2008				gec.			
			goedg.	O	07-05-2008				acc.			
				P	29-04-2008				f.w.v.			

MEXICO MP82

SPEED DETECTION

11009959

blad 008

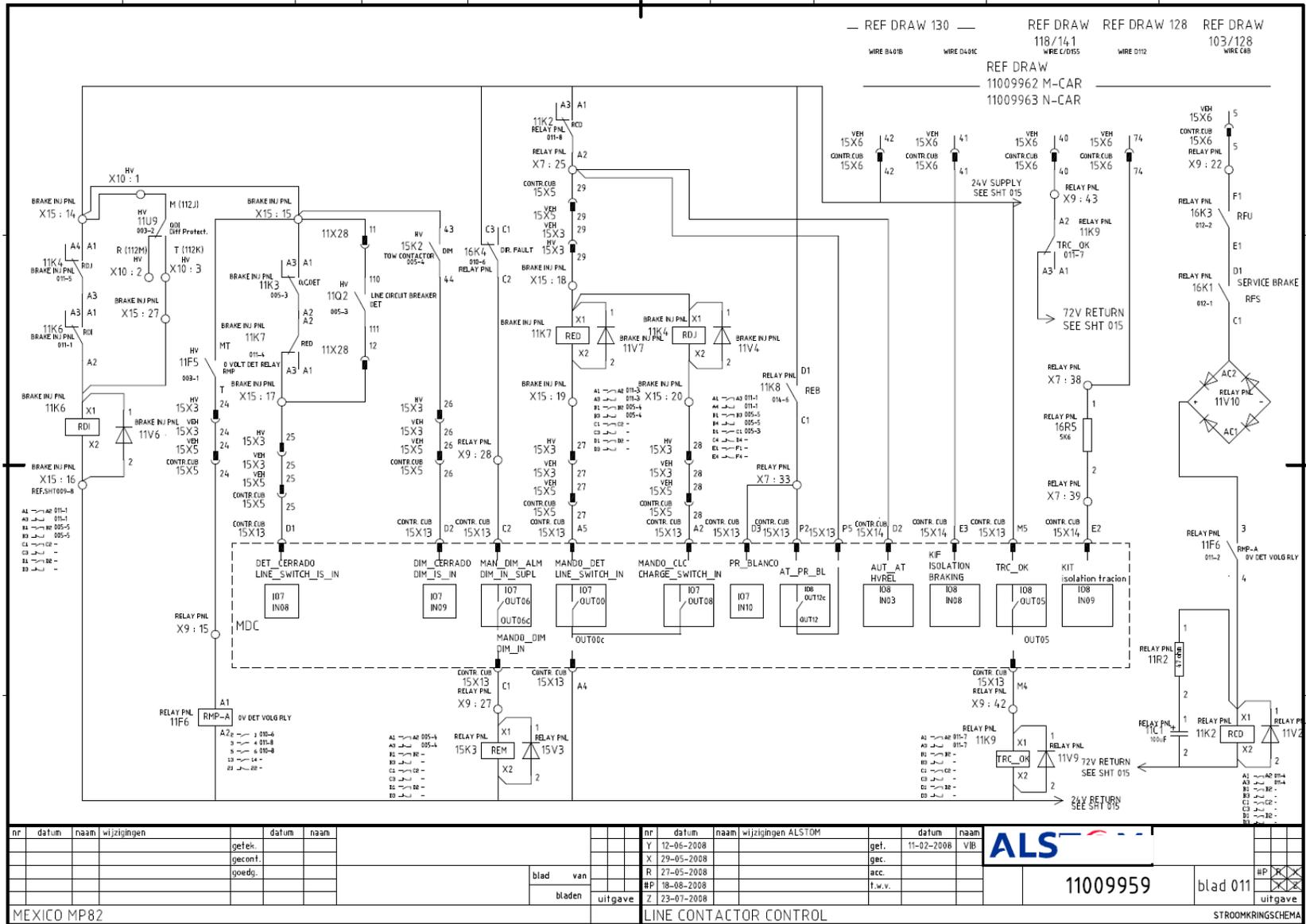
STROOMKRINGSCHEMA

Anexo







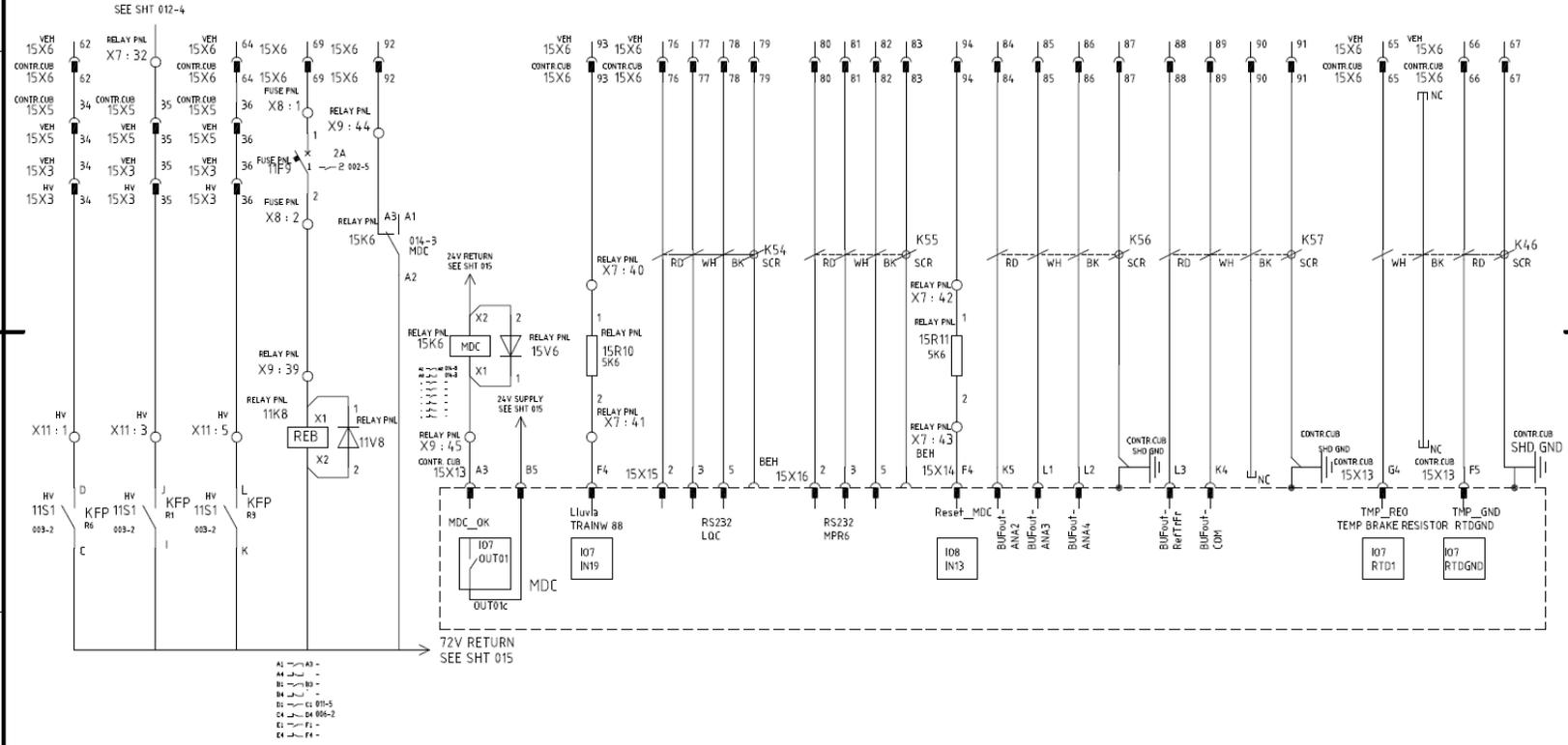






REF DRAW 103 WIRE 01  
 REF DRAW 141 WIRE 04  
 REF DRAW 125 WIRE P12

REF DRAW 11009962 M-CAR  
 11009963 N-CAR



Anexo

nr	datum	naam	wijzigingen	datum	naam	nr	datum	naam	wijzigingen	datum	naam
						Y	12-06-2008			17-03-2008	VIB
			getek.			X	29-05-2008				
			gecont.			R	27-05-2008				
			goedg.			Q	08-05-2008				
						Z	23-07-2008				

nr	datum	naam	wijzigingen	datum	naam

MEXICO MP82

SERVICE & SIGNALING

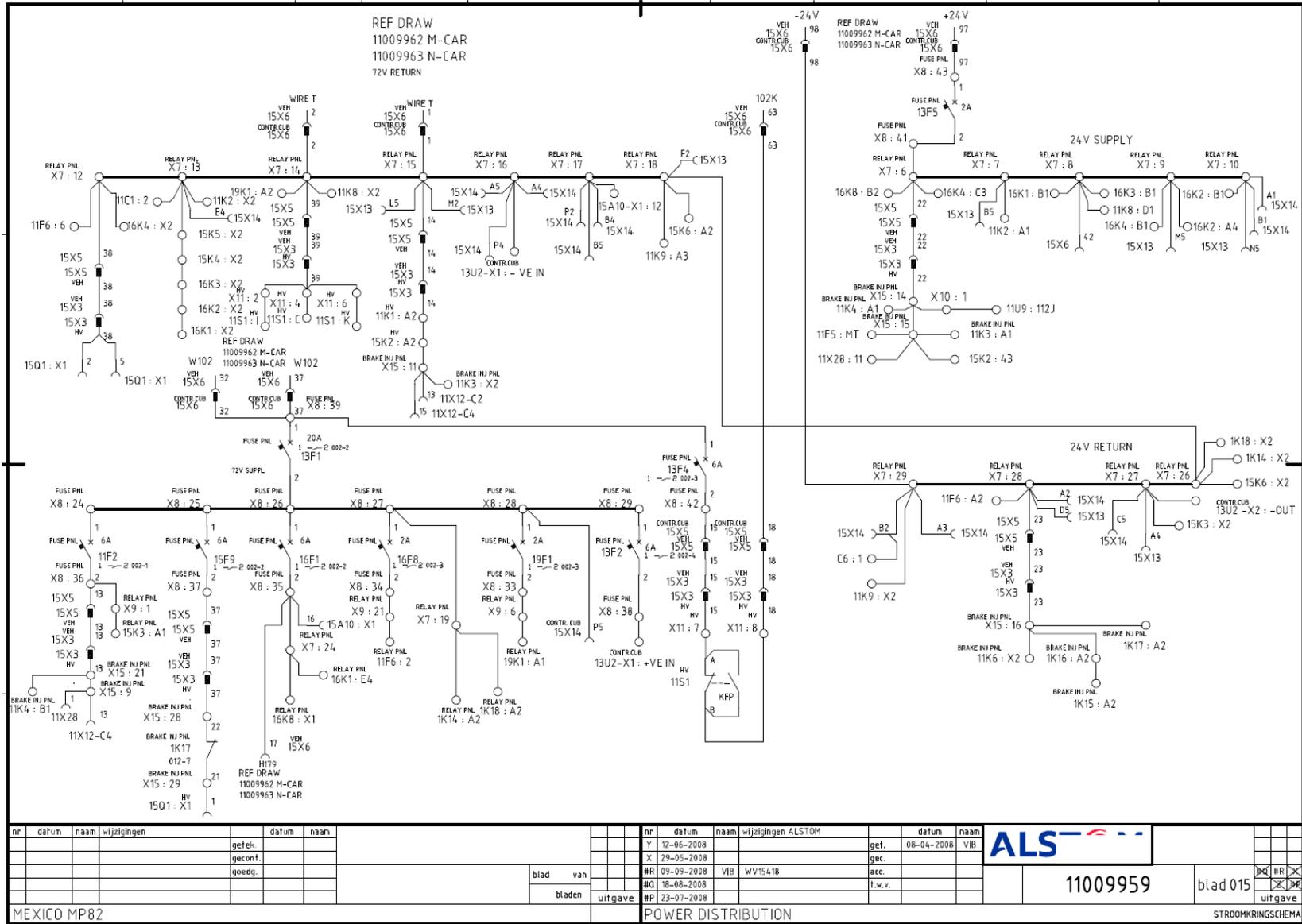


11009959

blad 014

STROOMKRINGSHEMA





Anexo












---



---

## GLOSARIO

ALD	Amplificateur local de defreinage (Amplificador local de Desfrenado)
AR	Arriere (Atras)
AUT_AT	Autorización de Alta Tensión
AV	Avant (Adelante)
CLC	Contacteur de precharge du filtre (Contactor de precarga de filtro)
D	Commutateur Disjoncteur (Conmutador Disyuntor_Puebas en blanco)
DC	Corriente Directa
DET	Disjoncteurs de Ligne (Disyuntor de Equipo de Tracción)
DIM	Disjoncteurs de Moteurs (Disyuntor de aislamiento de Motores)
ECC	Bloque Emissor de Mando Corriente Continua
ED BRAKE	Electro Dynamical Brake (Frenado Electrodinámico)
EMD	Electrovalve moderable de defreinage (Electrovalvula Moderable de Desfrenado)
HV	High Voltage (Alto Voltaje)
HW	Hardware (Circuitería)
IGBT	Isolated Gate Bipolar Transistor (Transistor Bipolar de Compuerta aislada)
IO	Input Output (Entrada /salida)
ISC	Interface Signal converter (Convertidor de señales de interfase)
KIF	Commutateur d'isolement du freinage électrique ( Conmutador de frenado eléctrico aislado)
KIT	Commutateur d'isolement traction (Conmutador de Aislamiento Tracción)
KFP	Commutateur Frotteur-Prise (Conmutador Frotadores-Tomas Pat )
LED	Light Emitting Diode (Diodo Emisor de Luz)
LQC	Line Chopper/ 4-Quadrant Controller (Controlador de Chopper de Línea de 4-Cuadrantes)
MC	Motor Controller (Motor de Control)
MDB	Modular Drive Controller Backplane ( Tarjeta Madre del MDC)
MDC	Modular Drive Controller (Control de Tracción Modular)
MPR6	Microprocessor Board (Tarjeta de Microprocesador)
PCB	Printed Circuit Board (Tarjeta de Circuito Impreso)
PICO	High Voltage IGBT switch module (Modulo de Conmutación de IGBT de Alto Voltaje)
PLC	Programmable Logic Controller (Controlador de Lógica Programable)
PWM	Pulse Width Modulation (Modulación de Ancho de Pulso)
RAP	Rack and Panel (Bastidor y Panel)
RCD	Relais de commande des disjoncteurs (Relevador de Mando de Disyuntores)
RCT	Relais de confirmation traction (Relevador de confirmación de Tracción)
RCX	Relais de controle l'arret (Relevador de Control de Paro)
RDJ	Relais des disjoncteurs CLC et DET (Relevador de los Disyuntores)
REB	Relais d'essais en base frequence (Relevador de Ensayos en Blanco)
RED	Relais d'enclenchement du DET (Relevador de Enclavamiento del DET)
RF1	Relais de freinage (Relevador de Frenado)
RFS	Relais de freins de secours – service brake (Relevador de frenado de

---



---



---

	Emergencia –Servicio)
RFU	Relais de freins d'urgence – emergency brake (Relevador de Frenado de Urgencia)
RMP	0V detected relay (Relevador de mantenimiento de Preparación, y de Detección de Voltaje Cero.
RTR	Relais de traction (Relevador de Tracción)
SPU	State Processor Unit (Unidad de Estado del Procesador)
STD	State Transition Diagram (Diagrama de estado de Transición)
TMP	Transmetteur de controle de Pression (Transmisor de Medida de Presión)
TMV	Transmetteur de controle de Vitesse (Transmisor de Medida de Velocidad)
TRC	Traction Control (Sistema de Control de Tracción)
VME	Bus connection (Bus de Conexión)

---



# BIBLIOGRAFIA

---

---



## BIBLIOGRAFIA

---

### BIBLIOGRAFIA

- Milton, Gussow (1988) FUNDAMENTOS DE LA ELECTRICIDAD. México: Mc Graw Hill, 1° ed.
  - Arthur, F (1988) FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO. México: Mc Graw Hill, 1° ed.
  - Enríquez Harper (1998) MANUAL DE INSTALCIONES ELCTRICAS Y MANUALES. México: Limusa, 1° ed.
  - Gerencia de Planeación del Sistema de Transporte Colectivo “Plan de Empresa 2000 – 2006”, GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL, SECRETARÍA DE TRANSPORTE Y VIALIDAD, SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO, México 1999.
  - “Manual Descriptivo de dos Esquemas de Principio Tomo I”, SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO STC, México 1994.
  - “Distancia y potencia optima para la distribución de las subestaciones de rectificación de una línea del S.T.C.”, Tesis Realizada por Jacqueline Romero Cortes, México 1998.
  - “Especificaciones técnicas de grupos rectificadores”, SOCIETE DE CONSTRUCCIÓN ELECTRO-MECANIQUE JEUMONT-SCHNEIDER, Sistema de Transporte Colectivo STC París, 13 de enero de 1968.
  - “Apuntes Máquinas Eléctricas de Corriente Continua”, ING. RAÚL GUZMÁN RODRÍGUEZ, Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 4, México 1997.
  - “Máquinas Eléctricas y Transformadores”, BHAG S. GURU, HUSEYIN R. HIZIROGLU, Tercera Edición, Editorial Oxford, México, junio 2003.
  - “Noticias del Chopper”, SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO STC.
  - “Rectificadores Tiristores y Triacs”, BIBLIOTECA TÉCNICA PHILIPS, PARANINFO, Tercera edición, Madrid 1977.
  - “Proceso de fabricación de un motor de corriente continua para tracción eléctrica, empleado en el metro de la Ciudad de México.”, TESIS REALIZADA POR FLORENCIO QUINTERO LÓPEZ, México 1983.
  - “Documento técnico No. 12 Diagramas del material NM-73A y MP82”, SUBDIRECCIÓN DE OPERACIÓN, Sistema de Transporte Colectivo STC, México, Diciembre de 1985.
-



## BIBLIOGRAFIA

---

- “Material rodante, conductor metro neumático”, INSTITUTO DE CAPACITACIÓN Y DESARROLLO INCADE, Sistema de Transporte Colectivo STC., México 2001.
  - “Cartas electrónicas del chopper”, SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO STC.
  - Libro 2 Proyecto, “Especificaciones técnicas, obra civil, obra electromecánica”, SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO STC.
  - Principios de electrónica, ALBERT PAUL MALVINO, Editorial MacGraw-Hill, España, 2000, ISBN: 0-02-802833-3, 1111p.
  - Física Conceptos y Aplicaciones, PAUL E. TIPPENS, Editorial MacGraw-Hill, México, 2002, ISBN: 970-10-3514-3, 943p.
  - Física para Ciencias e Ingeniería, tomo 2, RAYMOND A. SERWAY, ROBERT J. BEICHNER, Editorial MacGraw-Hill, México, 2001, ISBN: 970-10-3582-8, 709-1551p.
  - Inducción al Sistema de Transporte Colectivo, INSTITUTO DE CAPACITACIÓN Y DESARROLLO INCADE Sistema de Transporte de Colectivo STC, México 2005.
  - Material Rodante NM-02, BOMBARDIER TRANSPORTATION MÉXICO S.A. DE C.V. / CAF MÉXICO S.A. DE C.V.
  - <http://www.metro.df.gob.mx/>
  - <http://www.metro.df.gob.mx/red/index.html#li>
  - <http://www.metro.df.gob.mx/operacion/cifrasoperacion.html>
  - <http://www.metro.df.gob.mx/organismo/index.html>
  - [http://es.wikipedia.org/wiki/Metro de la Ciudad de M%C3%A9xico](http://es.wikipedia.org/wiki/Metro_de_la_Ciudad_de_M%C3%A9xico)
  - <http://es.wikipedia.org/wiki/MP-82>
  - <http://www.fotolog.com/ahuicyani/69482665>
-