



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

SISTEMA DE AYUDA A LA CONDUCCION,  
EXPLOTACION Y MANTENIMIENTO EN EL SISTEMA  
DE TRANSPORTE COLECTIVO METRO

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**  
**P R E S E N T A :**  
**ALEJANDRO VARELA LOPEZ**

ASESOR: ING. JUAN GONZALEZ VEGA



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES**

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

**DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO**  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
P R E S E N T E

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Sistema de Ayuda a la Conducción, Explotación y Mantenimiento  
en el Sistema de Transporte Colectivo Metro

que presenta el pasante: Alejandro Varela López  
con número de cuenta: 8632854-0 para obtener el título de:  
Ingeniero Mecánico Electricista.

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

**ATENTAMENTE**  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 30 de Octubre de 2001

PRESIDENTE Dr. Armando Aguilar Márquez

VOCAL Ing. Blanca de la Peña Valencia

SECRETARIO Ing. Juan González Vega

PRIMER SUPLENTE Ing. Margarita López López

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Víctor Hugo Landa Orozco

**Deseo expresar mi agradecimiento a mis padres, por haberme dado la oportunidad de vivir, impulsarme y apoyarme durante toda mi vida. Gracias.**

**A todos y cada uno de mis hermanos por apoyarme en todo lo necesario, para concluir esta meta anhelada. Gracias.**

**A mi esposa Sandra y a mis hijos Anakaren y Alejandro. Por ser pacientes y comprenderme al regalarme parte de su tiempo. Gracias.**

**A mis profesores por haberme guiado, orientado y apoyado para que este trabajo cumpliera su cometido, por esto y mucho más les estoy completamente agradecido.**

**Alejandro**

# I N D I C E

PROLOGO.	
PRINCIPIOS.	
ANTECEDENTES DEL TRANSPORTE DE LA CIUDAD DE MÉXICO.....	3
Época Prehispánica.	
Virreinato.	
Época Independiente.	
Periodo Postrevolucionario.	
IMPORTANCIA Y FUTURO DE LA TRACCIÓN ELECTRICA.....	8
Orígenes de la Tracción Eléctrica.	
Desarrollo a nivel mundial.	
EL TRANSPORTE METROPOLITANO CON TRACCIÓN ELECTRICA.....	11
El mercado potencial (Ciudades Millonarias)	
Formación y certificación de técnicos especialistas.	
LA ZONA URBANA DEL VALLE DE MÉXICO Y LA MOVILIZACION DE SU POBLACIÓN.....	15
Congestionamientos.	
Tiempo de Viaje.	
Costo de Viaje.	
Perdidas de horas Hombre.	
Contaminación Ambiental.	
Consumo de Energía.	
Funcionalidad Urbana.	
Imagen Urbana.	
Población.	
Área Urbana.	
Concentración Temporal de los Viajes.	
Concentración Espacial de los Viajes.	
Distribución Modal de los Viajes.	
Demanda en el Metro y su Distribución.	
Equilibrio Oferta y Demanda.	
Impactos Relacionados con la Oferta y Demanda.	
DATOS DEL AREA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO.....	19
HISTORIA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO (METRO).....	20
PILOTAGE AUTOMATICO DE 135 (KHz).....	22
Modos de conducción	
EQUIPO FIJO DEL SISTEMA DE PILOTAGE AUTOMATICO (135 KHz).....	23
Descripción del Equipo Fijo.	
Funcionamiento del Equipo Fijo.	
EQUIPO EMBARCADO DEL SISTEMA DE PILOTAGE AUTOMATICO (135 KHz).....	26
Descripción del equipo Embarcado.	
Funcionamiento del Equipo Embarcado.	

# INDICE

<b>ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN UNA VÍA.....</b>	<b>28</b>
Riel de seguridad.	
Pista de rodamiento.	
Barra guía.	
Balasto.	
Aisladores de barra guía.	
<b>LA SEÑALIZACIÓN.....</b>	<b>33</b>
Finalidad.	
Ordenes transmitidas.	
Importancia de la señalización.	
Clasificación de las señales.	
Señales de espaciamiento.	
Funcionamiento de las señales de espaciamiento.	
<b>FORMACIÓN DEL MATERIAL RODANTE SOBRE NEUMÁTICOS.....</b>	<b>35</b>
Carrocería.	
Carretillas.	
<b>FORMACIÓN DEL MATERIAL RODANTE SOBRE RUEDAS FERREAS.....</b>	<b>38</b>
Elementos principales.	
Características de los elementos principales.	
Sistema de frenado.	
<b>SISTEMA DE AYUDA A LA CONDUCCIÓN, EXPLOTACIÓN Y MANTO.....</b>	<b>40</b>
Ayuda a la Conducción.	
Ayuda a la Explotación. (operación)	
Ayuda al Mantenimiento.	
<b>PRINCIPIOS DE OPERACIÓN.....</b>	<b>44</b>
Control Continuo de la velocidad (CSC)	
Señalización en Cabina y anulación de la señal lateral.	
<b>ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DEL SACEM.....</b>	<b>46</b>
Equipo a bordo.	
Sensores de transmisión continua.	
Señalización visual en cabina (AFF)	
Botón de Vigilancia (VG)	
Antena Vía retorno (AN)	
Sensores de baliza Silec (CBS)	
Rueda fónica (RPh)	
<b>EQUIPO DISTRIBUIDO EN TIERRA O FIJO.....</b>	<b>49</b>
<b>BALIZAS.....</b>	<b>50</b>
Balizas SACEM.	
Baliza de Inicialización.	
Baliza de Relocalización.	
Baliza SILEC.	
Baliza DAM.	
Transmisión Continua.	
Descantonamiento de la transmisión.	

## INDICE

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO SACEM.....	55
Relocalización de los trenes.	
Control de Velocidad y control de Energía.	
Señalización en cabina.	
Salida de una zona SACEM	
PRINCIPIOS DE SEGURIDAD SACEM.....	58
Codificación de entrada intrínseca.	
Procesamiento codificado de la información.	
Descodificación de las salidas.	
EL SOFTWARE SACEM.....	60
ARQUITECTURA DEL SACEM.....	61
Concepción.	
Nueva filosofía de operación.	
DESCRIPCIÓN DEL CONJUNTO.....	63
Constitución del Sistema.	
Equipo Embarcado.	
Equipo Fijo.	
Sistemas de transmisión.	
Corte geográfico e identificación del SACEM.	
Información transmitida a los trenes.	
Tipos de información.	
Principios de emisión sobre un tramo.	
Principio y funcionamiento del sistema.	
Encendido del tren.	
Salida del tren.	
Lectura de una baliza de inicialización.	
Primera baliza (información)	
Segunda baliza (validación)	
Control de velocidad	
Control de espaciamento.	
Distancia de Objetiva.	
Distancia máxima de disminución de "FU".	
Visualización en cabina.	
Salida en SACEM.	
Transmisión Tren-Vía.	
INNOVACIONES TECNOLÓGICAS.....	74
Monoprocesador codificado de seguridad.	
Elección del tipo de código.	
Potencia de código.	
Protección del valor del código.	
Protección de la identidad.	
Protección de la fecha.	
Control de validez.	
Adaptación al tratamiento por microprocesador.	

## INDICE

Tratamiento para la programación. Herramientas para el mantenimiento. Equipo embarcado. Equipo fijo. Mantenimiento a segundo y tercer nivel. Programación Ergonomía operativa.	
EL PILOTAGE AUTOMATICO DE LINEA "A" .....	79
SACEM Equipo fijo. Funcionalidad. Equipo de mantenimiento. Problemática de la puesta a punto. Soluciones de la problemática. Descripción Funcional.	
ORGANOS QUE CONSTITUYEN EL SISTEMA SACEM.....	83
Aspectos generales para el mantenimiento. El simulador en el taller.	
AMPLIFICADORES.....	98
ALGORITMOS.	
BITS	
BYTE	
CODIFICADORES	
EL MICROPROCESADOR.....	105
Conceptos adicionales del microprocesador.	
DIFERENCIAS ENTRE EL PILOTAGE SACEM Y EL PILOTAGE DE 135 KH.....	110
Líneas del Metro que cuentan con Sistema SACEM.....	112
CONCLUSIONES.....	114
GLOSARIO DE TERMINOS TÉCNICOS.....	116
BIBLIOGRAFÍA.....	118

---

## **PROLOGO.**

El SACEM fue concebido para resolver las necesidades de alta demanda de transporte de la línea "A" del RER, del Sistema Regional del Metro de la ciudad de París, Francia. Asegurando con este sistema los movimientos de los trenes y teniendo un desarrollo desde 1977 (inicio de los estudios), hasta 1989 en que se realizó la puesta en servicio a nivel comercial.

En el caso de México, las autoridades del Departamento del Distrito Federal, debido a la gran afluencia de usuarios que se esperan para línea "A" del Metro de la Ciudad de México, decidieron en el mes de junio de 1990 instalar el sistema SACEM en esta línea, a fin de prever una buena operación de la misma de acuerdo a su demanda.

---

## PRINCIPIOS

Inicialmente SACEM se desarrollo para la RATP permitiendo incrementar en más del 25% la eficiencia de la línea "A" del RER de paris. Con base en la tecnología digital más sofisticada, por su modularidad SACEM ofrece unan respuesta adaptada a los diferentes tipos de necesidades de las redes del metro.

El SACEM cuyas innovaciones tecnológicas lo convierten en un sistema complejo e inteligente. Este sistema se diseño para instalarse en cualquier línea del metro que utilice una señalización con base en circuitos de vías.

## Antecedentes del transporte de la ciudad de México

### Época prehispánica.

La presencia de grupos humanos en al cuenca del valle de México obedece al envidiable clima de la zona y a la profusión de lagos, ríos y manantiales, es decir a la abundancia de agua, elemento vital para la vida de toda comunidad.

La ciudad, con una población de 30 mil habitantes en 1521, consta de dos zonas principales comunidades entre sí: Tenochtitlan y Tlaltelolco que forman el núcleo central del imperio, rodeado de núcleos satelitales menores que alojan a los pueblos vasallos de los aztecas: Atzacapotzalco, Tlacopan, Culhuacán, Chalco, Xochimilco, Coyoacan, etc. El plano de estos núcleos muestra una traza ortogonal en sus calles y canales.

Las vías de comunicación más importantes son cuatro calzadas que parten del centro de la ciudad hacia los cuatro puntos cardinales: Iztapalapa, al sur; Tlaltelolco-Tepeyac, al norte; Tacuba, al poniente y Texcoco, al oriente. Existen también comunicaciones entre Tlaltelolco y Atzacapotzalco, Tenochtitlán y Chapultepec y entre Tacuba y Atzacapotzalco.

### Virreinato.

Los conquistadores pretenden, entre otros objetivos, imponer su religión, razón por la cual los templos indígenas son destruidos. Sobre sus bases se erigen iglesias del culto católico, conservándose la traza indígena original, alrededor de la gran plaza central, característica que perdura hasta nuestros días. Aparecen nuevas costumbres, entre ellas el uso del caballo como medio individual de transporte. Los nobles emplean lujosas andas o hamaquillas a lomo de "tamemes"; más tarde, emplean carretas y carrozas tiradas por caballos. Cuarenta mil residentes españoles en 1625, se sirven de más de quince mil de estos vehículos que hacen necesarias nuevas vías de circulación. Brechas, veredas y calles de tierra forman, junto con canales y acequias, el sistema vial de la época.

El "aguacero de San Mateo" en 1629, provoca una inundación en la ciudad de México y la destrucción de varios edificios, siendo necesario reconstruir gran parte de la misma. La reconstrucción se lleva a cabo con apoyo en la Real Cédula del rey de España Felipe II, documento que contiene conceptos de gran alcance en planeación y que son aplicados tanto en México como en otras ciudades iberoamericanas, dando origen a la estructura de barrio. La traza de las calles de la ciudad antigua, sin embargo, mantiene su forma original. El uso de diligencias para transporte foráneo de pasajeros y de carga, a fines del siglo XVII, incrementa el movimiento de vehículos en la capital de la nueva España. Dan comienzo en 1769, las primeras obras de empedrado en calles y banquetas y en 1792 la población de la ciudad llega a ciento treinta mil habitantes.

### Época independiente.

El siglo XIX mexicano empieza en 1810 y termina en 1910, con los respectivos levantamientos de Independencia y de Revolución. El siglo es azaroso y lleno de dificultades y también de progresos, éstos favoreciendo a la Ciudad de México. El sistema republicano, que se establece después del efímero imperio de Iturbide y la constitución de 1824, prepara el terreno para que cinco años más tarde surja como entidad el Distrito federal, en cuya superficie original de 200 kilómetros cuadrados, quedara comprendida la Ciudad de México.

A continuación se presenta, en orden cronológico, las acciones que desde 1827 ofrecen marcas en el territorio urbano o influencia en el asunto del transporte.

El Congreso Constituyente del Estado de México, autoriza la apertura de un canal que comunica la laguna de Texcoco con el Distrito Federal (1827)

Se establece la línea de diligencias de la Ciudad de México a Veracruz (1830)

Se pone en circulación el primer tranvía jalado por mulitas, originalmente llamados "de sangre" por ser arrastrados principalmente por esos animales. La ruta es Zócalo-Tacubaya-Hospicio (1847)

La primera calle de Independencia se abre afectando el convento de San Francisco (1856) Se otorga la primera concesión para que circule un tranvía del Zócalo a San Angel, enlazando Mixcoac y Tacubaya. El presidente Comonfort inaugura el ferrocarril de tracción de vapor México-Guadalupe y la segunda vía férrea de la Ciudad de México a Tacubaya (1857)

En el corto imperio de Maximiliano, son dos los hechos que destacan: la apertura del Paseo de la Reforma, entonces llamado Paseo del Emperador (1867) y la inauguración del ferrocarril México-Tlalpan (1866)

Restaurada la república en 1868, son Cegadas las cuatro acequias exteriores del Alameda.

Según los cálculos del ingeniero Almaraz, en 1869 la Ciudad de México ocupa una superficie de 15' 329,113 metros cuadrados; y la longitud de su perímetro es de 15, 681 metros. En ese mismo año la colonia de Santa María la Rivera, es incluida en el mapa de la ciudad y en él se consignan 13 garitas: Nonoalco, Vallejo, Peralvillo, del Pulque, San Lázaro, La Viga, Candelaria, Niño Perdido, Belem, La Teja, Calvario, San Cosme y Buenavista.

En 1971 se continúa la ampliación de la Avenida Hombres Ilustres hasta Buenavista y en el año siguiente se prosigue la demolición para que dicha avenida llegue a San Cosme.

El desarrollo de los ferrocarriles nacionales se inicia el primero de enero de 1873 con la inauguración solemne de Ferrocarril Mexicano con 420 kilómetros de longitud entre México y Veracruz. Ocho años después, en 1881, la red se ve incrementada con el Ferrocarril Interoceánico Veracruz, México, Balsas, Guerrero y en 1884 con el de la capital a Ciudad Juárez. Surge así el centro ferroviario de la capital y su estación terminal principal en Buenavista. La población es entonces de 300 mil habitantes.

La congestión del Centro es ancestral; en 1885 son desalojados de la Plaza de Santo Domingo los carros de alquiler.

Las colonias de El Rastro, La Indianilla e Hidalgo, hacen su aparición en 1889.

En 1891 son iniciados los trabajos de adoquinado en las calles centro, y en el mismo año se inaugura la línea de tranvías de San Antonio Abad a Churubusco y su prolongación a Tlalpan, también aparecen las colonias Limantour, Candelaria, Atlampa y San Rafael, en el antiguo Rancho del Cebollón.

El primer censo de población en el Distrito Federal se realiza en 1895, del cual se obtiene una cifra de 427 mil habitantes; la superficie es de 1'200 kilómetros cuadrados y la población de la Ciudad de México, representa el 69.6 por ciento de la población del Distrito Federal.

1898 es el año que marca en México el inicio de la era automotriz de la capital con la llegada del primer automóvil. Particularmente significativo en la historia del transporte de la Ciudad de México es el año de 1900, ya que tiene lugar el inicio de operaciones del Sistema de Transportes Eléctricos, base del transporte colectivo de pasajeros y a cuyo establecimiento debe tanto la vitalidad de nuestra capital.

La primera ruta de tranvías, México-Tacubaya, es el principio de una red que habría de comunicar todos los puntos de interés de la ciudad y las antiguas municipalidades. La velocidad en el transporte hace su aparición en la capital.

También en 1900, se fijan los límites del Distrito Federal que perduran hasta la fecha y que dan a la entidad una superficie total de 1,483 kilómetros cuadrados, 23 de los cuales ocupa en ese entonces el área urbana de la Ciudad de México, alojando 540 mil habitantes.

El asfalto se emplea por primera vez en la pavimentación de calles en 1901 y con ello se anuncia el auge que tendrá el transporte automotor.

Las colonias Condesa y Roma en 1902 se abren como nuevas zonas residenciales. La colonia de La Viga aparece en 1905 y el mismo año se inicia la construcción del acueducto que llevará agua de Xochimilco a las nuevas colonias, como la colonia del Valle iniciada en 1906.

En este año existe en la ciudad 800 vehículos de motor y el gobernador del Distrito Federal reforma el reglamento de circulación de automóviles; 10 Kilómetros por hora es la mayor velocidad permitida.

El servicio de tranvías eléctricos se inaugura en 1908 y al año siguiente se inicia el tendido de vías para el ferrocarril de Circunvalación.

En 1910 surge la contienda revolucionaria. Porfirio Díaz inaugura la Columna de la Independencia, se estrena el Hipódromo de la Condesa y se termina el acueducto de Xochimilco.

La contienda revolucionaria surge en 1910 paralizando, nuevamente y por varios años, el desarrollo económico nacional y consecuentemente el de la Ciudad de México. Basta mencionar que, de 1910 a 1920, el número de habitantes en la capital se mantiene prácticamente estable, en una cifra ligeramente superior al medio millón.

En materia de transporte, entre los años 1915 y 1917 se ponen en servicio las primeras líneas de autobuses mediante automóviles adaptados, que dan origen a los primeros "camiones". En 1917 la línea de camiones "Santa María Mixcalco y anexas"; recibe la concesión de ruta para combatir la anarquía del servicio.

#### Período postrevolucionario.

Con la proclamación de la nueva constitución en 1917, se sientan las bases en que se apoyaría primero el período de recuperación del país y más tarde el desarrollo nacional en todos los órdenes. Este desarrollo propicia, muy especialmente en la Ciudad de México, el uso del automóvil, de manera que en 1925 en la capital existen ya 21,200 de estos vehículos.

El transporte automotor, por su flexibilidad, su mayor capacidad, velocidad de desplazamiento y otras ventajas, alienta el incremento territorial de la urbe, haciendo necesario la construcción de nuevas vialidades. En este desarrollo, apoyado en los ejes básicos de la traza indígena que hasta la fecha conservamos, se implementan nuevas avenidas y calzadas, que se suman a las vías importantes construidas en las épocas prehispánica, colonial e independiente, tales como: Avenida Chapultepec, Bucareli, Paseo de la Reforma y Cinco de Mayo. Las nuevas arterias que se integran a la circulación son: Álvaro Obregón, Avenida de los Insurgentes, Melchor Ocampo, Calzada de la Piedad y Baja California, entre otras.

Varios eventos en la vida capitalina son dignos de mención en la década 1930-1940:

La población crece hasta 1'760,000 habitantes (censo de 1940) y el área urbana se extiende a 92 Kilómetros cuadrados.

Es conveniente hacer notar que el abastecimiento de agua potable para la creciente población se soluciona por medio de pozos artesianos perforados en la ciudad. Se inicia así la explotación intensiva de los acuíferos profundos, lo que acelera el proceso de consolidación de las arcillas del suelo y da lugar a los fenómenos de hundimiento que años más tarde serán de alarmantes consecuencias.

Los acontecimientos políticos sociales de alcance nacional tienen lugar en esta década: la reforma agraria y la nacionalización del petróleo. La primera frena temporalmente el éxodo de la población rural hacia la ciudad; la segunda marca el inicio del desarrollo de la principal industria nacional. En esta época se da un decidido impulso a diversos aspectos de la obra y los servicios públicos: habitación popular, hospitales, centros asistenciales para la niñez, edificios públicos y escuelas, campañas de alfabetización y la creación del Instituto Mexicano del Seguro Social.

La posguerra constituye un parateguas en la vida mundial; su aparición coincide con el período 1946-1952, en el que se refleja el ímpetu de la economía y el crecimiento urbano.

Las primeras zonas industriales hacen su aparición, a partir de 1946, al norte de la ciudad: la Industrial Vallejo en el Distrito Federal y los núcleos de Ecatepec, Tlalnepantla y Naucalpan en el Estado de México. La red vial se extiende para conectar la ciudad con estas zonas, dando lugar a las primeras manifestaciones de conurbación.

Se inicia la construcción de la Ciudad Universitaria en 1948, cuya presencia genera un importante crecimiento de la ciudad hacia el sur. Surgen nuevas vías de comunicación: División del Norte, Tasqueña, avenida Universidad, Río Mixcoac, etcétera y se inician los estudios del actual Viaducto, sobre el Río de la Piedad, primero de una serie de causas fluviales que se entubarán y serán convertidos en vialidades. La movilidad va en aumento.

En lo que respecta el agua potable hay que hacer notar la perforación de más pozos, debida a la creciente demanda. La extracción de agua del subsuelo alcanza en 1948 los mayores volúmenes y los efectos no se hacen esperar. Entre 1948 y 1950 se registran los máximos valores de hundimiento de que se tiene noticia: 40 cm por año, es decir ocho veces más que a principios de siglo cuando el hundimiento natural era de 5 cm por año.

El período más importante de la época postrevolucionaria en la ciudad, esa seguramente el comprendido entre 1950 y 1964. El crecimiento demográfico adquiere considerables proporciones y alcanza una tasa media de incremento superior al cinco por ciento anual.

La población del Distrito Federal que en 1950 era de 3'100,000 habitantes, llega en 1960 a 5'240,000 y a más de seis millones en 1964, es decir, se duplica en 14 años, mientras que el área urbana aumenta de 200 a 320 Kilómetros cuadrados en el mismo período.

El número de vehículos automotores crece de 130 mil en 1950 hasta 450 mil a fines de 1964, es decir tres y media veces. Este crecimiento repercute notablemente en los problemas de tránsito, tal cantidad de vehículos circulando en arterias insuficientes provoca, necesariamente, serios congestionamientos.

Para solucionar el problema, las autoridades deciden llevar a cabo la construcción de las siguientes vías rápidas de acceso controlado, destinadas principalmente a los automóviles: el viaducto Miguel Alemán, el Anillo Periférico y la Calzada de Tlalpan. La democratización del transporte se aleja.

Sin embargo, el hecho de alojar en el centro de la calzada de Tlalpan un derecho de vía para tranvías obsoletos y rehabilitados, es una innovación que marca el primer paso dado en la ciudad hacia el transporte colectivo.

El enorme crecimiento de la ciudad no tiene cauces previstos y se da en la más completa anarquía; las autoridades tienen propósitos de servicio, pero carentes de planes articuladores, no hay políticas para el desarrollo del territorio; se llega incluso a la supresión de la Oficina del Plano Regulador y con ello el acceso a la información técnica sobre la ciudad.

Rebasadas las disposiciones oficiales por el ímpetu urbano, las decisiones de gobierno se convierten en prohibiciones. La principal de éstas se refiere a la creación de nuevos fraccionamientos; con esto se propicia la aparición de colonias clandestinas carentes de normas y de servicios. Las inversiones inmobiliarias en la ciudad, emigran a las áreas colindantes del Estado de México, dando lugar al nacimiento de ciudades dormitorio que utilizan buena parte de los servicios de la ciudad y agravan los problemas de circulación, dado el aumento de vehículos, la extensión de los recorridos y la

---

carencia de vías de conexión. El detonador de este crecimiento parasitario lo constituyen las 500 hectáreas de la Ciudad Satélite, a las cuales se sumarían las de muchos otros fraccionamientos que produjeron las dimensiones irracionales de la mancha urbana continua.

De acuerdo con la determinación del gobierno de la república, para mejorar las condiciones sociales y económicas de los mexicanos, el Departamento del Distrito Federal ha elaborado el Plan Director de desarrollo Urbano, que constituye el Marco de Congruencia para todas las acciones que se realicen en su territorio.

Como parte integrante de este documento, se formulo en 1980 el Plan Rector de Vialidad y Transporte Urbano, que sirve de instrumento para mejorar las condiciones de transporte en la ciudad de México y contribuye al desarrollo armónico de la misma.

Bajo este objetivo, el Plan Rector de Vialidad y Transporte Urbano tiene como premisa fundamental "desalentar el uso del transporte individual, estimulando el uso del transporte colectivo, para beneficio de las mayorías".

El metro, por ser el sistema que ofrece las condiciones más favorables en cuanto al número de pasajeros transportados, seguridad y rapidez en sus desplazamientos, económico, anticontaminante y confort, se considera la Columna Vertebral para la transportación colectiva y los demás sistemas deben complementar su acción, con el propósito de mejorar el grado de satisfacción de la demanda existente.

En este contexto; la demanda de servicios en esta metrópoli es cada vez más grande y de entre ellos, el transporte y la vialidad presentan características críticas. La saturación producida por la población y los vehículos han deteriorado el medio ambiente en gran medida.

La principal fuente de contaminación la representan los gases tóxicos emitidos por los motores de combustión interna, razón por la cual las políticas gubernamentales prefieren impulsar el transporte masivo y de bajo grado de contaminación.

## Importancia y futuro de la tracción eléctrica

### Orígenes de la Tracción Eléctrica.

El campo de la Tracción Eléctrica es sumamente amplio y es conveniente establecer desde el principio que esta presentación se enfoca solamente en su aplicación a nivel de los vehículos que utilizan la energía eléctrica como fuerza motriz para el transporte de personas. Es importante conocer también de una forma clara lo que implica la tracción eléctrica desde sus inicios, para poder con ello entender su importancia en la actualidad así como su desarrollo y futuro.

Al principio los caminos férreos se ligaban estrechamente con la tracción a vapor; al momento en que la revolución industrial se hace presente, las vías férreas penetran y aparecieron en todas partes, ya sea en las campiñas, villas y ciudades, simbolizando "la máquina nueva", que representó en su momento la transformación social y económica de todo el mundo en el siglo XIX.

Para ese entonces, la tracción eléctrica sólo figuraba como una mejora de los sistemas ferroviarios explotados en la época y no como alternativa para el transporte de personas, sin embargo, existieron casos en los que la tracción a vapor mostró más pronto de lo deseado sus inconvenientes y deficiencias, llegándose a requerir bajo ciertas circunstancias un cambio total en los medios de tracción, presentándose esto principalmente en las redes férreas en las que existían túneles, como el túnel de los Batallones y el de la Línea Auteuil en Francia, por los que circulaban carros abiertos y sin alumbrado que representaron en su momento una verdadera molestia para los usuarios en cuanto a la disipación del vapor dentro del túnel; o bien como en el camino ferró-tabular subterráneo de Londres "City and South London", conocida desde entonces como "Tube", en el cual el escape de vapor se realizaba a través de los tubos de alimentación de agua.

Por otra parte, las locomotoras a vapor con sus penachos de humo, con el movimiento de las bielas, los ruidos del escape, etc., explican las limitaciones en su uso y en muchas ocasiones el olvido mismo de su existencia. La tracción eléctrica en sus inicios se vio muy influenciada por la tracción a vapor, ya que frecuentemente sustituía a esta última, aprovechando la experiencia adquirida dentro de la realización mecánica de material rodante sobre rieles y sus instalaciones fijas, mas no pudieron existir sin la ayuda del motor eléctrico.

Los primeros pasos que se dieron en la tracción Eléctrica fueron siguiendo muy de cerca el desarrollo del motor eléctrico, e íntimamente ligada a la posibilidad de transmitir la energía eléctrica a grandes distancias con el mínimo de pérdidas, además del hecho de la transferencia de corriente con un cuerpo conductor a otro únicamente por frotamiento y en función de la velocidad relativa de los cuerpos en contacto.

Cabe remarcar que de no haber existido esta posibilidad de la captación de corriente, la tracción eléctrica no se hubiera desarrollado de la forma en que lo hizo, quedando sin duda limitada a la tracción funicular y a las máquinas de tracción donde la corriente se almacenaba o bien se generaba en la misma máquina, es decir, por medio de locomotoras de acumuladores o locomotoras de motores térmicos con transmisión eléctrica. Así tenemos que la esencia de la tracción eléctrica no es otra más, que la de los contactos deslizantes, base misma del colector; del dinamo siempre vigente.

### Desarrollo a nivel mundial.

Durante un periodo de 40 años que se inicia alrededor de 1896, se desarrollaron y perfeccionaron los aspectos técnicos y económicos de la electrificación clásica de las vías férreas. En este periodo, la

electrificación venció varios de los problemas que se presentaban en su aplicación a los ferrocarriles, con lo que se hicieron posibles muchas mejoras y ahorros en su funcionamiento.

Dentro del desarrollo de la tracción eléctrica, históricamente se pueden distinguir tres periodos importantes, concebidos de acuerdo a la formación en que se llevaron a cabo las electrificaciones ferroviarias, sucediendo uno a otro e incluso coexistiendo y evolucionando paralelamente.

El primer período se liga a la aparición del motor eléctrico de corriente continua, en el último tercio del siglo XIX; teniéndose que la locomotora eléctrica es una máquina autónoma, como la de vapor, obteniendo su energía de acumuladores, o bien como parte de un ensamble autónomo, caso en el cual se constituye por una generatriz fija (dinamo), llevando mecánicamente por una máquina a vapor o hidráulica. Este período, se prolongó aproximadamente hasta 1905, con la utilización de corriente continua de baja tensión (inferior o igual a 66 volts), electrificando líneas, en las que la operación con locomotoras a vapor se dificultaba notablemente; como es el caso de: subterráneos, terrenos con fuertes pendientes y vías con tráfico urbano importante.

El segundo período está unido al desarrollo del transformador, que posibilitó la transmisión de energía eléctrica a tensiones más elevadas que la de generación, así la fuente de alimentación se instaló lejos de la locomotora manteniendo en un nivel bajo las pérdidas de energía, lográndose con esto que la tracción eléctrica se convirtiera en un particular consumidor de la red general de distribución de energía, apareciendo así diversos tipos de electrificación que son diferenciados por su naturaleza, es decir corriente continua o corriente alterna.

En cuanto a la corriente alterna a tensión elevada para alimentar una locomotora y líneas de contacto, se empleó un transformador reductor que suministraba directamente la energía sin conversión (CA-CC), de lo que podemos destacar:

- Distribución trifásica de 3 a 10 KV, utilizando un motor de inducción a frecuencias base del orden 15 a 25 Hz.
- Distribución monofásica de 8 a 16 KV, presentando problemas de funcionamiento a frecuencias relativamente elevadas, comparadas con la frecuencia de la red general de energía eléctrica ( 50 ó 60 HZ), y también por la falta de un convertidor adecuado, requiriéndose producir la corriente a las frecuencias base de 15 a 25 Hz.

El tercer período comienza justo con el inicio de la Segunda Guerra Mundial y esto lo marca la aparición de los convertidores estáticos, que permitieron la transformación de corriente alterna a corriente continua, pudiéndose utilizar el motor de corriente continua en vez del monofásico como motor de tracción, esto debido a su mejor control de velocidad, ya que el convertidor no esta en función de la frecuencia a la que trabaja la red de corriente alterna.

Con la incursión de los convertidores estáticos por fin fue posible considerar el uso de corriente continua en alta tensión (6 a 20 KV), permitiendo pasar más fácilmente de 1.5 ó 3 KV a los 6 KV, encontrándose el gran inconveniente de que para estos niveles de tensión de esta naturaleza de corriente, no existía aún el medio adecuado fuera del laboratorio, que interrumpiera satisfactoriamente las corrientes generadas arriba de 6 KV, tanto en locomotoras como en subestaciones.

Como se puede observar la aparición del motor de corriente continua, del transformador y del convertidor estático, ha marcado el inicio de una nueva etapa dentro de la tracción eléctrica. Es en

este marco donde los diferentes sistemas de tracción a lo largo del tiempo evolucionaron en forma independiente unos de otros, convirtiéndose cada uno de ellos en verdaderas especialidades de la electrotecnia, lo que motivo que varios países del mundo principalmente de Europa iniciaran la creación de ramas de la ingeniería con la especialización en tracción eléctrica.

A continuación se muestra el desarrollo cronológico más representativo de la tracción eléctrica.

AÑO	ACONTECIMIENTO
1880	Primer locomotora eléctrica presentada por Siemens en la feria de Bruselas Bélgica.
1896	Se construye y pone en marcha el primer tren subterráneo del continente Europeo, en Budapest ( riel aislado suspendido, a 300 VCC)
1908	Inicio de operaciones del primer sistema eléctrico de ferrocarril urbano y suburbano, Hamburgo (6,000 VCA, 25 Hz.)
1914	La industria minera en Suecia pone en servicio la locomotora mas potente construida hasta la fecha 3,200 KW. Reconocida como una obra maestra de Ingeniería Eléctrica.
1932	En pleno desarrollo de la Tracción Eléctrica para el transporte de pasajeros se emplean las más altas tecnologías para el control automático de trenes.
1960	Por primera vez los rectificadores de silicio reemplazan al conjunto motor generador.
1964	Los juegos olímpicos de Tokio vieron simbolizar el retorno de Japón en el escenario internacional, inaugurando su Línea de tren Bala: Shinkansen -- Tokaido, conectando las ciudades de Tokio y Osaka, a una velocidad Superior a los 200 K/hr.
1970	Una nueva serie de controladores electrónicos se pone en práctica en otras ciudades de Europa, usando unidades de tracción tipo chopper controlada por tiristores y sistemas de control continuo automático de trenes CATC.
1980	Los microprocesadores se emplean en las tareas de monitoreo y control de vías férreas. Permitiendo esto el Boom de los trenes de alta velocidad.
1990	La tracción asíncrona se coloca como el puntal del desarrollo en el transporte de pasajeros, empleando variantes de frecuencia.
2000	Se vislumbra la utilización importante del automóvil eléctrico y a nivel del transporte masivo el empleo de superconductores en los AIR TRAINS.

## **El transporte Metropolitano con Tracción eléctrica, solución de nuestro tiempo.**

El papel de la tracción eléctrica en la civilización contemporánea, ha dejado de ser algo circunstancial, constituyéndose en un elemento esencial, ya que el ser humano cotidiana y habitualmente se transporta. Desde siempre el transporte, se ha ligado al proceso de civilización humana: el modelo ecológico, el modo de producción y cambio, las propias estructuras sociales, culturales y políticas han sido condiciones e incluso han acondicionado los medios de transporte, así como las formas de uso.

Estos puntos han hecho que los problemas implicados por el transporte, se manifiesten hoy en día en una forma distinta a la que lo hicieron en otros tiempos, así mientras que en un principio la lucha del hombre por conquistar la distancia se libraba en el campo técnico (ubicar mecanismos y formas de energía), a fin de aumentar la velocidad y capacidad carga de sus medios de locomoción, recientemente se tuvieron que empezar a atender cuestiones de índole económico, organizativo, social y político.

Todo lo referente al transporte (creación de nuevas infraestructuras, desarrollo de nuevos medios, etc.), ha dejado de ser un tema de interés sólo para los especialistas, convirtiéndose en una cuestión de interés social. La gran cantidad de tiempo consumido diariamente en transporte, el costo del mismo, las incomodidades, los accidentes, la contaminación ambiental originada por los vehículos y la escasez energética entre otros, son situaciones obvias que pesan gravemente como para no llamar la atención y provocar polémica y conflictos.

Una solución adecuada para los puntos citados es el uso de la tracción eléctrica, la cual no es una opción nueva, si no que nace a finales del siglo XIX, como una respuesta a la problemática y necesidades latentes de la época; así como en el desarrollo económico y social logrado a través de la revolución industrial, las necesidades de transporte de personas y carga rebasaron las soluciones adoptadas hasta ese momento; es en este punto donde el transporte urbano finca sus bases, sobre los requerimientos de un transporte público masivo, eficaz, seguro y económico, que a su vez resolviera los problemas de tráfico, contaminación, accidentes, etc.

En las grandes redes de transporte electrificadas, se puede denotar cuatro modelos de transporte urbano, que han sido determinadas no solo por distintos condicionamientos objetivos (dimensiones, trazado o nivel de motorización) y por diferentes capacidades económicas y técnicas, sino en proporción muy importante, por diferentes influencias culturales, sociales e ideológicas. Dichos modelos son, según Guyon:

*El americano*, definido por el predominio absoluto del automóvil privado y por la política de sostener y facilitar el uso del mismo.

*El soviético*, basada en la prioridad del transporte público; caracterizado por la absoluta preponderancia del transporte público colectivo. Una filosofía presidida por el ahorro y la utilidad pública compatible, sin embargo, con realizaciones espectaculares como el Metro de Moscú.

*El parisiense*, frecuente en la mayoría de las ciudades europeas millonarias de habitantes, caracterizado por un equilibrio entre transportes públicos y privados alcanzado de forma histórica y

como frutos de medidas políticas y con grandes costos en servicios e infraestructuras (túneles, pasos a distinto nivel, etc.)

*El noreuropeo*, típico de las ciudades escandinavas y centroeuropeas grandes y medias, caracterizadas por un razonable equilibrio entre transporte privado y público, alcanzando como fruto de una adecuada planificación y de unas avanzadas técnicas en materia de transporte colectivo.

Los sistemas de transporte eléctrico comprenden, dentro de un ámbito muy general al Tranvía, trolebús, Sistema Metro, Tren Ligero, y en un campo experimental al auto eléctrico.

**Tranvía.** Es un medio de transporte que opera generalmente con un solo carro, pero al que se le pueden acoplar una o dos unidades más. Su operación es en calles con tránsito mixto y aún cuando presenta excelentes características dinámicas, éstas no pueden ser desarrolladas en su totalidad.

Su operación en tránsito mixto hace que su confiabilidad y velocidad de operación dependan de las condiciones de tránsito, siendo éstas menos a los 20 km/h.

**Trolebús.** Es el resultado de la variación del Sistema de Tránsito, ya que se dio con la aparición de los neumáticos, dando como resultado los llamados trolebuses y que normalmente se alimentan en corriente continua; estos presentan los mismos inconvenientes que el Tranvía, en cuanto a circulación en las ciudades.

**Metro.** Es el medio óptimo de transporte para un corredor de gran capacidad, en el cual su derecho de vía completamente separado y por ende, no presenta interferencias eternas.

Su guía es simple y la tracción es eléctrica, cuenta con equipos de seguridad que permiten las velocidades máximas que se puedan lograr para espaciamiento entre estaciones dadas, así como las permitidas para la comodidad del usuario.

Estos trenes son operados por un conductor, lo cual implica una gran capacidad, al mismo tiempo de lograr buena productividad laboral.

En algunos sistemas de metro, se tienen estaciones sin personal operativo, ya que se cuenta con operación automática de trenes y un puesto de control central de la red. Por consecuencia, es el metro en donde se realizan las mayores inversiones en el transporte.

**Tren ligero.** Es la concepción moderna del tranvía, al cual se le han mejorado aspectos tanto tecnológicos como operativos. Así se tiene que es un medio de transporte que puede operar con tres carros y presenta una capacidad de transporte hasta un 50% de pasajeros sentados.

Sus características de rendimiento-costo lo sitúan entre el tranvía y el metro y opera en derechos de vía predominantemente separados, a la vez de presentar la posibilidad de ramificar y por ende hacer un mejor uso de su tramo troncal. Sus normas de alineamiento son similares a las que presenta el Metro, lo mismo que sus estaciones en derechos de vías exclusivas.

Cuenta con avances tecnológicos como son los sistemas de comunicación con los pasajeros, controles sofisticados de los motores para evitar derrapamientos de las ruedas metálicas, así como sistemas regenerativos de energía.

De los anterior podemos deducir que para resolver el problema de transporte en las grandes ciudades se debe optar forzosamente por la utilización de medios colectivos, mas que los medio fraccionados como son los automóviles e incluso autobuses pequeños.

Dentro del transporte colectivo, indudablemente hay que optar por el eléctrico en virtud de las razones expuestas, entre ellas su contribución en la solución del problema a la contaminación y a su vez, dentro del transporte electrificado esta demostrado que el Sistema Metro, tiene la mayor capacidad de transporte, el cual cuesta menos a los usuarios y es el que consume menos energía.

En resumen: vamos encaminados a la utilización de medios masivos de transporte por tracción eléctrica.

El mercado potencial (Ciudades millonarias).

La crisis del petróleo hizo a los planeadores de las ciudades, los cuales habían empezado a darse cuenta que las áreas urbanas no podían hacer frente de manera ilimitada al tráfico vehicular, paralelamente, la preocupación por la creciente contaminación ambiental comenzaba a crear conciencia en la opinión pública. En Estados Unidos, los sistemas férreos de transporte ligero fueron vistos como una forma de estimular el crecimiento de las ciudades en la lucha en contra el deterioro urbano.

A partir de ese periodo, se acelera la construcción de los Metros en diversas ciudades del mundo, a saber: 8 en Europa Central, 8 en Asia y lejano Oriente, 6 en América y 2 en Europa Oriental.

En los años ochenta, el atraso de las economías dirigidas contrasta notablemente con el rápido adelanto tecnológico de las economías occidentales y de Asia basadas en libre mercado. En la Ex Unión Soviética y otros países del bloque oriental empeoraron sus resultados económicos.

Por otro lado, la crisis de la deuda afectó gravemente a los países en vías de desarrollo haciendo que los planes de transporte de pasajeros se vieran gravemente lesionados, siendo Venezuela, Brasil y México los únicos países en vías de desarrollo que continuaron con la expansión del Metro en algunas de sus ciudades.

Un criterio universal es el de establecer un medio de transporte masivo electrificado en las ciudades que rebasan el millón de habitantes es decir "las ciudades millonarias". En este sentido en México existe un mercado potencial muy amplio en razón del crecimiento demográfico de varias ciudades que inclusive en algunas de ellas ya existen estudios preliminares para adopción de sistemas de transporte metropolitano electrificados, tal es caso de:

Ciudad	Habitantes (millones)
Puebla	1.22
Guanajuato	1.0
Tijuana	1.4
Acapulco	1.0
Veracruz	1.0

---

Lo anterior, revela un amplio campo de desarrollo en la materia de tracción eléctrica y en la electrificación de redes para sistemas de transporte metropolitanos.

#### Formación y certificación de técnicos especialistas.

Como se estableció con anterioridad, países de Europa y Asia principalmente, han respondido a sus necesidades de formación de técnicos y profesionales que cubran la planeación, construcción y operación de redes de transportes de pasajeros que utilicen la tracción eléctrica, es por ello que existen universidades e institutos tecnológicos y organismos sectoriales, con planes de estudios perfectamente planeados para la formación de ingenieros en Sistema ferroviarios de tracción Eléctrica, tal es el caso de: España, Italia, Francia, Alemania, Japón , etc.

Como es de todos sabido en México no existen la preparación formal de técnicos e ingenieros en la especialidad antes señalada, limitándose la formación de especialidades en sus propios sectores laborales. Actualmente en el Instituto politécnico Nacional se viene impartiendo escasamente una materia sobre tracción eléctrica desde apenas unos cuantos años atrás y en la Universidad Nacional Autónoma de México la situación no es muy diferente.

El Sistema de transporte Colectivo –Metro se cuenta actualmente con personal calificado, sin embargo, el desarrollo incontenible de los sistemas de transporte con tracción eléctrica es cada vez mayor y ello obliga a formar y certificar a técnicos e ingenieros altamente capacitados para encarar los retos del futuro.

## **La Zona Urbana del valle de México y la Movilización de su Población.**

### **Congestionamientos.**

Existen Vialidades primarias como periférico Norte y Sur que en horas de máxima demanda se saturan de tránsito vehicular, con niveles de servicio tan bajos que se convierten prácticamente en estacionamientos en algunos lapsos de tiempo. Hay infinidad de cruceros cuya capacidad se ve rebasada para atender la demanda de volúmenes y movimientos que se les presentan, en consecuencia se generan largos congestionamientos y mayores tiempos de viaje para la población.

Existen terminales del metro cuyas demandas pico tienen que ser dosificadas para darles a los usuarios acceso gradual a los andenes. Hay también ofertas de servicios de trenes de algunas líneas de metro que son insuficientes para atender en horas pico la demanda que se les presenta en algunas estaciones, obligando a una parte de la misma a buscar otros modos de transporte.

### **Tiempo de viaje.**

De acuerdo a la última encuesta de Origen y Destino de viajes, casi el 45% de los mismos requieren de más de 40 minutos para realizarse, el 19% requiere entre 1 y 1.5 horas y el 7% consume entre 1.5 y 2 horas. El caso extremo son 1097 viajes que requerían más de 4 horas para llegar a su destino; en algunos países se acepta que un viaje urbano al rebasar los 40 minutos empieza a crear molestias al viajero. Los viajeros de los municipios conurbados requieren en promedio, para realizar sus viajes, de casi 20 minutos más que los del Distrito Federal.

### **Costos de viaje.**

Los congestionamientos en la red vial primaria y en la red de transporte afectan los costos de viaje de todos los viajeros, tanto a los usuarios del auto particular como a los del transporte público.

### **Perdidas de Horas Hombre.**

De acuerdo a la última encuesta de Origen y Destino de 2000, los viajeros de la gran urbe gastaban 2 horas 30 minutos para realizar dos viajes diariamente, lo que significaba que están 70 minutos por arriba del tiempo que sería recomendable para realizarlos.

Sin embargo, esto con estimaciones para el año 2002, arroja 5.100 millones de horas hombre que se pierden diariamente en la metrópoli por transportarse deficientemente. En una semana son 30.69, en un mes 155.77 y en un año 1,861.5 millones de horas hombre.

### **Contaminación Ambiental.**

Las emisiones de los vehículos automotores son la principal fuente de la contaminación del aire de la Zona Urbana del Valle de México 1995-2000, se estima que de los 4020 millones de toneladas que se emitieron durante 2000 a la atmósfera, el 75% se atribuye al sector transporte.

Con la incorporación de los convertidores catalíticos en los automóviles nuevos y la reforestación y distribución de nuevos combustibles, las concentraciones de plomo disminuyen hasta un 90%, sin embargo, el ozono excede la norma Mexicana de la calidad de aire, el 90% de los días durante el año.

Se desconoce aún la existencia de estudios sobre los efectos de esta situación en la salud de todos los habitantes de la ZMCM.

#### Consumo de Energía.

Transportar más de 9 millones de viajeros cotidianamente, la mayoría de ellos en transporte de superficie, consume mucha energía. Según PEMEX en la Zona Urbana del Valle de México en el año 2000 se consumían 22.34 millones de litros diarios de gasolina. La cifra anterior restando únicamente los usuarios que utilizan metro, en números gruesos arroja un promedio de 2.54 litros de gasolina por viajero. Lo anterior representa un gran desperdicio, si se toma en cuenta que un tren de metro puede transportar 1,530 personas en un viaje de 12 Km. Consumiendo sólo la energía equivalente a 15 litros de Diesel.

#### Funcionalidad Urbana.

A pesar de su escala en tamaño y población, la ZUVM en lo que respecta a movilidad funcional, todas las personas que inician un viaje arriban a su destino, a menos que se involucren en un accidente; el problema es que para la mayoría de los viajeros con respecto de esta actividad cotidiana involucra un costo: económico, de tiempo y de incomodidad que les irrita y que les genera la sensación de que la ciudad en términos de transporte urbano no funciona, cuando lo correcto es que las redes de vialidad y transporte existentes funcionan, pero con lentitud y con bajos niveles de servicio.

#### Imagen urbana.

Los congestionamientos vehiculares, los altos niveles de contaminación ambiental, el comercio ambulante, los vendedores y limpia parabrisas de las esquinas, las combis, microbuses y autobuses suburbanos en mal estado, provocan imágenes desagradables de la Ciudad tanto a la población residente como a la población flotante y visitantes.

Tradicionalmente el metro con su infraestructura y material rodante (Trenes) provoca una imagen de modernidad y eficiencia que en los últimos años ha disminuido, debido al comercio ambulante en estaciones, el graffiti en los cristales y algunas fallas y suspensión de servicio.

#### Población.

Para el año 2006, en general se pronostica una problemática similar pero más severa a la de 2000, debido a que la población de la Zona Urbana del Valle de México a pesar de que crece cada vez a menos velocidad, disminuye su importancia relativa en la población nacional, continuara a un ritmo mayor de lo que lo hacen la infraestructura vial y los servicios de transporte.

En ese horizonte futuro, la población de la ZUVM rondara los 19.5 millones de habitantes, lo que significa un crecimiento de 1.6 millones más de habitantes en relación de los 17.9 millones que se estimaron para 2000, esto equivale a que la población de la ciudad de Puebla y su zona metropolitana se integrarán gradualmente en los próximos 7 años.

## Área Urbana.

El crecimiento poblacional mencionado generará una expansión territorial de la mancha urbana en diferentes modalidades: pueblos conurbados, colonias populares en formación, conjuntos habitacionales, uso residencial medio y alto; distribuyéndose este crecimiento sobre los ejes de metropolización existentes: Amecameca, Naucalpan, Atizapán, Teotihuacan, Tecámac y Texcoco, en ese orden de importancia.

### Concentración Temporal de los viajes.

La cultura urbana existente de actividades en nuestro medio se mantendrá, por lo que el fenómeno de concentración de los viajes en los periodos pico se seguirá presentando, aunque es importante señalar que debido al incremento estimado del 9% en la demanda de transporte, estos periodos podrían alargarse. Actualmente son los siguientes: 6:00 a 10:00 y 18:00 a 22:00 hrs.

### Concentración Espacial de los Viajes.

La centralidad, que es el espacio urbano donde se concentra más las actividades socioeconómicas y en consecuencia los orígenes y destinos de los viajeros de la población, se modificará dependiendo del escenario socioeconómico que se presente, de saturación o de bajo desarrollo. En el primero, la centralidad se extenderá sobre los ejes principales, por el Periférico hacia el Norte hasta Cuautitlan Izcalli y hacia el Sur hasta Xochimilco. Por Insurgentes hacia el Norte hasta Xalostoc y Tlupetlac y sobre calzada Ignacio Zaragoza hacia el oriente, hasta la Paz. En el escenario de bajo desarrollo socioeconómico, la centralidad se reducirá concentrándose a lo largo de tres ejes hoy consolidados, que son: Periférico Norte y Sur, Reforma e Insurgentes, así como Zona Rosa, Polanco y San Angel.

### Distribución Modal de lo Viajes.

Considerando únicamente el factor crecimiento poblacional, en teoría todos los modos de transporte deberían de incrementar sus captaciones e inclusive algunos incrementarán su oferta, pero eso no significa que todos vayan a incrementar su participación en la distribución modal.

El metro lo hará con la incorporación de la línea B, el transporte concesionado como transporte emergente en las zonas de nuevo crecimiento en el Estado de México y el auto particular que podría incrementarse en un millón de unidades mas en la ZMCM en el periodo 2000-2006.

### Demanda Metro y su Distribución.

Con la incorporación de la línea B el metro mejorará la movilidad de la ZUVM en el corredor Nororiente-centro. Una gran parte de los beneficiados ya son usuarios de la red llegando a las estaciones Indios Verdes y hasta Martín Carrera, por lo que tampoco deben de crearse muchas expectativas de grandes captaciones extras, las habrá seguramente, pero su nivel dependerá de la evolución de diferentes factores, como pueden ser la regularización de la competencia de microbuses. Con la línea B operando, podría bajar la afluencia de la línea 3 y de la línea 4 debido a la redistribución de la demanda metro dentro de la red.

### Equilibrio Oferta y Demanda.

Como se explico en el diagnóstico, existe un desequilibrio histórico a favor de la demanda, esta ha crecido a mayor velocidad que la oferta, basta mencionar que la primera línea del metro se inaugura cuando ya la ZMCM cuenta con 8 millones de habitantes. Hay ciudades en el mundo que cuando alcanzan los 2 millones de habitantes ya contaban con algún sistema de transporte masivo. En general este desequilibrio se seguirá manteniendo en el horizonte 2006, los déficits acumulados, más las nuevas demandas que se vayan presentando seguirán superando en el corto plazo la oferta existente de las redes vial y de transporte y sus incrementos en el corto plazo.

### Impactos de la Relación Oferta / Demanda.

En las condiciones actuales de infraestructura y servicios de la ZMCM, el metro es el único modo de transporte que puede reducir, en los corredores urbanos por donde se construya y opere una nueva ampliación de la red; congestionamientos, tiempos de viaje, costos de viaje, pérdidas horas hombre y contaminación ambiental. También le da una mayor funcionalidad a los sectores urbanos que atraviesan y una mejor imagen urbana.

La puesta en marcha de la línea B, lograra todo ello en la franja Oriente del corredor Nororinte – centro (que es un corredor de transporte público) en el Municipio de Ecatepec y en la parte de D.F. por donde correrá, por lo que mejorará la plusvalía de las zonas que atraviesa. Cualquier otra ampliación de la red en el periodo 2000-2006 (línea 8 al sur y línea 7 al sur) tendrá los mismos impactos positivos que los mencionados para la línea B.

## DATOS DEL AREA MEROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

EL AREA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO (AMCM) ESTA CONSTITUIDA POR:

A) Las 16 Delegaciones políticas del Distrito Federal

Gustavo A. Madero	Azcapotzalco	Miguel Hidalgo
Cuauhtémoc	Venustiano Carranza	Benito Juárez
Iztacalco	Álvaro Obregón	Coyoacán
Iztapalapa	Cuajimalpa	Magdalena Contreras
Tlalpan	Xochimilco	Tláhuac
Milpa Alta		

B) Municipios conurbados (28) del Estado de México.

Acolman	Huixquilucan	Tecámac
Amecameca	Ixtapaluca	Teoloyucan
Atizapán de Zaragoza	Jaltenco	Tepotztlán
Coacalco	La paz	Tlalmanalco
Cuautitlán Izcalli	Melchor Ocampo	Tlalnepantla
Cuautitlán	Naucalpan	Texcoco
Chalco	Nextlalpan	Tultepec
Chocoloapan	Nezahualcóyotl	Tultitlán
Chimalhuacán	Nicolás Romero	Zumpango
Ecatepec		

HABITANTES EN EL DISTRITO FEDERAL.....8,697,420

HABITANTES EN LOS MUNICIPIOS DEL AMCM.....8,465,680

HABITANTES DEL AMCM.....17.2 Millones

SUPERFICIE DEL AMCM..... 4.974 Km<sup>2</sup>

DENSIDAD DEL AMCM (Habitantes/Km<sup>2</sup>)..... 3,557

## Historia del Sistema de Transporte Colectivo metro.

Los habitantes de la Ciudad de México, conocemos y vivimos a diario los graves problemas de transporte, tránsito y contaminación, los cuales desde los años 60s eran evidentes; así en el año de 1967 apareció en el Diario Oficial de la Federación, con fecha de 19 de abril, el decreto de creación del Sistema de Transporte Colectivo Metro.

Una de las características con las que debía contar era transportar a los pasajeros de forma segura, rápida y cómoda; realizando investigaciones en países donde ya funcionaba algún tipo de transporte masivo. Después de estudiar las diversas propuestas, se seleccionó la de mayores ventajas para la Ciudad de México.

Las primeras asesorías y conocimientos fueron impartidos por especialistas de Francia; posteriormente, por las propiedades del suelo de la ciudad y su dinámica de crecimiento demográfico, S.T.C. ha desarrollado una tecnología propia y más adecuada a las necesidades de nuestra urbe.

Ante este panorama, el crecimiento de la red de transporte colectivo, se ha logrado al analizar los resultados y experiencias obtenidas en la planeación, construcción y operación de cada línea hasta ahora proyectada. En otras palabras, la planeación se basó en la prioridad de proporcionar servicio a las zonas de mayor densidad demográfica y las más congestionadas, trazando líneas lo más rectas posibles y calculando el costo según el tipo de construcción por realizarse, ya sea línea elevada, superficial o subterránea, observando resultados positivos al captar un gran número de pasajeros en todas sus líneas.

El 4 de septiembre de 1969, se puso en funcionamiento la primera de tres líneas proyectadas. La línea 1 en el tramo Zaragoza-Chapultepec; aproximadamente ocho años después se inauguro línea 2 Tasqueña a Pino Suárez, y un mes más tarde el servicio se daría hasta la estación Tacuba.

En el siguiente año entró el servicio la línea 3, de Tlatelolco a Hospital General. Posteriormente, se creó la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano (COVITUR), la cual se encargó de continuar la construcción del metro, que abarcó la ampliación de línea 3 y la creación de las líneas 4 y 5 para proporcionar servicio en el norte y oriente de la ciudad.

Entre 1978 y 1980, se elaboró la primera versión del Plan Maestro del Metro. Esto se da en el contexto de un nuevo y fuerte impulso al crecimiento del Metro, arrancando en 1977. La línea 3 se lleva al Norte hasta Indios Verdes y al sur hasta zapata.

Las ampliaciones de la red han contribuido en la constante búsqueda por solventar el problema de la falta de transporte y conectar las zonas conurbanas de la ciudad, prueba de ello fue la construcción de las terminales Pantitlan, Universidad y el tramo Tacubaya-cuatro Caminos de línea 2; así como las líneas 6 y 7 trazadas hacia el norte y poniente del D.F.; respectivamente.

Por la sobre demanda registrada en la línea 1, se propuso y construyo la línea 9, ambas líneas guardan una similitud en sus recorridos. También en este periodo se llevaron acabo las ampliaciones de línea 6 (Instituto del Petróleo-Martín Carrera), línea 7 (Tacubaya -El Rosario) y la línea 9 (Centro Médico-Tacubaya)

En 1985 surge la versión revisada y actualizada del plan, basada en una encuesta Origen destino del Área Metropolitana de la Ciudad de México, levantada en 1983.

En 1987 y 1988 la Versión 1985 del Plan sufre ajustes en lo que corresponde a la construcción de la línea "A", no planeada originalmente y se modifican los trazos de la línea 8 y de la línea "B", denominada línea 10 hasta 1994

El 12 de agosto de 1991, se inauguró la línea A del metro Férreo, cuya principal característica es la de unir el oriente de la ciudad con los municipios de Nezahualcoyotl y Los Reyes la Paz. Con esta obra



## **Pilotaje Automático de 135 KHz.**

El Sistema de Pilotaje automático tiene por objeto incrementar la seguridad en la circulación de los trenes. Autorizándola cuando el máximo de condiciones de seguridad son reunidas. Además de proporcionar un modo de conducción automático, confiando a los equipos y dispositivos del tren la ejecución de funciones repetitivas.

El Sistema de Pilotaje está constituido principalmente por un programa de marcha inscrito en la vía y por un dispositivo electrónico dentro del tren, el cual mantiene su velocidad al valor ordenado por el programa, actuando sobre los equipos de tracción y frenado propios del tren. Permitiendo controlar la velocidad del tren sobre el valor requerido. Evitándose de esta forma la influencia de la carga sobre el tren en el confort y precisión del frenado en el punto normal de paro en andenes y señales al alto espaciamiento.

El Sistema de Pilotaje cumple en forma segura a partir de las informaciones del programa las siguientes funciones.

- Salida del tren en estación.
- Circulación en interestación respetando las limitaciones de velocidad y señalización establecidas por las condiciones locales de operación.
- Arribo y parada del tren en las estaciones.
- Maniobras de cambio de vía en las terminales y servicios provisionales
- Autorización de apertura de puertas.

El Sistema de Pilotaje Automático está constituido por dos Subsistemas. Los cuáles se denominan Equipo Fijo y Equipo Embarcado.

### **Modos de Conducción.**

En los trenes equipados con el Sistema de Pilotaje Automático existen los siguientes los siguientes modos de conducción, cuyo orden prioritario es:

- Pilotaje automático (P.A)
- Conducción Manual Controlada (C.M.C)
- Conducción Manual Limitada (C.M.L)
- Conducción Manual Restringida (C.M.R)
- Conducción Libre Limitada a T 2 (C.L.T. 2)

Los modos de conducción P.A., C.M.C. y C.M.L. solamente pueden ser obtenidos en zonas equipadas con el Sistema de Pilotaje Automático que se encuentre en funcionamiento.

Los trenes en el modo de conducción P.A. circulan automáticamente hasta la próxima Estación. Respetando las limitaciones de velocidad y señalización. En este modo de conducción es en el que normalmente deben de circular los trenes de viajeros durante todo el servicio. Cualquier degradación de modo de conducción debe ser autorizado por el Puesto Central de Control.

El modo de conducción C.M.C. permite conservar en los Conductores la práctica de la conducción manual, es decir que el Conductor a través de la operación del manipulador debe asignar los grados de tracción o frenado requeridos para que el tren circule normalmente, además en caso de que la

velocidad sea superior a la autorizada por el programa o sea franqueada una señal al alto, el tren se detendrá automáticamente.

El modo de conducción C.M.C. es en el que normalmente deberán intentar circular los trenes de viajeros cuando no sea posible obtener el modo P.A.

El modo de conducción C.M.L permite la circulación de trenes con los límites de velocidad 50, 25 y 15 Km/hr. Este modo se debe utilizar en los trenes de viajeros, cuando no sea posible circular en los modos P.A. ó C.M.C. En los trenes que no den servicio en una ó varias estaciones, así como también en trenes desalajados.

En el modo de conducción C.M.R. se permite la circulación del tren a la velocidad máxima de 35 Km/hr. Sin protección de frenado de urgencia al franqueamiento de señales al alto. Se deberá utilizar cuando no sea posible obtener los modos P.A., C.M.C., o C.M.L., previa autorización del P.C.C.

El modo de conducción CLT2, es el grado de tracción limitado a la posición del manipulador en T2, se permite la circulación del tren a la velocidad máxima de 35Km/hr. no contándose con las protecciones que ofrece el Sistema de Pilotaje automático para el franqueamiento de señales al alto.

El rebasar un límite de velocidad máxima permitida ocasiona un frenado de urgencia (FU) en los modos de conducción P.A., C.M.C. y C.M.R ( en el modo de conducción CLT" se ocasiona un grado de frenado F6) En todos los demás casos el FU es irreversible.

## **Equipo Fijo del Sistema de Pilotaje Automático (135 KHz)**

### **Descripción del Equipo Fijo.**

El equipo fijo es aquel que se localiza a lo largo de las vías y en los locales técnicos. Con el objeto de asegurar una buena disponibilidad y facilitar el mantenimiento del equipo fijo, este se encuentra instalado de tal manera que cada interestación constituye un conjunto independiente de las Estaciones adyacentes.

El equipo fijo instalado en las vías principales, servicios provisionales y maniobras "V" y "O" de las Terminales, está constituido por un programa de marcha inscrito en ellas. por medio de un dispositivo emisor colocado dentro de una canaleta de Leucoleno fijada normalmente sobre la barra guía derecha y en ocasiones sobre la barra guía izquierda.

En algunos puntos donde no existe barra guía ni a la derecha ni a la izquierda, caso de algunos aparatos de vía, el programa de marcha está colocado paralelamente y a la altura de la pista de rodamiento en soportes de madera sobre los durmientes y en forma subterránea en el caso de los aparatos de vía.

El programa de marcha transmite en cada punto las condiciones correspondientes a una posición del tren, que en relación a la cabina delantera se localiza a 67 metros atrás de ella, ya que los captosres para circular en vías principales, servicios provisionales y maniobras "V" y "O" de las terminales, se encuentran instalados en el carro remolque central denominado "PR" (piloto) El programa de marcha se subdivide en secciones de acuerdo a las necesidades del sistema de Pilotaje Automático y a las condiciones locales de operación.

El dispositivo emisor está constituido por un cable autocruzado, el cual presenta entre su hebra de ida y hebra de vuelta, transposiciones perpendiculares denominadas cruzamientos. La distancia

entre dos cruzamientos sucesivos se denomina "segmento" y es el indicativo de la velocidad que se desea tenga el tren cuando su cabina delantera este 67 metros adelante de dicho segmento. La velocidad indicada por cada segmento de longitud "L" está dada por la siguiente relación.

$$V = \frac{L}{0,3} \text{ m/seg.}$$

donde:

L = Longitud del segmento, entre 0.3 y 7 metros.  
0.3 = tiempo de referencia en segundos.

El cable autocruzado es alimentado por una corriente alterna de 80 mA eficaces de una frecuencia portadora que puede variar entre 135KHz y 135.5 KHz que se denomina "frecuencia portadora" la cuál puede modularse a su vez por unas bajas frecuencias comprendidas en el rango de 1104 a 2352 Hz.

El equipo fijo del sistema de pilotaje automático instalado en los locales técnicos de las Estaciones, está constituido por un conjunto de armarios con dispositivos electrónicos en donde separados por cada vía y zona de maniobra, se reciben las informaciones de la teletransmisión del P.C.C. y del estado que guarda la señalización, emitiéndose a su vez la alimentación al programa de marcha correspondiente.

En las vías de las naves de garage y en sus peines de acceso y salida, el equipo fijo está constituido por un cable tipo paro automático instalado en el patín de los rieles de seguridad. Este cable está alimentado por un armario especial localizado en las cercanías de dicha zona, del cual recibe una corriente alterna de intensidad eficaz entre 80 y 1000 mA, a una frecuencia de 4.8 KHz, lo que permite a los trenes circular en el modo de conducción C.M.L. con protección de frenado de urgencia en caso de sobrevelocidad o franqueamiento de una señal al alto.

#### Funcionamiento del Equipo Fijo.

El programa de marcha es el medio por el cual se controla el tráfico de los trenes en las vías principales, servicios provisionales y maniobras "V" y "O" de las terminales y para tal efecto existen.

- Programas Verdes
- Programas Rojos
- Programas de Paro en Estación
- Programas de Maniobra
- Programas de Transferencia
- Programas de Rearme.

Los programas verdes son los que permiten en interestación el tránsito a los trenes conducidos en los modos P.A. y C.M.C a una velocidad específica propia del programa.

Los programas Rojos son los que ordenan en interestación a los trenes conducidos en los modos P.A. y C.M.C. reducir su velocidad y detenerse ante una señal al alto.

Los programas de paro de estación son los que ordenan a los trenes conducidos en el modo P.A. detenerse en el punto normal de paro. En los otros modos de conducción el Conductor tiene la responsabilidad en la exactitud del paro.

Los programas de maniobra son los que permiten a los trenes conducidos en los modos P.A y C.M.C. recorrer un itinerario, siempre y cuando éste se encuentre establecido.

(incluyendo la señal de maniobra permisiva)

Los programas de transferencia son aquellos en donde las condiciones locales de operación o las necesidades del Sistema de Pilotage Automático, requieren la existencia de un programa que se inicie en el circuito de vía anterior.

Los programas de rearme son aquellos que inician la unión entre el programa de marcha y el tren, conteniendo información específica. Se localizan antes de cada señal en interestación, zonas de maniobra y en inmediaciones del punto normal de paro en Estación. La alimentación de estos programas esta condicionada a que la señalización correspondiente sea permisiva.

Como se menciono anteriormente, en los programas de marcha la portadora de 135 KHz puede ser modulada por diferentes frecuencias BF y que contienen las informaciones transmitidas al tren para permitir su circulación o para establecer la unión vía-tren, estando clasificadas de la siguiente manera.

CONCEPTO	FRECUENCIA	UTILIZACIÓN EN:
AM Autorización de Marcha	1140 Hz.	P.A y C.M.C.
OG Autorización de Apertura de Puertas Izquierdas	1824 Hz.	P.A y C.M.C.
OD Autorización de Apertura de Puertas Derechas	1680 Hz.	P.A y C.M.C.
SL Seguridad Larga	1356 Hz.	P.A y C.M.C.
VM Velocidad Máxima De 50 Km/Hr.	1260 Hz.	P.A y C.M.L.
AUR Autorización de Recuperación	2112 Hz.	P.A y C.M.C C.M.L y C.M.R.

## **Equipo Embarcado del Sistema de Pilotage Automático de (135 KHz)**

### **Descripción del Equipo Embarcado.**

El equipo embarcado es aquel que se localiza a bardo de los trenes y distribuido a lo largo de los mismos.

El Equipo embarcado esta constituido por:

- 4 Captores de alta frecuencia (HF)
- 2 Captores de baja frecuencia (BF)
- 1 Rueda fónica.
- 1 Block P.A.-CMC.
- 1 Block CML.-CMR.
- 9 Amplificadores locales de desfrenado (ALD)
- 2 Blocks de conmutación de hilos de línea de tren (RL)

Los captores de alta frecuencia están localizados en las carretilla del remolque central arriba de las ruedas extremas del carro, este remolque inicia su nomenclatura con las letras "PR"

Los captores de baja frecuencia están localizados debajo de la carrocería de las motrices M, en la parte delantera inferior derecha.

El dispositivo denominado Rueda Fónica está constituido por un disco metálico que cuenta con captor magnético. La rueda fónica es accionada por el medio eje de la segunda rueda portadora izquierda de la carretilla delantera del remolque "PR"

El block P.A. - CMC. se localiza en el remolque "PR" debajo del segundo asiento doble del lado izquierdo y en su interior se encuentra un equipo de tratamiento de la señal y un dispositivo de control de sobrevelocidad.

El block CML.- CMR. Se localiza en el remolque "PR" debajo del primer asiento doble del lado izquierdo (enfrente del block P.A. -CMC.) y en su interior se localiza un equipo de tratamiento de la señal y un dispositivo de control de sobrevelocidad.

Los amplificadores locales de desfrenado se encuentran distribuidos de tal manera que existan uno por cada carro, localizándose dentro del tercer cofre exterior izquierdo.

Los blocks de conmutación de hilos de línea de tren se distribuyen uno por cada motriz M localizándose en el interior del panel trasero izquierdo de la cabina de conducción.

### **Funcionamiento del Equipo Embarcado.**

El equipo embarcado es el encargado de captar las señales que provienen del programa de marcha, interpretarlas y traducirlas en órdenes dadas al tren por medio de las líneas del mismo. La seguridad del funcionamiento del equipo embarcado se apoya en el enlace permanente de información entre la vía y el tren y toda interrupción mayor a 0.5 segundos de este enlace provoca el frenado de urgencia. Los captores de alta frecuencia aseguran el enlace Via-tren cuando se circule en las vías principales, servicios provisionales y maniobras "V" y "O" de las terminales, utilizando cualquiera de los modos P.A., CMC. O CML.

En el modo de conducción P.A. los dos captores de alta frecuencia delanteros son los únicos que se encuentran activos lo cual está en función de la colocación del conmutador "C" en posición P.A.

En el modo de conducción CMC. Los cuatro captore de alta frecuencia se encuentran activos, excepto cuando los captore delanteros no reciben información del programa de marcha, esto es con objeto de:

- Permitir el acercamiento del tren al pie de una señal al alto, utilizando como máximo el grado de tracción T1.
- Prohibir el arranque del tren en los modos de tracción de T2 a T5 frente a una señal al alto.

En el modo de conducción CML, los captore delanteros de alta frecuencia son tomados en cuenta siempre y cuando tengan la posibilidad de detectar la información del programa, y en caso contrario se realiza una conmutación automática hacia los captore traseros.

Los captore de baja frecuencia aseguran el enlace Vía-Tren cuando se circule en las naves de garage y sus peines de acceso y salida, utilizando el modo CML.

La rueda fónica permite determinar en los trenes conducidos en los modos P.A. y CMC. Para cada punto de la línea, el espacio recorrido y por derivaciones sucesivas la velocidad. En el modo P.A. permite también la desaceleración instantánea.

En los modos CML y CMR la velocidad se mide a partir de las informaciones salidas del transmisor del cronotaquígrafo (TMH) y de la rueda fónica, las cuales son enviadas al block CML-CMR. Estas informaciones también son transmitidas en los modos P.A. y CMC. Para probar dicho block.

El funcionamiento del block P.A.-CMC. Está condicionado a que sea tomado alguno de los modos de conducción P.A. o CMC. En su interior el equipo de tratamiento de la señal del programa y el dispositivo de control de sobrevelocidad operan de la siguiente manera: En los modos de conducción P.A. o CMC; las informaciones enviadas por los captore de alta frecuencia y por la rueda fónica, son recibidas por el equipo de tratamiento de la señal donde se interpreta y traducen en órdenes que garantizan las diferentes funciones de partida, marcha, frenado y paro del tren.

Por su parte, el dispositivo de control de sobrevelocidad, es el encargado de verificar que los segmentos sean recorridos en un tiempo que sea acorde con el tiempo de marcha comandado y para este efecto recibelas informaciones de las extremidades de los segmentos y las condiciones en que se sanciona la sobrevelocidad.

En el modo P.A. el dispositivo de control de sobrevelocidad entrega a su salida la "señal correcta de la desaceleración" de 23 KHz que es enviada a los ALD.

Para el modo CMC. Es necesario detectar la sobrevelocidad a nivel de los captore delanteros y captore traseros, cuando el tren marche con el manipulador colocado en alguna posición que no sea entre T2 y T5. El acoplamiento de esta situación es realizado por el dispositivo de control de sobrevelocidad emitiendo también una señal de 23 KHz que igualmente es enviada a los amplificadores locales de desfrenado.

Los ALD tienen la función de asegurar la interfase entre los blocks P.A.-CMC. O CML.-CMR, y los órganos de frenado neumático o eléctrico del tren, existiendo por lo tanto dos tipos de ALD.

#### TIPO I

Empleado en motrices sin sistema de recuperación de energía y en carros remolque.

#### TIPO II.

Empleado en motrices equipados con sistema de recuperación de energía.

Dado que los ALD sólo funcionan en los modos P.A., CMC., CML y CMR, toda interrupción de la señal de 23 KHz provocará el frenado de urgencia en estos modos de conducción. Además estos ALD cuentan con un circuito electrónico que asegura el aislamiento automático de un ALD en caso de fallo y si la situación es tal que sean dos o más amplificadores averiados, el carro más cercano a la motriz trasera incluyendo ésta, será el único en que se aislé automáticamente el ALD, mientras que los demás carros averiados presentarían bloqueo a 4.5 bar.

## Elementos que Constituyen la Vía.

### Introducción.

La "Vía" en general es un conjunto de dispositivos necesarios para soportar, guiar y suministrar energía eléctrica al material rodante (trenes neumáticos).

Fuerzas que soportan las vías.

Las diferentes fuerzas que soporta la vía son:

a).- El peso del material rodante.

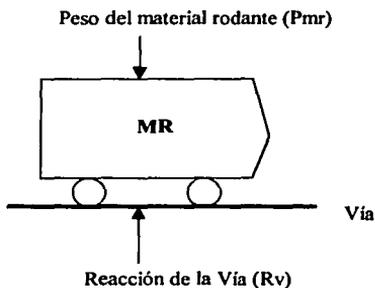


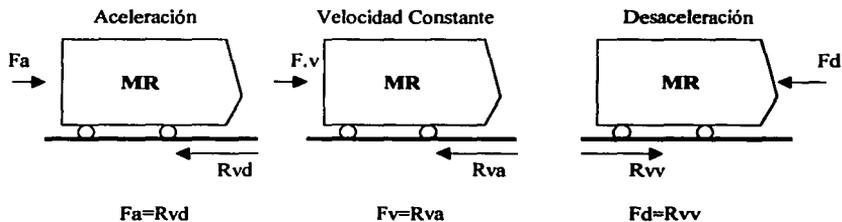
fig.1 Fuerzas que soporta la vía.

O sea que  $Pmr=Rv$

El peso del material rodante es soportado por la vía, por medio de su respuesta (o reacción de la vía) que la equilibra y no permite desplazamientos verticales.

b).- Las fuerzas longitudinales desarrolladas, durante la aceleración o desaceleración y durante la circulación a velocidad constante.

fig. 2 Fuerzas longitudinales.



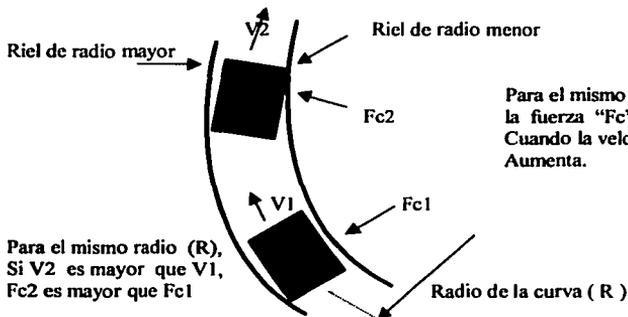
## Frenado Reostático Neumático

Los motores suministran la fuerza de aceleración ( $F_a$ ) y la fuerza necesaria para mantener el MR, a la velocidad constante ( $F_v$ ), que son soportados por la vía por sus reacciones ( $R_{va}$ ) y ( $R_{vv}$ ) respectivamente.

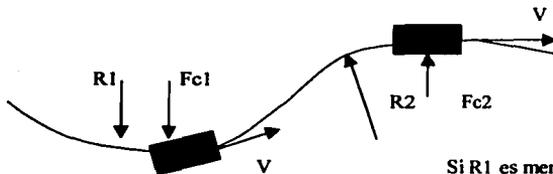
Los frenos producen la fuerza de desaceleración ( $F_d$ ) que es soportada por la vía por su reacción ( $R_{vd}$ ), En general  $F_a$  y  $F_d$  son mayores que  $F_v$ .

c).- Las fuerzas transversales que resultan de la circulación del MR sobre tramos de vía en curva ( fuerza centrífuga  $F_c$ )

fig.3 Fuerzas transversales.



En forma similar, para una misma Velocidad "V", la fuerza "Fc" es mayor en una curva con menor (R)



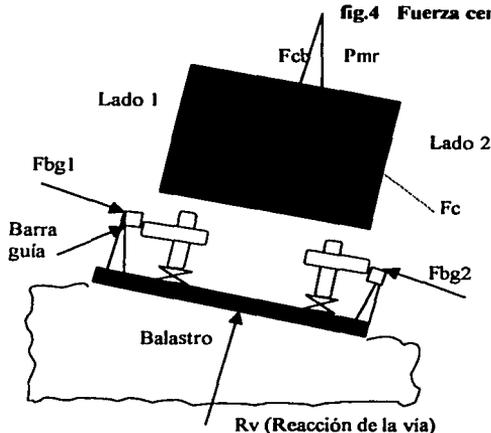
Si  $R_1$  es menor que  $R_2$ ,  $F_{c1}$  Es mayor que  $F_{c2}$ , para la Misma velocidad v.

Para compensar parcialmente la acción de la fuerza centrífuga "Fc", el riel de rodamiento de gran radio se coloca un poco más alto, que el riel de rodamiento de radio pequeño. Este desnivel de rieles, se llama "sobreelevación" o peralte.

La sobreelevación se encuentra limitada por el centro de gravedad de los coches ya que no puede llegar a tener un valor muy grande porque se correría el riesgo de que al pararse el tren en esa curva se volteara al no existir fuerza centrífuga.

De tal forma que para una sobreelevación y un radio "R", existe una velocidad ideal "V" del tren (la velocidad de operación deberá estar muy cerca de ella) que permite funcionar a la vía y al tren sin tener que soportar excesos de fuerzas transversales.

fig.4 Fuerza centrífuga.



Fcb.- Fuerza combinada del Peso del material rodante (Pmr) y la fuerza Centrífuga (Fc)

Fbg.- Fuerza normal de guiado

En la velocidad ideal del tren, se tiene  $Fcb=Rv$ .,  $Fbg1=Fbg2$

Si la velocidad es menor que la ideal, la fuerza centrífuga disminuye, inclinándose la fuerza combinada al lado 2, tal que ( $Fbg2$ ) se hace mayor que ( $Fbg1$ ). En caso de que sea mayor la velocidad que la ideal; se inclina al lado 1 la fuerza combinada, aumentando ( $Fbg1$ ) siendo mayor que ( $Fbg2$ )

Tipos de instalaciones de vía.

Se tienen cinco tipos diferentes de instalaciones.:

- Vía principal con pistas metálicas.  
(Para funcionamiento normal entre estaciones, con pasajeros)
- Vía secundaria con pista de concreto.  
(Se utiliza para maniobras en vías secundarias, ya que el peso del materia rodante es mucho menor y no se requiere de un material tan resistente para soportarlo, además su traslado es a velocidad bajas)
- Vía sobre fosa.  
(Se requiere en los talleres y en los extremos de líneas, inspeccionar y/o revisar el equipo no accesible del material rodante)
- Vía especial sobre concreto, en los cruces de línea

(La vía se coloca directamente sobre concreto, debido al poco espacio disponible ocasionado por el cruce)

e).- Aparato de vía

se utiliza para el cambio de una vía a otra

Vía principal (Sobre balastro) con pista de rodamiento.

Elementos que la constituyen.

a).- Rieles de seguridad.

Sus funciones son las siguientes:

-Asegurar el retorno de corriente (usada para la tracción del material rodante)

-Como detector del material rodante para la señalización.

-En tramos en los cuales se interrumpe la barra guía (cruces, desniveles, comunicaciones entre vía y taller), los rieles de seguridad junto con as ruedas metálicas "guían" el tren este efecto se logra también cuando sufre algún desperfecto los neumáticos horizontales que lo guían, (neumáticos guía)

-En caso poco frecuente que los neumáticos que soportan el material rodante (neumáticos portadores) fallan, el riel de seguridad soporta el material rodante por medio de las ruedas metálicas.

-Finalmente se usa para el transporte de equipo y/o vehículos auxiliares para mantenimiento.

b).- Pista de rodamiento.

Su función es la de soportar el material rodante, y se encuentran instaladas en la parte exterior de los rieles. Dependiendo del tipo de instalación de la vía, pueden ser metálicas ó de concreto (principal o secundaria)

La continuidad en ellas, se logra uniéndolas a tope, por soldadura en el primer caso y por piezas metálicas en el otro, logrando un trasladó uniforme del material rodante.

Al igual que los rieles de seguridad, las pistas de rodamiento se sujetan a los durmientes por medio de tirafondos.

c).- Barra guía.

Tienen dos funciones, transmitir la energía eléctrica para tracción del material rodante, así como guiarlo en tramos rectos y cuervos de la vía, por medio de los neumáticos guía. Son metálicos, de perfil angular y se encuentran al exterior de los rieles de seguridad y de las pistas de rodamiento.

Son soportadas por aisladores, ya que de lo contrario la energía eléctrica ocasionaría corto circuito con otros elementos de la vía que se encuentran directamente a tierra. Estos aisladores se fijan a los extremos de los durmientes por medio de soportes laterales, pernos y vástagos especiales, que le dan cierta flexibilidad.

Todos estos elementos, descansan sobre durmientes de azobe colocados previamente sobre balastro

d).- Balastro

Función del balastro:

El balastro está constituido de grava de río, o de piedra triturada. Tiene por objeto repartir sobre el piso del túnel los esfuerzos y cargas transmitidas por el material rodante, y de oponerse al desplazamiento de la vía.

Debido a los asentamientos que se producen en la Cd, de México y a los movimientos sísmicos; se hace necesaria la utilización del balasto que soporta directamente la vía por medio de los durmientes, ya que este permite nivelaciones periódicas de la vía.

La capa de balasto utilizada, tiene un espesor variable en las curvas, debido a las sobre-elevaciones, aunque en línea recta generalmente tiene un espesor más o menos constante (de 40 a 45 centímetros) bajo los durmientes.

e).- Los durmientes.

Los durmientes ordinarios soportan cargas que se desarrollan en las pistas de rodamiento y rieles de seguridad y a su vez las transmisiones al balasto.

Ciertos durmientes soportan además a los aisladores de las barras guía, siendo diferentes de los ordinarios.

Los durmientes se fabrican de azobe (madera africana), se maquinan por el ancho de una de sus caras (cajeado) donde se coloca el riel y la pista de rodamiento y los durmientes que soportan los aisladores llevan un maquinado adicional donde se coloca el soporte lateral del aislador (ranuras conocidas por media luna)

f).- Los aisladores de barra guía

Existen dos tipos de aisladores:

a).- Los aisladores spaulding de poliéster armado de fibra de vidrio. Sus dimensiones son: 341 mm. De alto; 225 mm. De ancho y 286 mm. De largo.

b).- Los aisladores Sediver, se componen de dos partes metálicas aisladas por una campana de vidrio color verde oscuro. De altura miden 341 mm., 225 mm. De ancho y de largo 225 mm.

Los aisladores se colocan sobre zoclos metálicos de bridas laterales y se fijan por medio de 4 tornillos por su base. El zoclo se coloca de manera que las cuñas metálicas montadas en los extremos de los husillos, entren en las aberturas previstas para ello en las puntas de las bridas. El zoclo descansa entonces sobre el durmiente por el relieve que se encuentra en su parte inferior, insertándose en las ranura correspondiente (media luna), que le queda reservada en la cabeza del durmiente.

El zoclo se fija por medio de un tornillo pasado, de la cara superior a través del durmiente, hasta la cuerda de la pieza colocada en la base de éste, llamada "candelero".

El conjunto así obtenido es capaz de absorber los esfuerzos laterales, principalmente en curvas.

En vía corriente, en las vías de talleres, en tramos rectos y en las curvas de radio superior a 360 m., la distancia entre aisladores es de 3m.

En vía corriente de radio inferior a 360 m. La distancia entre aisladores se reduce a 1.80 m., más o menos.

Los aisladores de vidrio, están colocados en el área de los andenes, como medida preventiva y por su apariencia. En las zonas neutras y crucetas de aparato también son instaladas.

## La señalización.

### Finalidad:

Las señales sirven para garantizar la seguridad en la marcha de los trenes.

### Ordenes Transmitidas:

1. Al personal de los trenes, las ordenes de puesta en marcha, reducción de velocidad, paros e indicaciones relativas al destino o itinerario a seguir.
2. Entre los diferentes agentes, de comunicación relativas al servicio de los trenes

### Importancia de la señalización:

La importancia de la señalización queda de manifiesto por el hecho de que de la observancia de ella y del estricto apego a sus preceptos y reglamentos, depende la seguridad de la marcha de los trenes, la del público usuario, la del personal y las instalaciones fijas.

### Clasificación de las señales

Las señales se clasifican en:

**Señales Fijas.**

**Señales móviles**

**Señales de trenes.**

\*cada una de estas se subdivide en ópticas y acústicas.

### Señales de espaciamiento.

Las señales de espaciamiento sirven para mantener un espacio de seguridad entre los trenes que circulan sobre una misma vía, en el sentido de la circulación.

Las señales de espaciamiento son semáforos y están formados por dos, tres o cuatro lentes dispuestos generalmente en forma superpuesta o yuxtapuesta.

Estas lentes son de forma circular, pudiendo encontrarlas en color verde, rojo o amarilla. Además fuera del bloque que forma el semáforo, existe una lente más pequeña de forma circular, que normalmente se debe encontrar encendida, presentando una luz blanca; ésta recibe el nombre de lámpara piloto, que tiene como finalidad el poder identificar la ubicación de una señal cuando los lentes del bloque eventualmente se apaguen.

Las señales de espaciamiento son designadas con los nombres siguientes:

- I.- Señal de entrada, para las señales ubicadas a la entrada de las estaciones.
- II.- Señal de salida, para las señales ubicadas a la salida de las estaciones.
- III.- Señal intermediaria, para las señales ubicadas en las interestaciones

## Funcionamiento de las señales de espaciamento.

El funcionamiento de las señales de espaciamento es automático.

Los rieles de rodamiento (riel de Seguridad y pista de rodamiento) son seccionados para formar los circuitos de vía (C.D.V.) y deben considerarse de una junta aislante a la siguiente, luego entonces, los circuitos de vía están separados de sus adyacentes por medio de juntas aislantes. Los circuitos de vía están alimentados con corriente alterna por su extremo delantero. Su relevador de vía, ubicado en los locales técnicos de señalización, se encuentra:

Excitado en ausencia de tren en el circuito de vía (C.D.V. libre)

Desexcitado en el caso contrario (C.D.V. ocupado)

Los contactos de los relevadores permiten establecer las conexiones para el funcionamiento de las señales de espaciamento.

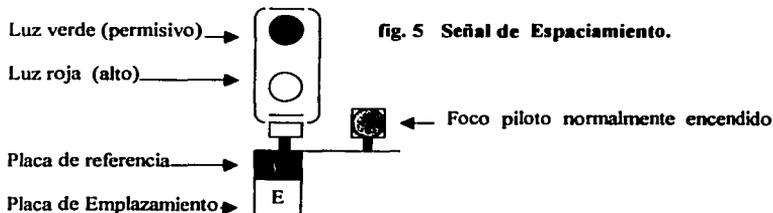
Una señal de espaciamento se pone al alto cuando la primera escobilla de tierra del tren o el primer par de ruedas metálicas de un vehículo ruedan sobre los rieles pertenecientes al circuito de vía correspondiente.

En principio, una señal de espaciamento permanece al alto hasta que los dos circuitos de vía de adelante se encuentran liberados.

De esta manera, sobre las vías principales, un tren está normalmente protegido por dos señales de espaciamento al alto. Sin embargo, en la terminal y en ciertas estaciones donde pueden efectuarse maniobras de cambio de vía, la protección puede estar limitada a una señal al alto, precedida de una señal de entrada permisible "EP" al amarillo.

En todas la vías equipadas para el Pilotage Automático existe un dispositivo denominado "Control de Puente" que verifica el funcionamiento de los circuitos de vía, controlando sucesivamente su ocupación y liberación secuencial.

Este dispositivo consta, para cada circuito de vía, de una memoria que debe ser inicializada. Esta inicialización es automática, antes del inicio del servicio, mediante un contactor horario; debe confirmarse manualmente para cada vía desde el P.C.C. o el P.M.L. antes de la salida del primer tren mediante el accionamiento de un botón.



## Material Rodante Sobre Neumáticos.

Tipos de carros.

M	Motriz con cabina
N	Motriz sin cabina
R y PR	Remolque

Formación de un tren (9 carros)

M	R	N	N	PR	N	N	R	M
---	---	---	---	----	---	---	---	---

Procedencia y modelos de los trenes.

PROCEDENCIA	MODELO
Francesa	MP-68, MP-68R, y MP-82
Mexicana	NM-73, NM-73B, NM-73C, NM-79, NM83A y NM-83B
Canadiense	NC-82
Española	NE-92

Dimensión de los carros (en metros)

Descripción	M	N	R
Longitud entre enganches	17.18	16.18	16.18
Altura riel a techo	3.60	3.60	3.60
Altura piso a techo	2.40	2.40	2.40
Ancho exterior	2.50	2.50	2.50

Pesos de los carros (En kilogramos)

Modelos: MP-68, MP-68R y NM-73 (A, B)	M	N	R
Peso Vacío	27,300	26,400	19,830
Peso a 4/4 de carga	39,200	38,300	31,730
Peso a 5/4 de carga	42,175	41,275	34,705

Modelos: NM-79, NC-82, MP-82 Y NM-83 (A Y B)	M	N	R
Peso vacío	28,660	27,910	20,770
Peso a 4/4 de carga	40,560	39,810	32,670
Peso a 5/4 de carga	43,535	42,785	35,645

Modelos: NE-92	M	N	R
Peso vacío	30,829	29,181	21,912
Peso a 4/4 de carga	42,729	41,081	33,812
Peso a 5/4 de carga	45,704	44,056	36,787

Carrocería.

Elementos principales.

ELEMENTOS PRINCIPALES	M	N	R ó RP
Puertas de servicio	8	8	8
Puertas de intercomunicación	2	2	2
Ventanas	6	6	6
Asientos dobles	12	12	12
Asientos sencillos	14	15	15
Ventiladores(*)	7	7	7
Palancas de emergencia	10	8	8
Lámparas de alumbrado	24	24	24
Lámparas de emergencia	6	6	6
Escaleras de emergencia	1	1	1
Pasamanos	6	6	6

(\*) En el material MP-68 y NM-73 (A y B), solo se cuenta con dos ventiladores y dos rejillas de distribución.

Carretillas (Bogies)

Existen dos por carro y tienen la función motora y de soporte de la carrocería y se integra por los siguientes:

Elementos principales

ELEMENTO	POR BOGIE	M	N	R ó PR
BASTIDOR	1	2	2	2
MOTORES ELÉCTRICOS TRACCION	2	4	4	
PUENTE DIFERENCIAL	1	2	2	
NEUMÁTICOS PORTADORES	4	8	8	8
NEUMÁTICOS GUIA	4	8	8	8
RUEDAS DE SEGURIDAD (ACERO)	4	8	8	8
SISTEMA DE FRENADO	4	8	8	8
ZAPATAS DE FRENADO	8	16	16	16
ESCOBILLAS POSITIVAS	2	4	4	
ESCOBILLAS NEGATIVAS		2	2	
ESCOBILLAS DE TIERRA		2	2	4

Rueda de Seguridad: De acero según Norma R7uic812-3.

CONCEPTO	DIMENSIONES EN MILIMETROS
DIÁMETRO DE CEJA	1,024
DIÁMETRO DE TABLA DE RODAMIENTO	880
ANCHO	130

**Sistema de Frenado:** Se efectúa por medio de las zapatas accionadas sobre cada rueda de seguridad por un cilindro de freno a una presión máxima de 4.5 Bar que corresponde al freno de seguridad.

**Zapatas de Freno:**

**Material:** Madera de fresno, abedul o haya blanca; impregnada con aceite de cacahuete y sal de oxileno.

**Escobillas Positivas, Negativas y de Tierra:**

**Material:** Carbón coqueado.

**Sistemas de Tracción Frenado.**

**Descripción de los sistemas:**

**JH (Jeumont Heydman):** Dispositivo electromecánico del control reostático de los motores en tracción y frenado dinámico (reostático).

**JHR(Permite frenado eléctrico regenerativo):** Dispositivo electromecánico del control reostático de los motores en la fase de tracción y frenado regenerativo.

**CHOPPER (Convertidor de corriente CC/CC):** Dispositivo de control de la fase de tracción mediante semiconductores de potencia. Cuenta con frenado regenerativo y reostático.

Todos estos sistemas complementan su sistema de frenado con el uso del frenado neumático.

**Sistemas por modelo de tren.**

<b>SISTEMA</b>	<b>MODELOS DE TREN</b>
<b>JH</b>	<b>MP-68, MP-68R, y NM-73A</b>
<b>JHR</b>	<b>NM-73B</b>
<b>CHOPPER</b>	<b>NM-79, MP-82, NM-83A, NM-83B, NC-82 y NE-92</b>

## Material Rodante Sobre Ruedas Férreas.

Características generales.

Tipos de carros.

M	Motriz con cabina
N	Motriz si cabina
R y PR	Remolque

Formación de un tren (6 Carros)

M	R	N	N	PR	M
---	---	---	---	----	---

Procedencia y modelos de los trenes.

PROCEDENCIA	MODELO
Mexicana	FM-86

Dimensiones de los carros (en metros)

DESCRIPCIÓN	M	N	R
Longitud entre enganches	17.18	16.18	16.18
Altura riel a techo	3.60	3.60	3.60
Altura piso a techo (exterior)	2.40	2.40	2.40
Ancho exterior	2.50	2.50	2.50

Pesos de los carros (en kilogramos)

DESCRIPCION	M	N	R
Peso Vacío	28,244	28,364	20,754
Peso a 4/4 de carga	40,144	40,264	32,654
Peso a 5/4 de carga	43,119	43,239	35,629

Capacidad de los carros (en kilogramos)

DESCRIPCION	M	N	R
Pasajeros sentados	38	39	39
Pasajeros de pie	132	131	131
Total	170	170	170

Parque Vehicular.

MODELO	M	N	R
FM	40	40	40

## Carretillas (Bogies)

Existen dos por carro y tienen la función motora y de soporte de la carrocería y se integran por:  
Elementos Principales.

ELEMENTO	POR BOGIE	M	N	R ó PR
BASTIDOR	1	2	2	2
MOTORES ELÉCTRICOS DE TRACCIÓN	2	4	4	
REDUCTORES	2	4	4	
RUEDAS DE ACERO	4	8	8	8
SISTEMAS DE FRENADO	2	4	4	4
BALATAS DE COMPOSICIÓN	4	8	8	8
ESCOBILLAS DE RETORNO	2	4	4	

## Características de los elementos principales.

Motores eléctricos de tracción: Transforman la energía eléctrica en movimiento. Son de corriente directa, autoventilados.

## Motores de tracción (características)

MODELO DE TREN	CAPACIDAD			
	REGIMEN CONTINUO		REGIMEN HORARIO	
	KW	HP	KW	HP
FM-86	128	172	138	185

## Rueda de Acero.

Diámetro de caja: 888 mm.

Diámetro de tabla de rodamiento: 860 mm.

Ancho: 130 mm.

Material: Monoblock de acero. Norma UIC812-3

Sistema de Frenado: Se efectúa por medio de discos con balatas de material compuesto a una presión máxima de 4.5 Bar que corresponden al frenado de Urgencia

# S A C E M.

Este sistema es un control en la marcha de los trenes, que en los modos de conducción Pilotage Automático y Conducción manual Controlada, permite la circulación de los trenes con distancias de separación cortas y con plena seguridad.

## Sistema de Ayuda a la Conducción a la Explotación y al Mantenimiento

### **Ayuda a la conducción.**

Mediante la teleseñalización (visucab) ubicada en el pupitre de conducción, toda la información restrictiva, se visualiza lo más tarde posible, pero con la anticipación necesaria para no sorprender al conductor y este en condiciones de detener el tren con el tiempo suficiente. La información permisiva, se visualiza lo más pronto, con el fin de aprovechar la liberación de los circuitos de vía (CDV) delanteros y la marcha de los trenes sea más fluida en toda la línea.

El sistema determina la información de la señalización en tiempo real considerando para ello:

- Velocidad objetivo.
- La distancia objetivo.
- Las características del tren, Tracción, Frenado y su longitud.

Con esta ayuda, el conductor puede concentrarse en la vigilancia general de la marcha del tren en estaciones como en interestaciones, delegando al sistema, el control de seguridad.

### Ayuda a la explotación. (Operación)

En principio, asegura la circulación en la marcha de los trenes, es decir:

- Vigila el control de separación de los trenes.
- La detención en el punto normal de paro en estaciones y en los diferentes puntos meta, como son señales cerradas, límites de maniobra en terminales, servicios provisionales, etc.
- Garantiza la apertura de puertas del lado correcto del andén con plena seguridad.
- Mantiene un control continuo de energía mediante un cálculo cíclico cada 312 milisegundos con el objeto de garantizar que la energía cinética y potencial puede ser absorbida por las fuerzas de frenado del tren. De esta manera es posible ajustarse a las restricciones de velocidad adelante del tren, como son:
  - Detención en el punto normal de paro de las estaciones.
  - Ajuste de velocidad en zonas de ILV e IVA
  - Sección tapón
  - Límites de maniobra
  - Acercamiento a señales cerradas
  - Etc.

Las anteriores funciones las desempeña el verdadero núcleo del sistema de seguridad, llamado **Automatic train protection (ATP)**

- Garantiza el mejor rendimiento de acuerdo a las características de la línea y el material rodante

No siendo ésta última, una función de seguridad, queda a cargo del **Automatic train operación (ATO)**, el cual adquiere la información emitida por el **ATP** y las ordenes de regulación para efectuar el control automático óptimo en el movimiento del tren (tracción y frenado)

**Ayuda al mantenimiento.**

El mantenimiento de los trenes se ve facilitado por la modularidad de los equipos y la vigilancia continua de los equipos fijos y embarcados, sobre salen entre ellas:

- El DAM (dispositivo de ayuda al mantenimiento) el cual proporciona un informe de señalización de averías.
- El registro embarcado a bordo de cada tren, cuya capacidad de almacenamiento es de 40 averías.
- El registro fijo, ubicado en alguna estación clave de la línea. , En el cual se depositan todas y cada una de las averías registradas por los trenes en circulación de manera automática al paso del tren por este punto a través de la antena vía retorno a la baliza DAM y de ésta al local técnico donde se encuentra la computadora.

De esta manera se tiene un parámetro del comportamiento del sistema SACEM durante la marcha de los trenes a fin de establecer un diagnóstico diferente.

- Equipo de prueba portátil (computadora Toshiba) la cual se utiliza para observar el comportamiento del equipo y la posible falla de averías con el tren en servicio.

# AYUDA AL MANTENIMIENTO

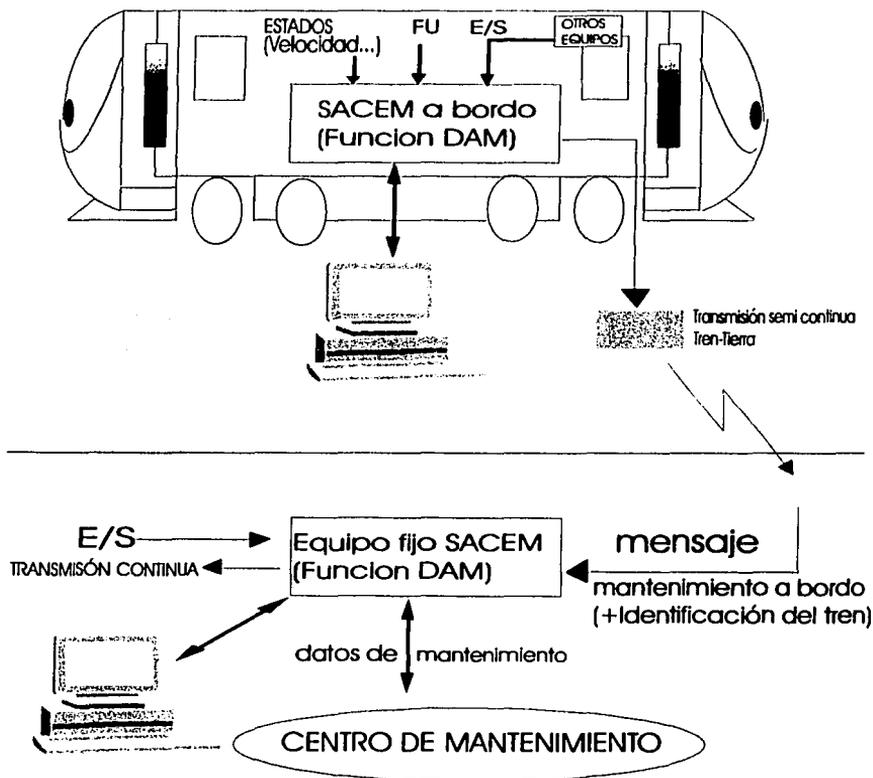


fig.6 Ayuda al Mantenimiento.

## 2. - Principio de Operación.

SACEM es un sistema basado en transmisión que emplea el Principio de la distancia objetivo, además de que cuenta con el ATP (Automatic Train Protection), cuya función principal es transmitir a los trenes la información que se encuentra en la s vías para calcular la velocidad-distancia de seguridad; asimismo, el ATO ( Automatic Train Operation) optimiza el tiempo de viaje, minimiza el consumo de energía y maneja pequeñas demoras de manera automática a través de sus algoritmos, sin tener que introducir sistemas de transmisión adicionales; Es decir, que el ATO lo único que tiene que hacer es "escuchar" la línea, integrándose de esta forma al ATP.

Este principio permite la instalación progresiva del SACEM en una línea del metro sin necesidad de interrumpir su operación. Con el fin de incrementar la capacidad de transporte de una línea de metro con infraestructura constante, es conveniente reducir el intervalo de operación. Ahora bien, el intervalo crítico de una línea prácticamente se encuentra determinado por el intervalo en una de las estaciones, que debe tomar en cuenta los tiempos de llegada a la estación y de salida. Para incrementar la frecuencia de salida de trenes, SACEM utiliza una división más fina del tramo de estación, de tal manera que el tren pueda entrar incluso antes de que el anterior haya salido totalmente de la estación (Fig. 7)

Principio del subcantonamiento ó subdivisión en la estación  
Velocidad tope

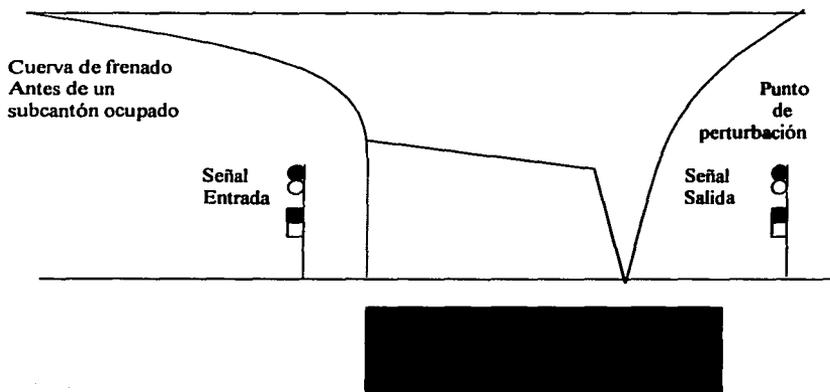


fig.7 División en Tramo.

### Control continuo de la velocidad (CSC)

Tiene como objeto el garantizar la distancia entre los trenes con toda seguridad, y la protección de las zonas de maniobra. Se activa sin intervención del conductor cuando el tren entra en una zona equipada con SACEM.

El control de velocidad (Fig. 8) procesa en tiempo real la información procedente de la línea (estado de las señales, tramos, cambios de vía) y del tren (longitud, características de frenado y velocidad) Verificando permanentemente si el tren puede circular con toda seguridad, es decir, si respeta el próximo punto de parada o de reducción de velocidad.

#### Señalización en cabina y anulación de la señalización lateral.

Cuando el control de velocidad está activo, se enciende la señalización de la cabina y el tren ordena la anulación de la señalización lateral. Esta función es necesaria por la subdivisión en la estación. En efecto, con el CSC activado, un tren puede entrar en la estación aún cuando la parte posterior del tren anterior no ha salido totalmente de ésta. Sin la anulación de la señalización, esta operación equivaldría a autorizar el franqueamiento de la señal al alto, lo que resulta incompatible con las reglas de conducción vigentes.

La anulación de la señal  $S_{n+1}$  se rige por una información emitida por el tren antes de cruzar la señal  $S_n$  y sólo se vuelve efectiva cuando el tramo  $C_n$  está libre y el tren anterior se encuentra en modo SACEM.

La señalización en la cabina proporciona al conductor la información permanente de la velocidad para así garantizar la distancia entre los trenes que circulan por la zona equipada con SACEM. Esta información sustituye a la señalización lateral.

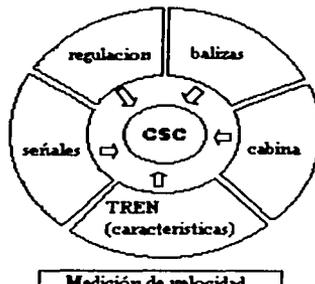


fig. 8  
Control Continuo de Velocidad.

## Elementos Constitutivos del SACEM.

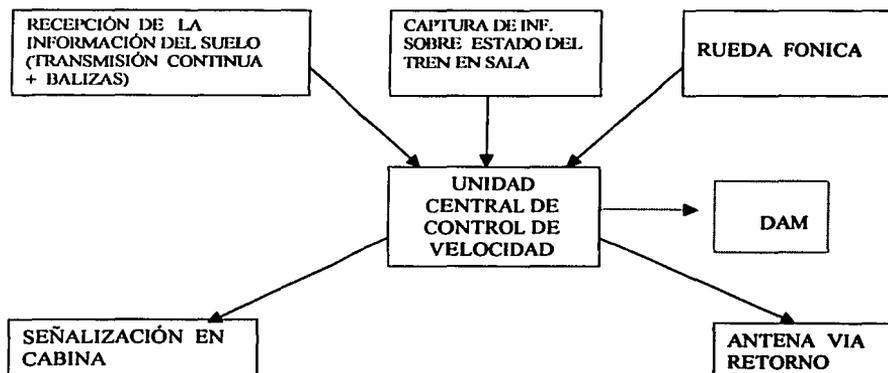
La arquitectura general de SACEM está diseñada con un concepto modular tanto desde el punto de vista técnico como del funcional. Principalmente el sistema lo integran los siguientes conjuntos:

Equipo a bordo.

La función principal que realizan los equipos a bordo, es el control de la velocidad. La arquitectura para el equipo de control de velocidad se presenta en la fig. 9 los equipos instalados a bordo del tren son los siguientes:

- Sensores de transmisión continua situados en el primer eje de la motriz con cabina en el caso de la transmisión por riel, para captar la información sobre la vía.
- Sensores de balizas puntuales que permiten iniciar e inhibir el control continuo de velocidad (CSC), así como la localización de la posición del tren.
- Antena Via/ Retorno que se encarga de la telealimentación de las balizas pasivas así como de la transmisión de las órdenes de anulación de la señalización lateral.
- Rueda fónica que da al CSC la medición de recorrido, localización en balizas puntuales.
- Interfaces especiales acordes con estas antenas y sensores
- Unidad central de control de velocidad que consta de una tarjeta microprocesadora ( 680 XX); Una tarjeta de control dinámico que verifica el funcionamiento del microprocesador, tarjetas de entrada y de salida de seguridad.
- En el caso de integrar un dispositivo de ayuda para el mantenimiento (DAM), los equipos de procesamiento y de transmisión se instalan a bordo del tren.

fig. 9 Arquitectura para el equipo a bordo.



A continuación se describe la ubicación y función de los equipos utilizados para la interacción Tierra/Tren, para la explotación del sistema SACEM.

#### Sensores de transmisión continua (CT):

Estos sensores se encuentran instalados en los carros motores con cabina (M) en ambos extremos tras el barrepistas

Su función está dirigida a leer la información de la transmisión continua inyectada en los rieles de la vía, con el objeto de situar al tren en las condiciones de circulación de los tramos por recorrer (35 KHz Por vía uno y 40 KHz Por vía dos)

#### Señalización visual en la cabina (AFF):

El AFF o visucab, es un dispositivo de teleseñalización instalado en la cabina de conductor, sobre el velocímetro, se compone de una matriz de 512 LEDs (16 X 32), dividida en tres zonas;

1. Zona de velocidad objetivo, en ellas se presentan dos dígitos del 0 al 9, enmarcados de acuerdo a la velocidad autorizada en el tramo por recorrer, cuando la velocidad es igual o inferior, el marco se presenta en color verde, y cuando se sobrepasa, se presenta en color naranja acompañado de una sonorización de un segundo.

Otro aspecto restrictivo en la velocidad se presenta cuando el tren se acerca a una señal cerrada o DBO establecido en la estación por arribar.

2. Zona de modo de conducción; en ella se presentan las letras iniciales de color verde del modo conducción seleccionado por la llave "C". PA, (CMC o MAV)
3. Zona de señalizaciones; en ellas se presentan seis señales en color rojo con las siguientes leyendas:

P.A. fuera de servicio.  
 CMC fuera de servicio.  
 Silec fuera de servicio.  
 Franq silec.  
 No salida.  
 T DAM fuera de servicio.

Asimismo en el modo de conducción C.M.C. se presenta una sonorización de un segundo a todo cambio restrictivo de la velocidad, de tal manera de atraer la atención del Conductor, y esta pueda ajustar la velocidad objetivo. Esta sonorización es continua en caso de FU, hasta que se detenga el tren, o desaparezca el FU.

#### Botón de Vigilancia (VG):

Es un botón de color amarillo instalado sobre el pupitre de conducción, lado izquierdo, (Junto a AR1)

su función está dirigida a inhibir el bloqueo del tren, lo cual se señala en forma de un triángulo rojo en el lugar de la velocidad objetivo, permitir franquear señales de alto, DBO y puntos meta en caso de los límites de maniobra (LM) en servicios provisionales, sólo en CMC.

**Antena vía retorno (AN):**

Se localiza en la parte inferior, al centro del carro PR, detrás de la primer carretilla portadora.

El canal de retorno permite asegurar el enlace de seguridad semicontinuo entre el tren y la tierra, se dice que es semicontinuo, en el sentido de que pueden recibir únicamente en algunas porciones determinadas de al vía (ubicación de baliza)

Esta antena está formada por dos bobinas para adquirir las señales de las balizas. Una vez que detecta la baliza, una parte electrónica del TVR (unidad de canal de retorno) dá forma a las señales, las amplifica y filtra proporcionando los resultados al calculador ATP

La potencia emitida por la antena (140KHz) también tiene la función de alimentar las balizas de relocalización al paso de los trenes.

**Sensores de baliza silec (CBS):**

Estos sensores se ubican bajo el remolque PR delante de la segunda carretilla portadora, ligeramente a los costados, sobre su cara se encuentra inscrita una flecha, que indica de acuerdo al sentido de marcha del tren, cual es el sensor activo (lado derecho)

Su función está dirigida a captar las frecuencias emitidas por las balizas silec asociadas a las señales De maniobra, F1 y F2 las cuales dan origen a las salidas S1 y S2 traducidas en el aspecto permisivo de la señal y la velocidad autorizada en el tramo, 15 ó 35 Km/h, de acuerdo a la ubicación del tren.

**Rueda Fónica (RPh):**

Se localiza en al primer carretilla portadora del remolque FPR montada en el extremo en el extremo izquierdo del segundo eje, el cual se debe encontrar libre y sin posibilidad de que se aplique el freno de estacionamiento. Está formado por un disco impulsado por el eje del remolque, varios sensores fijos permiten contar los dientes en su desplazamiento, determinando el sentido de giro y la detección de errores.

Esta rueda dentada suministra la información a la computadora SACEM y a la central taquimétrica del tren, el cálculo de la posición, velocidad, aceleración y determina la distancia recorrida permitiendo la localización del tren.

De igual manera permite iniciar el tren en el espacio de 19.20 m. De las balizas de inicialización.

## Equipo distribuido en tierra o fijo.

La arquitectura en tierra se distribuye a lo largo de la línea, siguiendo una división en sectores (ver fig.10). Estos se dimensionan con el fin de adaptarse al división de la señalización existente. Cada sector está conectado con el PCC para contar con las funciones de regulación y de mantenimiento, el PCC también se comunica con los sectores adyacentes para emitir las órdenes de anulación de las señales.

El equipo en la estación se encargada de capturar y procesar la información procedente de la señalización, además de generar los mensajes para el tren; por consiguiente consta de:

- Tarjeta de entrada de seguridad que capta el estado de la señalización.
- Una computadora que efectúa el procesamiento.
- Elementos de amplificación para la transmisión tierra-tren.

El equipo en la línea está dedicado a las transmisiones tierra-tren e integra, por consiguiente, a todos los equipos mezcladores, amplificadores y de filtro de señales.

### Transmisión tierra-tren

La transmisión de información entre los equipos a bordo y los equipos fijos se realiza en dos niveles.

-Puntualmente por medio de balizas (inicialización, localización)

-De manera continua a través del riel o dispositivos equivalente. Este equipo constituye la base del sistema SACEM.

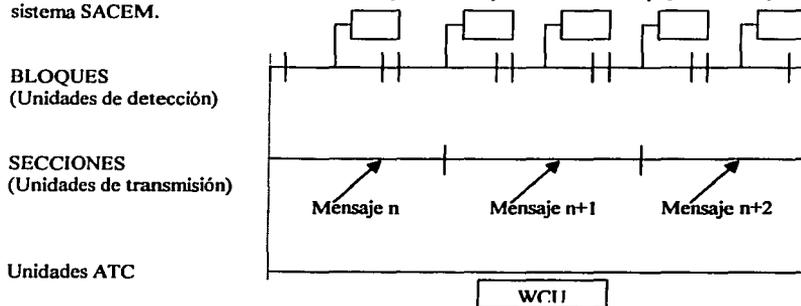


fig. 10  
Equipo Distribuido en tierra o fijo.

## **Balizas.**

Para que un tren pueda ubicarse en un punto dentro de la geografía de la línea, requiere tener puntos de referencia, estos; son las balizas.

Las balizas son unos tapetes ubicados al centro de las vías a lo largo de la línea y cuyos extremos están protegidos por unas piezas llamas "tiramisiles". Estas balizas permiten una transmisión puntual desde tierra al material rodante para que este pueda inicializarse o relocalizarse.

Existen tres tipos de balizas:

- SACEM
- SILEC
- DAM

### **Balizas SACEM.**

En principio existen dos tipos de balizas Sacem; **de inicialización y de relocalización.**

#### **Baliza de inicialización:**

La función de está se dirige a inicializar al vuelo a un tren que se dirige o se encuentra en una zona SACEM.

Consta de dos tapetes de aproximadamente 3m. Separados entre sí, por 19.20 m., están alimentados desde los locales técnicos de las estaciones, a través de las cajas SVM con 24 volts.

El primero de ellos, denominado INFO, contiene la información del número de canal de transmisión local y la rama del segmento en la que se encuentra ubicado.

El segundo tapete se denomina REDON (redundancia), el cual confirma al equipo embarcado, los datos emitidos por el INFO.

La distancia de 19.20 m. Entre las dos balizas. Es útil para la calibración de la rueda fónica, para ello, varios sensores fijos en el material rodante permite contar el número de dientes en este espacio, determinar el sentido de giro, errores, distancia recorrida y velocidad, gracias a su constitución, permite la lectura únicamente en un solo sentido de desplazamiento, e impide la diafonía con las vías adyacentes.

La baliza de inicialización se localiza en:

- Terminales
- Intermediarias
- Próxima al punto normal de paro
- Vía de pruebas
- Vía de enlace

### Baliza de relocalización.

Es un tapete independiente, de aproximadamente 2 metros de longitud, ubicado puntualmente en el eje de las vías y a diferencia de los de inicialización, reciben su alimentación a través de la antena vía retorno (140 KHz) al paso de los trenes en circulación.

Su función está dirigida a servir como punto de referencia para que los trenes se puedan localizar y asimismo para que la rueda fónica pueda medir la distancia recorrida de una baliza a otra, de esta manera, la rueda dentada suministra la información a la computadora SACEM y a la central taquimétrica, el cálculo de la posición, velocidad y aceleración. Se localiza en las interestaciones a una distancia de 500 metros a partir de la baliza de inicialización de las estaciones.

En caso de que alguna de estos tapetes se encuentre averiado, el tren no podrá tomarla como punto de referencia, pero puede continuar la marcha sin bloqueo, ya que tolera una distancia de 700 m. Después del sitio donde debería encontrar la baliza. Esta distancia le permite encontrar el siguiente punto, en donde la rueda fónica podrá hacer los ajustes o correcciones necesarias para que el tren continúe localizada.

En caso de que la baliza se encuentre a la entrada de todas las estaciones, esta permite transmitir al tren, en el modo de conducción PA, la ubicación del punto normal de paro con toda precisión y lograr apertura de puertas del lado correcto del andén, siempre y cuando se tenga la llave T-2 en posición SAS.

### Baliza SILEC.

Este sistema de balizas transmite el estado de la señalización en las zonas no equipadas con SACEM, a cada señal se asocia una baliza en vía y un emisor en el local de señalización.

Estas balizas son imanes permanentes de aproximadamente 0.30 x 0.40 m. Instalados ligeramente a un costado del eje de las vías y cuenta con una antena para poder emitir dos frecuencias (F1 y F2) las cuales procesan información en base al voltaje recibido (0-72 volts) designadas S1 y S2, donde la primer frecuencia F2 ordena una salida permisiva S1, y la frecuencia F1 indica la velocidad autorizada S2 (15 o 35 Km/h)

De esta manera se presentan tres casos:

1. los sensores detectan la baliza sola: Las dos señales S1 y S2 son restrictivas, señal cerrada.
2. los sensores detectan la baliza y la frecuencia F2: La señal es permisiva y puede rebasar a 15 Km/h., S1, es permisiva.
3. Los sensores detectan la baliza y la frecuencia F1: La señal es permisiva y se puede avanzar a 35 Km/h: S1 y S2 son permisivas ( este efecto se presenta sólo en fronteras SACEM-SILEC)

El imán y su sensor asociado en el material rodante, se orienta en el sentido de tránsito, de tal manera que el sistema pueda ser explotado en ambos sentidos, para ello, en el PR se instalan dos sensores, de los cuales sólo el del lado derecho, en relación al sentido de circulación está activo.

Ubicación de balizas SILEC.

- Nave de garage y peine de acceso.
- Vías 1 y 2 de talleres
- Vía de pruebas y CDV de acceso a ella
- Vía "Z"
- Vía de Enlace.

**Baliza DAM.**

Es un tapete de aproximadamente 5 m. De longitud, instalado en el eje de la vía en algunas estaciones a la altura del PR.

Su función está dirigida a enlazar los mensajes de transmisión Tren/Tierra, proporcionando la información de la falla y de avería llamada "señalizaciones" que permite tener un diagnóstico diferido del o los módulos averiados y del comportamiento en general del equipo fijo y embarcado.

El DAM embarcado es un sistema cuya fuente de detección está integrada al ATP, modulo que siempre está presente a bordo. Emite continuamente las últimas 20 fallas o averías que memoriza en un buffer rotatorio de 40 mensajes.

Estos mensajes se emiten hacia la tierra (baliza DAM) por la antena vía retorno, los equipos fijos restituyen estos mensajes en su enlace de registro, de manera que la información DAM se logra recuperar conectando un registrador (microcalculador)

Cada mensaje contiene:

La fecha de aparición de la falla o avería.

La abscisa de localización y la rama, de ser posible.

El código de la falla de avería.

Las características de cada falla o avería.

A cada explotación completa de los 20 mensajes, un mensaje de sincronización especial define:

La fecha actual de transmisión.

El número del tren.

La abscisa de localización y la rama, de ser posible.

El DAM embarcado utiliza la información que recibe de los distintos módulos (TKV, TAC, TVR, TAL, y TPA) Por medio de enlaces en serie o por interfases de medición específicas, cuando esto es necesario (voltaje de alimentación, información sobre los trenes)

En el origen de la información, se distinguen las siguientes señalizaciones a las cuales se asocian información complementaria que permite emitir un diagnóstico en el momento del análisis:

Falla de rueda fónica.

Falla de balizas.

Fallas de transmisión continua.

Fallas del material rodante.

Fallas de los enlaces en serie.

Fallas del voltaje de alimentación.

Averías de la rueda fónica.

Averías de la antena vía retorno.

Averías del sensor de transmisión continua.

Averías del visucab.

Averías del ATO.

Puesta ATP fuera de servicio.

Puesta de visucab fuera de servicio.

Ausencia de activación en una zona equipada.

FU debido al ATO.

FU debido al ATP.

FU debido a los Conductores.

### Transmisión Continua:

Tiene a su cargo la comunicación permanente entre los trenes y las instalaciones fijas. El soporte de transmisión desarrollado inicialmente para línea a del RER es el propio riel, pero es posible utilizar un cable de amplio espectro.

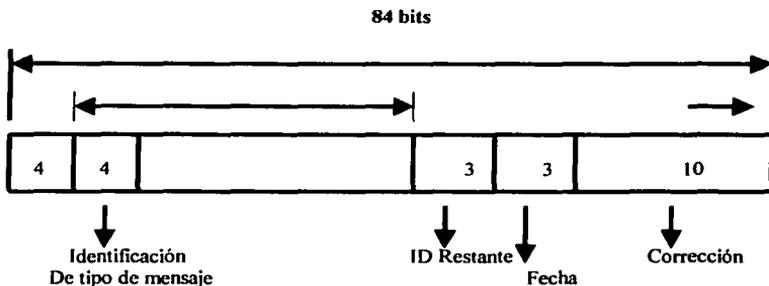
### Descantonamiento de la transmisión.

La transmisión continua tierra-Tren tiene como objetivo indicar al tren la descripción de la zona hacia la que se dirige, con suficiente anticipación para no alterar su funcionamiento en los cambios de zona. Por este motivo, en un tramo de señalización se describe el o los tramos adyacentes y la transmisión en este caso se llama "descantonada".

La unidad de transmisión SACEM es un tramo constituido por varias subdivisiones o cantones. Los mensajes transmitidos a los trenes en el tramo N lo describe en su totalidad, así como el principio del tramo N+1, llamado zona adelantada, la longitud de un tramo de transmisión se dimensiona a través de un número máximo de elementos (señales, cambios de vía, etc.)

La transmisión tierra-tren es digital, de 250 bits/seg. Es posible incrementar la velocidad de esta transmisión hasta 500 bits/seg. Para niveles más elevados de eficiencia. Los mensajes transmitidos a los trenes están constituidos por elementos de 80 bits precedidos por 4 bits de encabezado para la sincronización (fig.11). Se distinguen fundamentalmente 4 tipos de mensajes que describen a el tramo y la zona adelantada:

- Las constantes de operación; posición de los cambios de vía, rampas puntos normales, cadenamientos, inicio y fin de las estaciones, velocidades límite, itinerarios.
- Las variables que dependen de la marcha de los trenes, como son estado de los circuitos de vía, condiciones de las señales, cambios de vía, velocidades, etc.
- Las modificaciones que permiten la alteración temporal de las constantes, por ejemplo, reducción de velocidad por obras.
- Los mensajes de reconfiguración que permiten advertir al tren antes de que entre en una zona con fallas.



**fig.11**  
**Mensajes Transmitidos.**

Por otro parte, los trenes emiten mensajes hacia el suelo (mensajes vía retorno) para dar la orden de anulación de la señal lateral.

La trama de fondo de la transmisión continua está constituida por (fig.12) invariantes que constan de 2 a 8 elementos entre los cuales se deslizan los mensajes de la variantes en cuanto hay un estado y por lo menos una vez por segundo (refrescamiento)

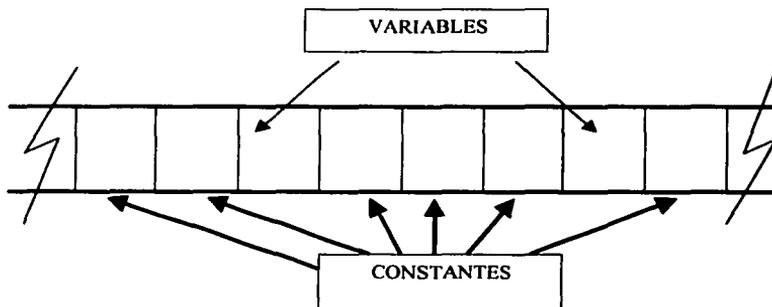


fig.12  
Transmisión Continua.

## Principio de funcionamiento de SACEM.

Cuando el tren sale de la zona de garage, verifica la información procesada de la rueda fónica (codigo sentido de marcha conforme con la cabina activa). Si estos controles resultan correctos, el sistema entra en espera de una baliza de inicialización.

### Paso de una baliza de inicialización (inicialización al vuelo)

Una baliza de inicialización consta de un par de balizas puntuales codificadas y separadas a una distancia fija de 19,20 m.

La primera baliza proporciona:

- El número de canal de transmisión que permite conmutar el receptor a borde a la frecuencia de emisión del tramo de transmisión Suelo-Tren.
- La posición geográfica de la baliza dentro del sistema de detección de distancia.

El sistema inicializa provisionalmente la fuente de localización y le agrega la medición de recorrido que proporciona la rueda fónica.

El paso por la segunda baliza permite controlar la información de la primera y la calibración de la medición de recorrido (corrección de error inducido por el desgaste de la s ruedas)

Para activar el control de velocidad (KVC) y la señalización en la cabina, basta con que el sistema encuentre su localización de acuerdo con las invariantes del tramo.

Si el tren no encuentra su localización en las invariantes, el KVC no se activa y habrá que esperar la próxima baliza de inicialización.

### Relocalización de los trenes.

Para no tener las desviaciones de la medición de recorrido, es necesario relocalizar periódicamente la ubicación por medio de las balizas instaladas regularmente a lo largo de la vía. Su posición forma parte de las invariantes transmitidas al tren.

Las balizas de relocalización son balizas pasivas cortas instaladas por pares; después de cruzar la primer baliza, el sistema espera la siguiente dentro de una "ventana" predefinida.

- Si se obtiene la lectura de la segunda baliza antes del inicio de la ventana (recorrido medio inferior al recorrido real), el error está en el sentido erróneo y el sistema activa un FU y desactiva el KCV
- Si la lectura de la segunda aparece en la ventana, hay una relocalización.
- Si no aparece la lectura de la segunda baliza en la ventana, el error está en el sentido correcto, pero el sistema no tolera esta configuración más de dos veces consecutivas.

### Control de velocidad y control de energía.

El sistema ya está inicializado, el control de velocidad activado la señalización en cabina prendida y la señalización anulada.

Para un control seguro de todo momento y en cualquier punto de marcha del tren, la computadora a bordo cumple con dos funciones principales.

### El control de velocidad (KCV).

El sistema verifica permanentemente que la medición de la velocidad (desviación de la medición de recorrido) real corresponde al polígono de velocidades (fig.13) definido por la limitación más restrictiva de las que siguen:

- La velocidad límite local ( por ejemplo, curva) que forma parte de las invariantes o de las modificaciones temporales.
- La velocidad máxima autorizada para el tipo de tren considerado.
- La velocidad tope impuesta para ciertos modos de conducción específicos (CMP).

Si la medición de la velocidad real rebasa ( con una tolerancia) los límites del polígono, se activa un frenado de urgencia.

### El control de energía (KCW).

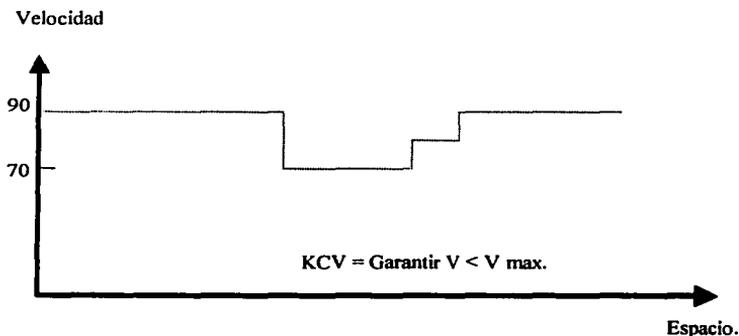
La función de control de energía (KCW) constituye el meollo de la inteligencia del sistema a borde, dado que garantiza el cumplimiento de los puntos de parada y de las limitaciones de velocidad.

La energía mecánica  $W_m$  del tren se define como la suma de su energía cinética  $W_c$  proporcional al cuadrado de su velocidad y de su energía potencial  $W_p$  proporcional al desnivel entre el tren y un punto de referencia.

A partir de la información localización y de los mensajes recibidos del suelo (invariantes y variantes), el sistema calcula la distancia que separa la parte delantera del tren de un punto meta, definido como la limitación la más restrictiva hacia atrás, es decir:

- Un punto de parada.
- Una restricción de velocidad límite (invariantes o modificación temporal).
- Un extremo de segmento a la salida de la zona operativa SACEM. La computadora a borde evalúa el valor de la energía mecánica del punto meta a partir de la, posición del punto en desnivelación y de velocidad meta ( en el caso de un punto de parada,  $W_m$  es igual a la energía potencial  $W_p$ ).

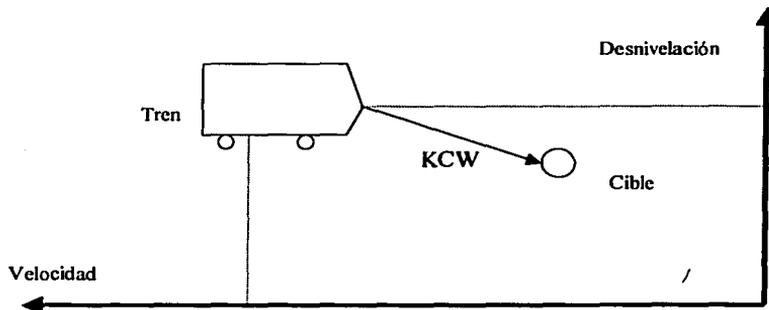
fig.13 Polígono de Velocidades.



A partir de esta información, el KCW verifica (fig.14) que la energía que pueda disipar el frenado en la distancia que separa el tren de su meta sea superior a la diferencia entre  $W_m$  (tren) y  $W_m$  (meta).

En caso contrario, se activara el frenado de urgencia.

fig. 14 Principio del control de energía.



#### Señalización en cabina.

El módulo de señalización en cabina rige la visualización de instrucciones al conductor y su refrescamiento ( cada 300m. aproximadamente)

La velocidad que aparece es la más restrictiva de los siguientes valores:

- Velocidad de activación del frenado de servicio (control de energía)
- Velocidad de consigna permitida calculada a partir de la velocidad real del tren y del tiempo de conmutación entre los modos tracción y frenado.
- Velocidad de entrada a la estación que optimice el intervalo en hora pico.

Cuando está activa la señalización en cabina, el tren ordena la anulación de las señales a través de la antena vía retorno.

#### Salida de una zona SACEM.

La salida de una zona equipada se realiza a través de una baliza situada en ángulo recto de una señal lateral no anulada. Con el fin de lograr una transición suave entre el modo KCV y el modo no controlado, el control permanece activo hasta la señal de salida de la zona tomada en cuenta, el estado de la siguiente señal o el extremo del último segmento conocido.

El sistema entra en espera de una nueva baliza de inicialización.

## Principios de seguridad de SACEM.

La definición general de seguridad en un sistema de transporte es la de garantizar que cualquier falla o combinación de fallas siempre conduzca al sistema , hacia un estado restrictivo (por ejemplo, paro del tren)

El sistema SACEM es uno de los primeros sistemas en utilizar un microprocesador dentro de las cadenas de procesamientos de seguridad. El principio general es el de un procesador único asociado a una codificación aritmética de la información y los procesamientos.

La arquitectura general (fig. 15) está basada en un microprocesador 680XX y las principales funciones son:

- La codificación de las entradas intrínsecas procedentes de los sensores (señalización)
- El procesamiento codificado de la información
- La codificación de las salidas (orden de freno)

Codificación de las entradas intrínsecas.

La conversión de las entradas intrínsecas procedentes de los sensores (estado de un cantón, de un cambio de vía) en los valores codificados se realiza con una tarjeta diseñada en seguridad intrínseca.

Las entradas intrínsecas pueden presentar dos estados:

1. Si la entrada está en un estado de autorización, se elabora un valor codificado de acuerdo con un código predeterminado.
2. Si la entrada está en un estado restrictivo, el valor no corresponde a un código predeterminado y el procesador lo considera restrictivo.

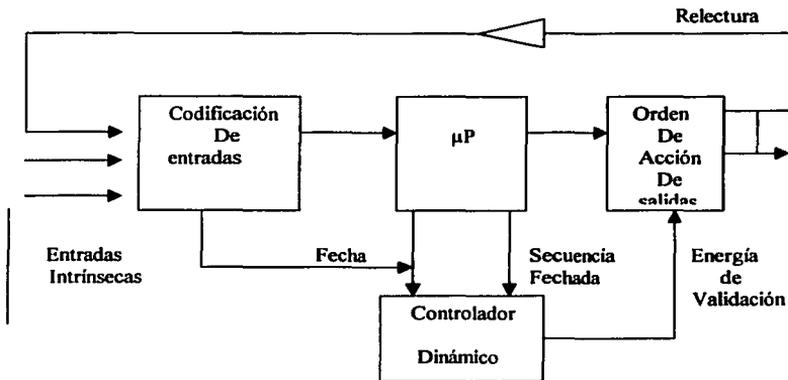
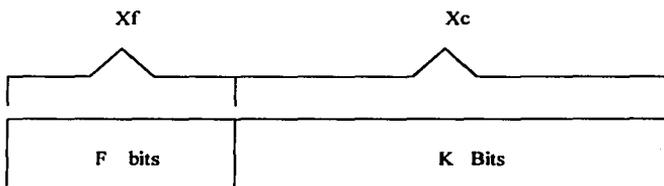


fig.15 Arquitectura del procesador codificado.

En el caso de una transición de estado de la entrada durante la fase de codificación (20 a 100 m), el valor codificado resultante se considera restrictivo. Únicamente una entrada que permanezca en el estado alto durante todo el tiempo de la codificación se declarará autorizado. Los valores codificados de las entradas intrínsecas se fechan antes de ser procesadas por el microprocesador

El principio general del código SACEM está basado en la relación que existe entre un dato y su código. La probabilidad de no detectar un error es de  $\frac{1}{2^k}$ , donde k es la longitud de la palabra de control.

fig.16 Estructura de una información codificada.



#### Procesamiento codificado de la información.

El microprocesador recibe los valores codificados de las entradas y efectúa el procesamiento simultáneo de las partes funcionales y controles de la información (fig.17)

El microprocesador elabora las salidas funcionales no codificadas, destinadas a las órdenes de las acciones de salida, así como una secuencia calculada que tome en cuenta las partes controles de las salidas. Esta secuencia llamada "Firma" caracteriza el ciclo de procesamiento desde su inicialización. SE le proporciona al controlador dinámico que verifica la coherencia con una secuencia predefinida con la ayuda de una herramienta informática y característica del programa.

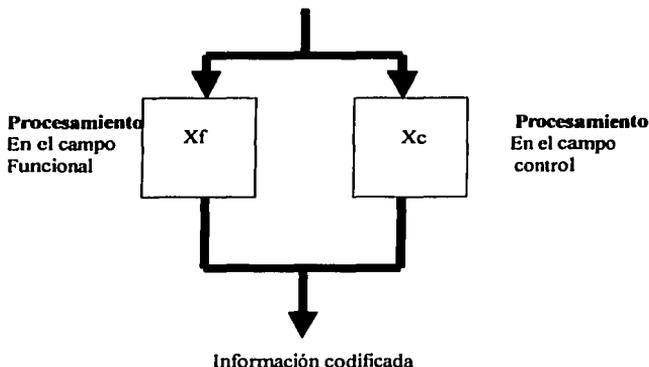
#### Descodificación de las salidas.

Las salidas procesadas del microprocesador que están destinadas a actuar sobre los accionadores (freno. Orden de anulación de las señales) se convierten en seguridad intrínseca.

Destacan principalmente dos tipos de salidas de seguridad:

- Las salidas de autorización que no requieren de control particular porque no pueden conducir a estados no seguros.
- Las salidas restrictivas (accionamiento del FU, anulación de las señales) que se releen, antes de actuar sobre los accionadores. Esta operación de relectura, permite garantizar con seguridad, que un estado restrictivo del microprocesador correspondiente a un estado restrictivo de la orden del accionador.

fig. 17 Procesamiento codificado.



### El software SACEM.

Una de las principales innovaciones de SACEM es la realización del conjunto de funciones por medio del procesamiento programado en microprocesador.

Los softwares de SACEM se distribuyen en dos familias principales:

- *Los softwares de seguridad* ofrecen un nivel de seguridad por lo menos equivalente al que ofrecen los sistemas de seguridad intrínseca. Estos softwares están destinados a ser ejecutados por el procesador codificado, lo que provoca un aumento sensible del volumen de código por procesador. En SACEM hay dos softwares de seguridad
  - El software a bordo (10 000 líneas) cuya función principal es el control de velocidad (KCV).
  - El software Suelo 86 líneas) que tiene a su cargo toda la captura de la señalización (semáforos, CDV, Cambios de vía) y la constitución de los mensajes de validación.
- *Los software funcionales* han sido diseñados para ofrecer un alto nivel de confiabilidad. Para dar un ejemplo, estos softwares se utilizan para la señalización en cabina y requieren de un esfuerzo sensiblemente reducido en comparación con los softwares de seguridad con bromosas fases de validación.

## Arquitectura del SACEM.

El SACEM está basado sobre dos principios fundamentales:

Un calculador abordo que permite efectuar cálculos de distancia de paro con relación al tipo de material rodante (caso de línea operando con diferente tipo de material) con lo que se optimiza al máximo la operación de la línea.

La utilización de un solo procesador en el cual los tratamientos de información se realiza en forma codificada y dan lugar a una verificación cíclica de código correspondiente.

Lo anterior permite tener:

1. Una independencia a nivel de la tecnología utilizada
2. Un soporte de transmisión insensible a los efectos de diafonía (tipo de transmisión muy variado, riel radio, cable, etc.)

Una supresión muy importante sobre la instalación fija en la vía.

En el caso de México éstas características permitieron desarrollar el proyecto, estudios, adaptación e instalación en 12 meses, lo que representa a nivel de la realización un record.

Concepción.

La concepción de sistema SACEM tomó, desde su definición para los criterios de mantenimiento, las siguientes premisas:

- Tener equipos de mantenimiento integrados y optimizados (siempre de utilización)
- Cuadernos prestablecidos de consignas y procedimientos de mantenimiento.
- Mejorar la disponibilidad operativa.

Mejorar la durabilidad de la seguridad del sistema, así como la homogeneidad del comportamiento en el tiempo. (poco intervención del hombre)

Lo anterior permite a las cuadrillas de mantenimiento de desligarse de las tareas repetitivas y así dedicarse a las de seguimiento de análisis de estadísticas, para realizar mantenimiento preventivo, sin estar esperando la falla para efectuar la reparación como se hacía con los equipos de tecnología de los años "60" y "70"

Nueva filosofía operativa.

SACEM, con sus posibilidades, permite desligarse de la sección tapón y señalización lateral clásica, reduciendo de esta forma el intervalo operativo y el costo del proyecto con un nivel de seguridad por lo menos igual al actual. En el caso de México se seguirá utilizando sección tapón y señalización lateral pero en el futuro se podrá optimizar e integrar los sistemas.

# ARQUITECTURA GENERAL SACEM

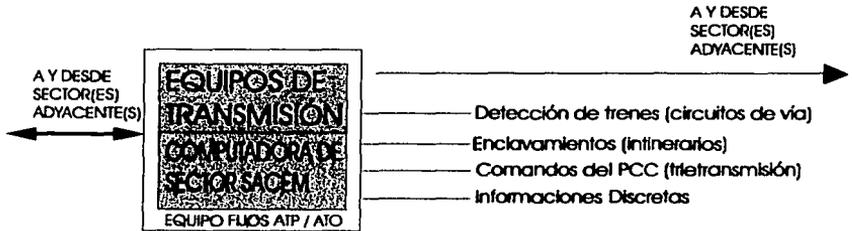
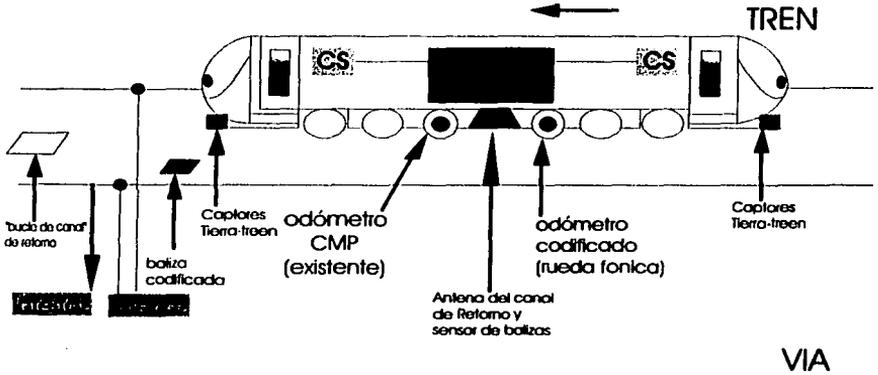


fig. 18  
Arquitectura SACEM

## Descripción del Conjunto.

Constitución del sistema.

Este sistema fue concebido en una forma modular, funcional y técnica, la cual utiliza de manera muy amplia procesos programados.

El Equipo embarcado concebido a base de un microprocesador y su programación recibiendo:

- Informaciones necesarias sobre las vías.
- Ciertos estados del tren ( sentido de marcha, longitud del tren, etc.) así como la medida de espacio obtenida por la rueda fónica.

Entregando:

- Al conductor las indicaciones necesarias a la conducción manual controlada.
- Al tren una información permanente que si desaparece, debido a un control de condiciones anormales o de una falta provocada el FU.
- Al tren informaciones necesarias a la conducción automática.

Equipo fijo.

Un equipo fijo por sector (teniendo similitud con el equipo embarcado) que tiene enlace con los sectores adyacentes, los equipos de señalización y los equipos de vías.

Sistema de transmisión.

- Entre el suelo y el tren

1. Transmisión continua de seguridad entre los rieles, que son el medio de emisión y los captore asociados sobre los trenes.
2. Transmisión puntual de seguridad entre las balizas y la antena asociada sobre los trenes, mediante inducción magnética generada por el propio tren, para ciertas balizas.

-Entre el tren y la vía.

1. Transmisión puntual, dicha "vía de retorno", entre una antena sobre el tren y una baliza de recepción en cada terminal para información de mantenimiento.

Corte geográfico e identificación del SACEM.

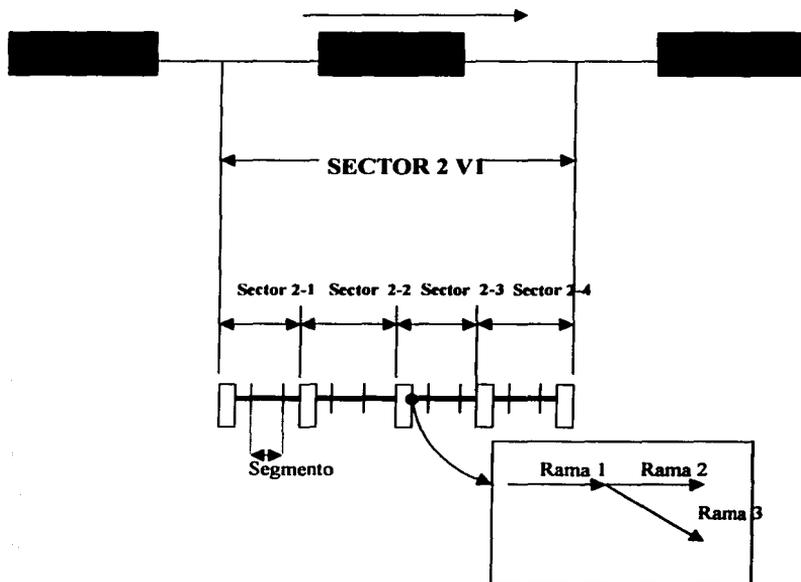
El equipo fijo del sistema tiene, además de la división natural de la señalización, cuatro divisiones propias:

1. El corte en sector correspondiente a la zona controlada pro cada armario, es ligado a la cantidad de los tratamientos necesarios sobre cada sector y a la capacidad de tratamiento de información del armario.
2. El corte en tramo de transmisión que resulta del límite de velocidad de la transmisión continua, via tren por los rieles

3. El corte en segmento con longitud limitada por el número de mensajes necesarios para escribir las singularidades (invariantes y sobretodo variantes)
4. El corte en rama ligado al número de divergencias que tiene un segmento dado.

Las diferentes ramas y segmentos están ligadas entre ellos de tal manera que se crea un sistema de identificación orientado, que se aplica al conjunto de la línea, a fin de poder leer la información en el sentido de circulación de cada vía. (ver fig.19)

fig.19  
Sistema de identificación orientado.



# SACEM: DIVISIÓN DE LA LÍNEA

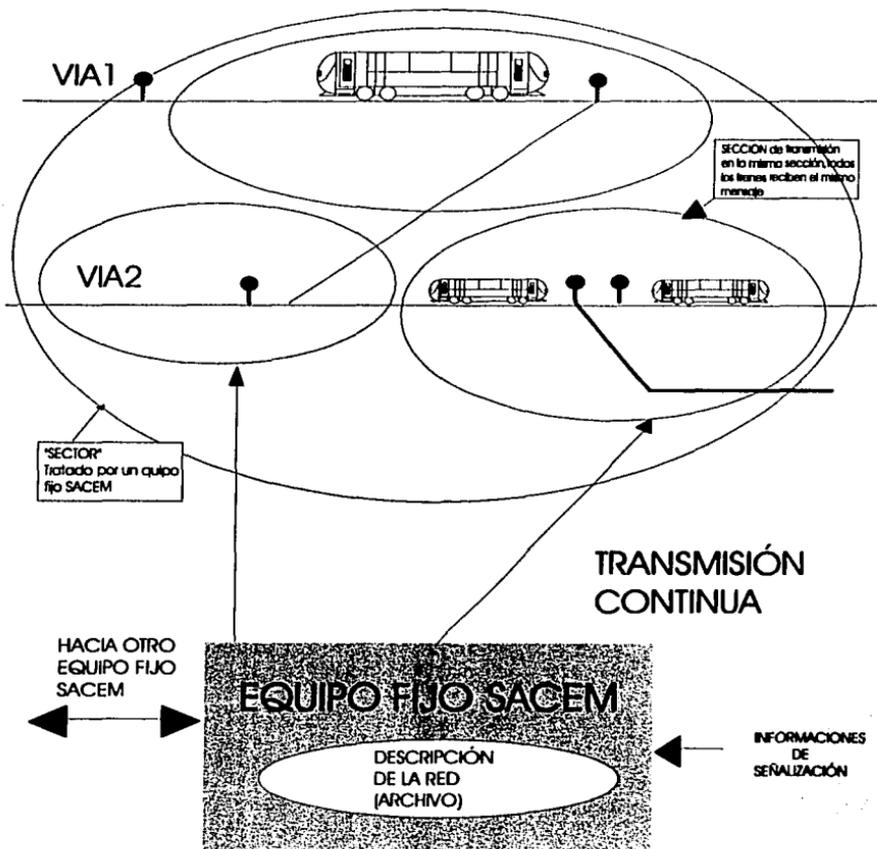


fig.20 División de la Línea.

## Información transmitida a los trenes.

Las informaciones transmitidas a los trenes, por medio del enlace continuo “vía tren” por rieles son de 5 tipos:

### Tipos de información.

#### 1. Invariantes seguitarios.

Dan la descripción de la línea y están organizados de la misma manera que los segmentos (a cada segmento corresponde un mensaje de los invariantes), las informaciones describen la totalidad de las particularidades fijas, como son:

- Límite de cortes, anteriormente descritos.
- Límite de CDV.
- Descripción del perfil de la vía con sus cambios de valores a partir de los puntos de referencia
- Velocidad límite.
- Localización de balizas.

#### 2. Invariantes no seguitarios.

Dan informaciones necesarias para el desarrollo de las funciones del pilotage automático y de la regulación (informaciones sobre las rutas restablecidas a los trenes)

#### 3. Modificaciones temporales.

En caso de obra se puede modificar de manera las características de velocidad. Las informaciones de límite de velocidad en los mensajes independientes, llamado esto modificaciones temporales (estos mismos tienen el número de la versión de los invariantes)

#### 4. Variantes Seguitarios.

Dan el estado de las señalizaciones e itinerarios, así como de las velocidades conmutables. Estas informaciones son reunidas en un solo mensaje por tramo de transmisión.

#### 5. Variantes no seguitarios.

Esencialmente dan información sobre el punto de entrada y salida en zona SACEM para la conducción automática.

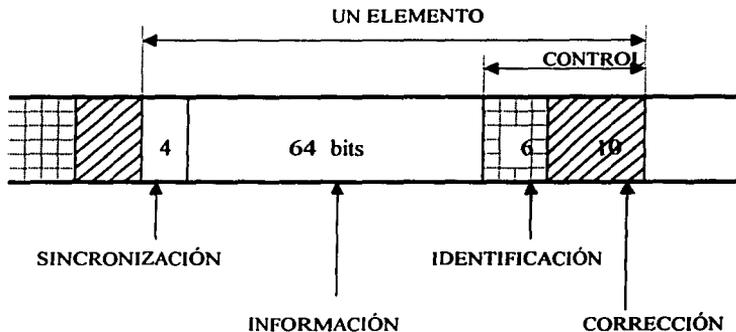
### Principios de emisión sobre un tramo.

La transmisión se efectúa por paquete de información elemental en 80 bits útiles más 4 al inicio para la sincronización (ver fig.21)

“Un elemento no es interrumpible”. Los mensajes de variantes son transmitidos en prioridad con relación a los invariantes, un elemento variante puede intercalarse entre 2 elementos invariantes. Los mensajes invariantes son emitidos por ciclos y constituyen una tarea cotidiana de la transmisión. Los mensajes de variantes son transmitidos por ciclo o inmediatamente en caso de cambio de estado (señal, control, aguja)

Un mensaje largo de invariante seguitarios describe un segmento que puede tener hasta ocho elementos de 84 bits, cuyo  $8 \times 64 = 512$  bits de descripción., (Ver fig. 22)

fig. 21 Transmisión por Paquete.

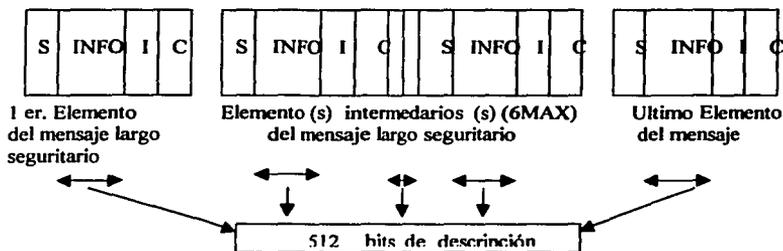


FLUJO DE TRANSMISIÓN POR BIT = 4 MILISEGUNDOS

250 bits POR SEGUNDO = 250 BAUDS

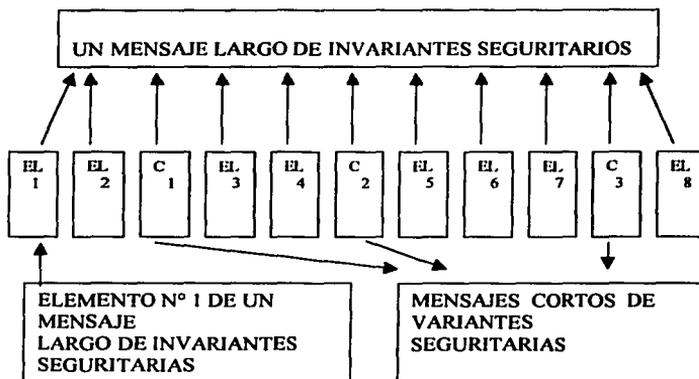
SEGÚN ELEMENTO DE 84 bits EN 336 MS

fig. 22 Mensaje Largo



Transmisión de mensajes securitarios que se “deslizan” entre un mensaje de invariantes. (Ver fig. 23)

fig. 23 Transmisión de Mensaje.



Principio y funcionamiento del sistema.

Enseguida se describe de una manera simplificada, el funcionamiento general del SACEM, siguiendo la progresión de un tren desde su encendido. (Ver fig. 24)

Encendido del tren.

El SACEM es el alimentado en permanencia desde que el tren está encendido.

Durante su encendido el SACEM embarcado efectúa ciertos autocontroles internos de buen funcionamiento, cuando este procedimiento resulta bien, el sistema se pone en espera.

Salida del tren.

Cuando el tren inicia su marcha, el sistema recibe información de la rueda fónica para su control:

- Código correcto.
- Sentido de marcha conforme a la cabina activa.

Si estos son los correctos, el sistema espera leer una baliza de inicialización. Continuando estos controles con la rueda fónica.

Lectura de una baliza de inicialización.

Una baliza de inicialización tiene en realidad dos balizas codificadas, separadas una de otra 19.20 metros, están alimentadas con sus propias fuentes de alimentación.

Primer baliza (información)

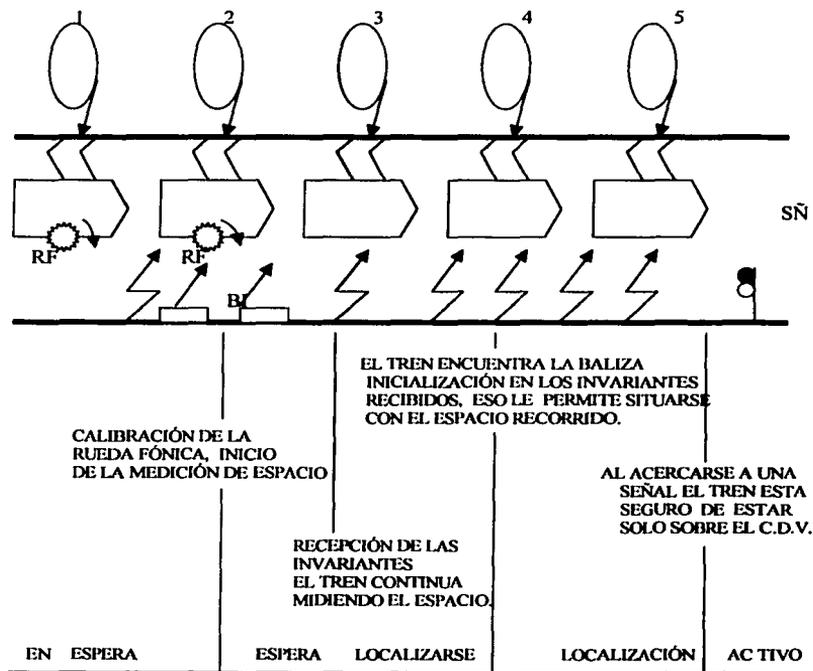
La primer baliza entrega:

El numero de canal de transmisión (35 KHz. Para la vía uno y 40 KHz. Para la vía dos), que permite conmutar el receptor embarcado sobre la frecuencia de emisión del tramo de transmisión vía tren local.

La posición geográfica de la baliza en su referencia de espacio en la línea.

El sistema inicializa provisionalmente la localización y la incrementa por la medida de desplazamiento del paso del tren.

fig. 24 Progresión de SACEM.



BI = BALIZA DE INICIALIZACIÓN  
 RF = RUEDA FÓNICA  
 SN = SEÑALIZACIÓN

### Segunda baliza (validación).

La lectura de la segunda baliza, permite el control de las informaciones de la primera baliza (función de validación), y calibra la medida de distancia (correcciones al nivel del desgaste de la rueda).

Para que el control de velocidad esté activo será necesario:

Que el sistema reciba y reconozca por la transmisión vía-tren continua, todas las descripciones del segmento informacional, cuya baliza marque la entrada sobre este segmento.

Que el sistema verifique que el tren está solo sobre el segmento, con el control de proximidad de una señal.

A fin de no acumular errores de medida de espacio, es necesario volver a localizar periódicamente el tren, por esta razón, las balizas cortas de inducción magnética llamadas de localización están dispuestas cada 500 metros a lo largo de la vía. Sus posiciones hacen parte de las invariantes.

Desde el franqueamiento de dicha baliza el sistema espera la siguiente dentro de una ventana prefijada, cuando la encuentra comparara su propio cálculo con la posición real.

- Si la baliza es captada antes de lo previsto el sistema lo interpreta como error y manda un FU, con o que el SACEM se desactiva.
- Si la baliza es captada dentro de los límites esperados el tren se vuelve a localizar
- Si la baliza es captada en el límite crítico posterior de lo previsto, el error no es sancionado, pero el sistema no tolerará otro error en la próxima baliza.

### Control de velocidad.

El control en seguridad de la marcha de los trenes es efectuado con respecto a la velocidad máxima autorizada, al punto donde se encuentra el tren y con respecto a la distancia libre hasta el primer obstáculo.

La comparación es efectuada entre la velocidad real del tren, elaborada a partir de las informaciones de la rueda fónica y las velocidades impuestas por:

- 1.- El valor local de la velocidad limitada, dada por los invariantes.
- 2.- La velocidad límite local eventual, entregada por el mensaje de modificación temporal.

Para asegurar la coherencia entre la visualización en cabina y el control de velocidad, la comparación toma en cuenta la velocidad de consigna inscrita en la pantalla (aunque no sea una información de seguridad). En caso de rebasar uno de los límites impuestos, se activara el freno de urgencia.

### Control de espaciamiento.

A cada ciclo de tratamiento ( alrededor de 300 milisegundos), el sistema verifica que la distancia de disminución de velocidad en FU sea inferior a la distancia libre con respecto al primer punto objetivo adelante, calculada en el ciclo precedente.

### Distancia de objetivo.

A partir de la información de localización, de los invariantes y variantes recibidos de la vía, el sistema define la distancia que separa la cabeza del tren al punto objetivo más restrictivo delante de él, que puede ser:

- Un punto de paro.
- Una restricción de velocidad límite.
- Una extremidad de segmento en la salida de la zona operacional en SACEM (En zona límite de operación SACEM).

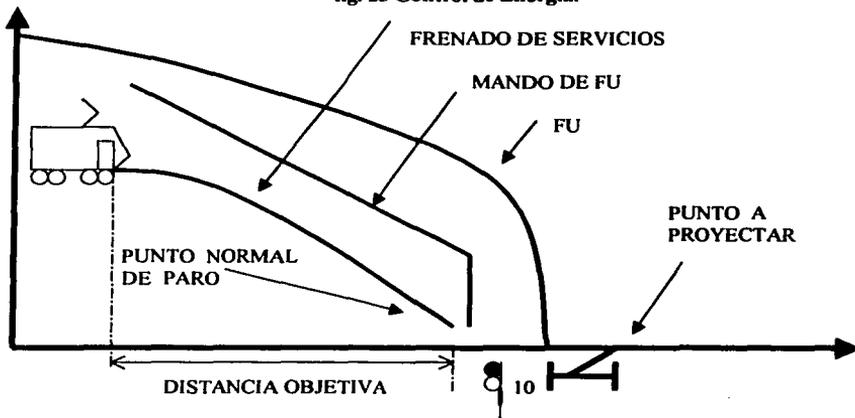
El sistema asocia la velocidad objetiva del punto objetivo a la distancia objetiva (cuando se trate de un punto de paro, está velocidad es nula).

### Distancia máxima de disminución en FU.

Conociendo:

- 1.- La velocidad real del tren.
  - 2.- La velocidad objetiva.
  - 3.- La pendiente adelante.
  - 4.- La característica del tren ( Masa en carga normal, desaceleración garantizada y tiempo de respuesta del FU), el SACEM controla que la energía cinética y potencial del tren sea realmente inferior a la que puede ser compensada por el "FU" sobre una distancia igual a la distancia objetiva. En el caso contrario, se manda el "FU".
- En este cálculo se tomó en cuenta el retraso introducido por los tratamientos en 2 ciclos sucesivos, que se suman a la respuesta del "FU". (ver fig. 25)

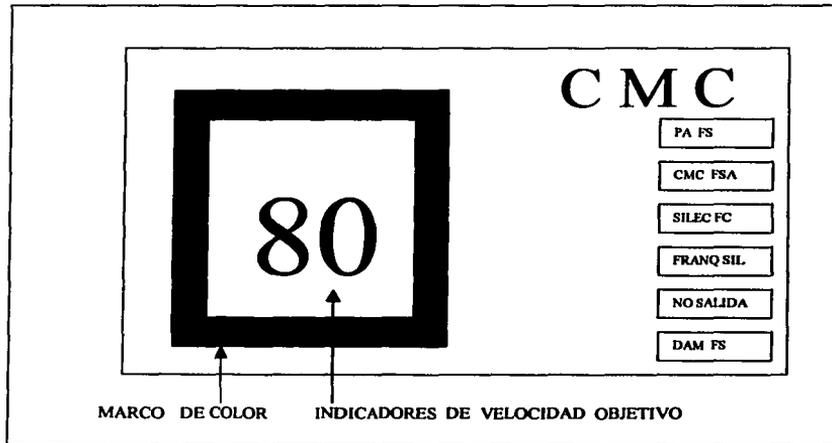
fig. 25 Control de Energía.



## Visualización en cabina.

Este modulo permite la visualización en cabina de las informaciones necesarias en los modos de conducción manual (Marcha a la vista; MAV y conducción manual controlada). La pantalla presenta información del tipo, "color y velocidad" en un lado e indicación del modo de conducción del otro lado. Además se presentan señalizaciones de equipo en fallas. (6 en total). (ver figura 26)

fig. 26 Visualizador de Cabina.



Las diferentes indicaciones presentadas para la visualización en cabina son:

1.- En conducción manual controlada (CMC).

\*Marco Verde + Velocidad.

La vía es libre y el tren puede circular hasta la velocidad indicada en la pantalla.

\*Marco Amarillo + Velocidad Máxima.

El tren alcanza la velocidad objetivo y tiene que mantenerse en está.

\*Marco amarillo + 30 Km/h.

El tren debe frenar hasta el umbral de 30 Km/h. Con el fin de respetar el punto de paro.

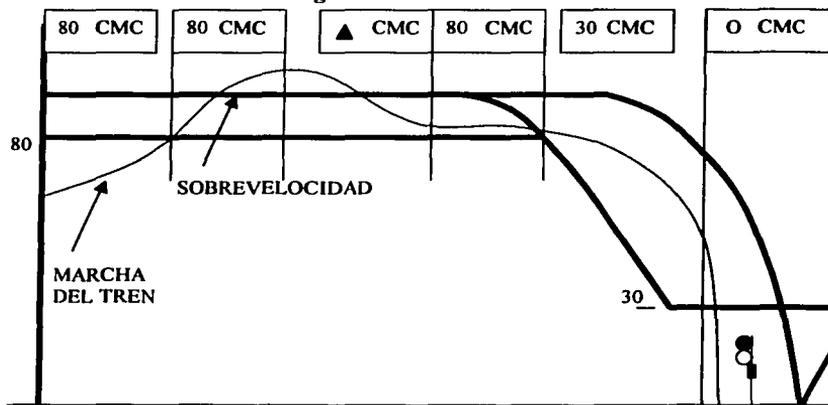
\*Velocidad cero sin marco.

El tren tiene velocidad inferior a 30 Km/h. Y debe detenerse.

\*Triángulo rojo sin marco.

El tren se encuentra en sobrevelocidad, el SACEM mandó un "FU" (ver fig. 27).

fig. 27 Sobrevelocidad del Tren.



2.- El pilotage automático (PA) y en marcha a la vista (MAV), no hay indicación de velocidad ni tampoco de color.

Salida en SACEM.

A fin de asegurar la continuidad, el control de velocidad queda activado hasta el franqueamiento de la señal de salida de zona, tomando en cuenta el estado libre del CDV de adelante o de la extremidad del último segmento.

Transmisión Tren -Vía.

El dispositivo de ayuda al mantenimiento, (DAM) emite continuamente las 20 últimas fallas que memoriza en una reserva de 40. En cada punto estratégico (llegada a la terminal), por ejemplo se implanta una baliza de recepción que recibe el mensaje "DAM" emitido por cada tren, por medio de la transmisión tren-vía.

Los equipos fijos restituyen estos mensajes, cada uno de éstos tiene:

- Fecha de aparición del defecto o falla.
- Su localización en espacio.
- El código del defecto o falla.
- Las informaciones características de cada defecto o falla.

Al fin de cada lote de mensajes aparece un mensaje especial de sincronización que tiene:

- 1.- La fecha de transmisión.
- 2.- El número de tren.
- 3.- La localización del defecto en espacio.

Esta función del DAM permite además de su diagnóstico para localizarse la falla, tener un archivo de datos que servirán para elaborar estadísticas de operación y funcionamiento de los equipos SACEM. Así se tendrá de manera constante el estado real del SACEM esto es esencialmente durante la fase de prueba de granita del sistema, así como para su duración en el tiempo.

### **Innovaciones tecnológicas.**

Monoprocesador codificado de seguridad.

El principio adoptado para el SACEM para garantizar la seguridad de las informaciones, cualesquiera que sean las causas de alteración, es de codificar esta información.

Para evitar modificación de códigos sucesivos, desde la toma de información y su tratamiento, hasta su transmisión y su tratamiento final, un solo código fue objetivo de seguridad de  $10^{-11}$  por hora (número de fallas en contra de la seguridad por hora por equipo, es la incidencia de falla).

Elección del tipo de código.

Una información es caracterizada por un valor, una identidad y una fecha de validez. El código adoptado debe entonces asegurar la protección de estas tres características a lo largo del proceso y tratamiento de las informaciones.

Potencia del código.

Supongamos que la información numérica útil está contenida en un campo de "N" Bits. La codificación consistirá en agregar "K" bits de redundancia para formar una palabra codificada de "M" bits tal que:

$$M = N + K$$

Hay entonces  $2^n$  palabras que pertenecen al código y  $(2^{n+k} - 2^n)$  palabras que no pertenecen al código. La palabra que pertenece al código sea tomada en lugar de otra (probablemente de no detección de error), es entonces:

$$P = \frac{1}{2} k$$

Así para obtener una probabilidad de  $10^{-11}$  es necesario que K 40 bits.

Protección del valor del código.

Para que el código sea compatible con el conjunto de las operaciones algorítmicas es un código aritmético que fue elegido tal que todo valor "X", sea presentado por:

$$X = A * x$$

"A", clave del código, es un número primo.

Todas las operaciones conservan la propiedad "X" múltiplo de "A" por el contrario los errores de cálculo son detectados por pérdidas de la divisibilidad por "A".

Protección de la identidad.

En caso de error de dirección, es posible de tomar una variable  $Y = A^*$  y en lugar de  $X = A^*x$  sin que esto sea detectado, por que "X" y "y" pertenecen al código.

Se asocia entonces a cada variable "X" un identificador entero B "X" estará entonces representado por:

$$X = A^*x + B(x)$$

Protección de la fecha.

Cuando una variable evoluciona en función del tiempo (velocidad o espacio por ejemplo), el código precedente no permite garantizar que a cada ciclo de cálculo, la variable ha tomado su nuevo valor. Cada ciclo de cálculo está entonces caracterizado por una fecha que se agregó al código de todas las informaciones variables (la fecha es cero para una constante), entonces "X" será representado por:

$$X'' = \underbrace{A * X}_{\text{VALOR}} + \underbrace{B(x)}_{\text{IDENTIDAD}} + \underbrace{D}_{\text{FECHA}}$$

$$B(x) + D < A$$

Control de validez.

El control de validez de una información resultante, se realiza por división entera por "a" en el procesador, luego se envía el resto de la división es decir  $B(x) + D$ , a un comparador de seguridad intrínseca que:

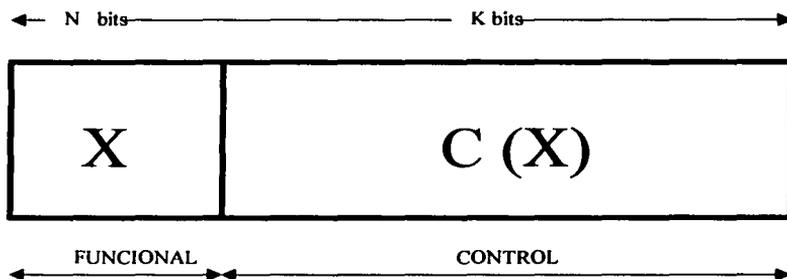
- Elimine la fecha "D" del ciclo.
- Compara la parte  $B(x)$  con el contenido de un archivo muerto, representando el valor esperado (en efecto el algoritmo siendo conocido del resto del resultado, es previsible desde la concepción).

Adaptación al tratamiento por microprocesador.

El tratamiento de palabras codificadas con un procesador tiene una capacidad limitada a 32 bits (motorola 68000), impone una puesta en formas que facilita la manipulación informática y minimiza los tiempos de cálculo.

A fin de evitar operaciones de codificación para extraer la parte funcional, la palabra codificada es presentada bajo una forma particular, que permite de aislar la parte funcional.

fig. 28  
La Representación en el Sistema Binario.

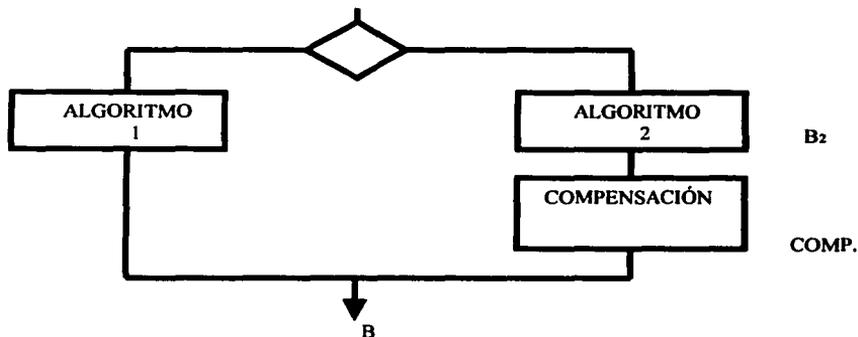


Tratamiento para la programación.

No es posible solicitar a un programador establecer una programación del sistema, tomando en cuenta la codificación y las dificultades que introduce en los tratamientos. Por eso se estableció una biblioteca de operaciones elementales, que para cada tipo de operación aritmética, booleana, de prueba, etc., contiene un subprogramador particular ya escrito una vez pro todas.

Por ejemplo el caso particular de la bifurcación debido a una prueba, ( ver figura 29)

fig. 29 Bifurcación.



Para que el resto sea previsto, es necesario identificar (b), por eso se introduce en una de las ramas una operación de compensación del resto, tal que a la convergencia tengamos:  $B = B_1 = B_2 +$  compensación.

El programador en efecto se limitará en la rama derecha (con compensación), de llamar a una operación elemental con referencia a tabla de compensación.

Una vez que el programa esté terminado, éste será sometido a una herramienta específica que se llama generador de tablas de las compensaciones, que determinará las evoluciones de los restos resultantes de las varias instrucciones, así como el valor de cada compensación y los valores de control del comparador intrínseco.

#### Herramientas para el mantenimiento.

Para la concepción y la realización del SACEM, se tomó en cuenta los criterios de mantenimiento.

La modularidad, la tecnología con microprocesadores y la existencia en los equipos mismos de los módulos "DAM", permiten con herramienta fácil, cómoda y práctica, simplificar las actas de mantenimiento.

La organización para el mantenimiento está establecida en tres criterios, los cuales son:

Mantenimiento a primer nivel.

Equipo embarcado.

Realizado en línea, en los locales técnicos o en las fosas de visita, para el material rodante, el cual consiste en localizar el módulo en falla y su cambio.

Las herramientas que permiten la localización de la falla y validar la reparación son:

#### Una computadora portátil.

Que conectada directamente al SACEM embarcado (el tren puede estar parado o en marcha), permite ver en directo y en forma continua, la emisión "DAM". Esta operación es muy cómoda para la detección de fallas fugitivas.

#### Un simulador móvil.

Disponibles en las terminales o en talleres, se conecta en serie sobre tomas previstas en el SACEM embarcado y genera secuencias de prueba, dando los datos numéricos que se transmiten normalmente de la vía al tren.

Esto permite activar las funciones de abordaje, como si marchara el tren. Circuitos de análisis de respuesta del sistema bajo prueba, dan diagnóstico y lo proporciona al operador de manera ergonómica.

Al final de la prueba una ficha de esta prueba es imprimida, al cual será utilizada en las cuadrillas del segundo nivel, para la reparación del módulo en falla.

#### Equipo fijo.

Efectuado directamente en los locales técnicos, permite de conectar una computadora portátil en tomas previstas para tal fin, en los armarios del "PA", que recibe los mensajes y que permite visualizar de una manera directa la transmisión vía-tren. La vigilancia del equipo SACEM permite además analizar las entradas de los sistemas de señalización y mando centralizado y sectores SACEM adyacentes y detectar anomalías exteriores al SACEM.

### Mantenimiento a segundo y tercer nivel.

Efectuado en los laboratorios, permite a través de un banco de pruebas de tarjetas (del tipo computadora), generar, analizar e informar claramente la función o bien el elemento en falla. Este equipo tiene como objetivo el de probar reparar y validar los equipos fijos embarcados. Esta metodología permite desligar el parámetro humano del mantenimiento, obteniéndose así homogeneidad y uniformidad en los equipos reparados. Así mismo cuenta con archivos de las reparaciones de estos equipos para su análisis estadísticos posteriores, los cuales servirán de reporte y de soporte al mantenimiento.

### Programación.

El tipo numérico de informaciones utilizadas en los equipos SACEM, permiten desarrollar o mejorar los programas elaborados en lenguaje evolucionado por los equipos mismos de mantenimiento.

Esto permite ajustar las herramientas de acuerdo a los requerimientos, sin necesidad de añadir equipos adicionales. Por último con esta herramienta se pueden establecer los mantenimientos preventivos, predictivos, cíclicos, etc. Obteniéndose con esta nueva filosofía del mantenimiento.

### Ergonomía Operativa.

La visualización en cabina, permite al conductor de acercarse a las características de la conducción automática. En efecto., con el fin de abrir el dominio de conducción del conductor, toda información restrictiva se presentara lo más tarde posible y toda información permisiva se presentara lo más pronto posible.

En particular, desde el encendido en amarillo el marco de la pantalla y la indicación de 30 KPH, el conductor debe respetar esta velocidad, efectuando lo más pronto posible un frenado de servicio, cuando la velocidad del tren sea superior a lo indicado en la pantalla.

Todo cambio de indicación que impone una reducción de velocidad, es anunciado con una alarma sonora, con la aprensión de ser sorprendida y que pueda efectuar un frenado normal, las indicaciones de disminución de velocidad o de paro se presentan suficientemente a tiempo.

## El Pilotage Automático de Línea "A"

SACEM es en sistema de ayuda a la conducción, la explotación y el mantenimiento

Este sistema lleva a cabo un control continuo sobre la mecha de los trenes, ya sea en el modo CMC (Conducción manual controlada) o PA (pilotage automático), permite la circulación de los trenes con distancia de separación cortas y con plena seguridad.

- a) Ayuda a la conducción: a través de una señalización en la cabina y por medio de un visualizador que consta de una matriz de leds (diodos electroluminiscentes), muestra los diferentes tipos de conducción (MAV, CMC y PA); indicándole al conductor visual y auditivamente, todos los cambios sobre la velocidad, es decir, aumento o disminución de ésta; además penaliza al conductor en caso de que sobrepase la velocidad indicada en el visualizador, provocando un frenado reversible y también le indica paros ante señales al rojo (CMC 00), bloqueando al tren en caso de franqueamiento.
- b) Ayuda a la explotación: seguridad, control de marcha de los trenes, separación, velocidad, energía y control de puertas.
- c) Ayuda al mantenimiento: ya que el equipo se encuentra en módulos facilitando su mantenimiento.

Tanto el sistema fijo como el embarcado cuenta con dispositivos integrados de ayuda ala mantenimiento (DAM) para el diagnostico de averias, labor que conjugada con la modularidad de este sistema eficientiza aún mas su mantenimiento.

El sistema SACEM se compone del equipo fijo y embarcado.

SACEM Equipo Fijo.

El equipo fijo consta de:

- a) Armario Calculador que se compone de las siguientes unidades.

PES: Unidad de tratamiento de las entradas de seguridad, como son: la señalización, los tipos de marcha y DBO elaborados por mandos centralizado y comandadas por PCL.  
 PCS: Unidad calculador de seguridad, donde se hace el proceso, control y validación de los mensajes que serán enviados a vías. Todo este proceso se lleva a cabo por medio de la carta CUC05B, la cual utiliza el microprocesador MC68000.

PCB: Unidad de conmutación, la cual conmuta a una segunda unidad PCS en caso necesario (no utilizada en México).

PVL: Unidad de enlace entre sectores, comunicación entre los armarios vecinos y comunicación entresuelo-tren, por medio de un canal vía retorno llamado baliza DAM (antena receptora), de la cual obtendrá información acerca de las condiciones en las que se encuentra la línea y de algunos sucesos ocurridos en el tren durante su trayecto.

PDA: Unidad del dispositivo de ayuda al mantenimiento (DAM). Encargado de la supervisión de cada una de las tarjetas que componen el armario.

b) Armario Transmisor que se compone de las siguientes unidades.

PRS: Unidad de reconfiguración de suelo encargada de efectuar la supervisión de la transmisión de mensajes enviados a los diferentes puntos de la vía.

PTC: Unidad de transmisión continua, encargada de la modulación (FSK) y amplificación de los mensajes enviados a vías.

Fuentes de alimentación: se tienen tres fuentes modulares de 24 Volts, una para la alimentación de las unidades PES, PCS, PVL y parte de PTC, la segunda para la elaboración de las entradas de seguridad y la última para alimentar exclusivamente al DAM.

Una fuente exclusiva de 72 volts para alimentar la etapa amplificadora de las tarjetas de transmisión continua.

- c) Borne de Despacho donde se encuentra el cableado de las entradas y salidas de los armarios
- d) Balizas de Inicialización mediante las cuales el tren recibe información acerca del canal de transmisión y del lugar en donde se encuentra.
- e) Balizas de Relocalización son referencias puntuales de localización absoluta y a través de éstas, el tren corrige el error de localización ocasionado por la rueda fónica.
- f) Baliza Dam es una antena receptora de vía retorno, que se encarga de recibir información histórica de los trenes, es decir balizas LOC no leídas, tipos de marcha, fallas de transmisión continua, frenado de urgencia, fallas de rueda fónica, etc. Es una interfase con el suelo-tren.

Funcionalidad.

La línea está dividida en 10 sectores y cada sector en tramos.

El equipo SACEM fijo de cada sector está encargado de enviar la transmisión continua hacia los rieles sobre:

- La descripción de la vía, es decir, donde se encuentran localizadas las balizas, la señalización, longitud del tren, autorización de apertura de puertas, punto normal de paro, etc.
- El estado de la señalización, servicios provisionales, posición de agujas, DBO y los tipos de marcha.
- Parte de la información del siguiente sector.

Equipo de Mantenimiento.

BMT y TNF (FLUKE): Se cuenta con bancos especializados donde se realiza el mantenimiento a nivel tres (sustitución de dispositivos).

El empleo de estos bancos de prueba optimiza la intervención de las tarjetas electrónicas en cuanto al factor tiempo y el diagnóstico de la misma.

El equipo BMT es un banco especializado en tarjetas analógicas o analógicas/digitales (híbridas).

El equipo TNF (Fluke) es un banco especializado en tarjetas digitales.

Estos equipos cuentan con la característica de poder visualizar la prueba que se está realizando, indicando los detalles de la misma durante todo el proceso de ejecución y al término se almacena el historial de la prueba, teniendo la opción de imprimir los resultados de dicha prueba.

**DAM FIJO:** es una herramienta para el diagnóstico de Nivel Uno o Dos (unidad o tarjeta) de las fallas que pueden ocurrir en los siguientes equipos fijos.

Gabinete del computador.

Gabinete transmisor.

Cables de transmisión continua.

Agujas (diagnóstico de descontrol)

El DAM de tierra se compone de tres elementos que deben instalarse en los gabinetes del SACEM de tierra del sector que se desea observar:

- Modulo PRS01 (armario transmisor)
- Modulo PDA01 (armario computador)
- Registrador (PC portátil Toshiba Lap-Top).

Los mensajes no son almacenados al nivel del DAM, éstos son transmitidos inmediatamente al registro PC.

Las fallas y averías observadas por el DAM no conciernen más que al sistema SACEM. La señalización no es vigilada.

La función del DAM fijo es la de coleccionar los acontecimientos anormales que detecta por sí mismo, o bien que le son entregados al PDA a través de los enlaces serie por PC's y PR's.

Los informes emitidos debido a fallas son:

- Pasivación del computador PCS01.
- No arranque del computador PCS01 falla de alimentación eléctrica.
- Falla de regulación de voltaje.
- Fallas de entrada.
- Falla de los amplificadores y cables de transmisión continua.
- Fallas de enlaces seriales entre sectores.
- Falla de enlaces seriales internos (PRS01 y PCS01).
- Falla de operación ( descontrol de agujas).
- Los informes sobre la inicialización del DAM son:
- Nueva marcha DAM.
- Informe de configuración DAM.

Problemática de la Puesta a Punto.

Entre las anomalías más representativas que se presentaron mencionaremos.

- a) Pasivación de armarios.
- b) Pasivación de fuentes de balizas de inicialización.
- c) Daño prematuro de balizas de localización por filtración de agua.

- d) Desconexión de los cables de los pines de los conectores de las balizas de inicialización causada aparentemente por vibraciones.
- e) Aflojamiento de las tuercas de los soportes de las balizas debido aparentemente a las vibraciones producidas por el paso de los trenes, provocando ocupaciones de los circuitos de vía
- f) El pilotage automático no entró completamente en servicio desde la inauguración de la línea, razón por la cual ha sido necesario su instalación y puesta a punto sobre la marcha
- g) Variaciones continuas de tensión.

Soluciones de la problemática..

- a) Se implementaron filtros a niveles software.
- b) Se realizó un ajuste sobre algunas características de los circuitos de las fuentes de alimentación.
- c) Se sellaron balizas.
- d) Debido a la rectificación de ruedas, se atenuó el problema de vibración con la consiguiente eliminación del problema de desconexión de hilos.
- e) Se calibró un nuevo torque de 80 lbs en los soportes de las balizas en toda la línea, sumando a todo esto la eliminación de vibraciones mediante el hecho mencionado en el punto anterior
- f) Se realizaron las pruebas necesarias para poner a punto el sistema.
- g) Se puso a punto el funcionamiento de las dos cabeceras por parte de la compañía de luz y fuerza del centro.

Descripción Funcional.

Una premisa principal para "mantener" cualquier equipo es conocer el funcionamiento del mismo, por lo que a continuación se hará un relatorio de los diferentes elementos que constituyen el sistema así como su función, ubicación en el tren y la interrelación que guarda entre sí.

Para lo cual se muestran la fig. 29, en la que se aprecia la ubicación de los equipos, el principio o filosofía del funcionamiento y enlaces periféricos.

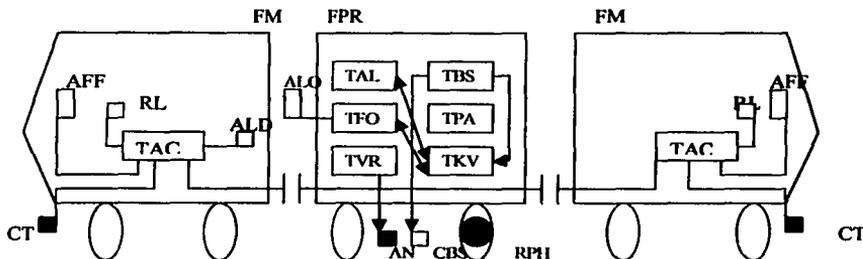


fig. 29  
Descripción funcional.

## Órganos que constituyen el sistema SACEM.

Un visualizador de cabina llamado "VISUCAB" a través del cual se le informa al conductor sobre las consignas y modos de operación del tren por ejemplo:

- 1.- Modo de conducción del que dispone
  - a) Marcha a la vista (MAV)
  - b) Conducción manual controlada (CMC)
  - c) Pilotage automático.
- 2.- Velocidad objetiva del siguiente tramo a recorrer.

Dos captores de transmisión continua por motriz de conducción, ubicados en la parte delantera inferior cuya función es la de recibir de los rieles las informaciones variantes e invariantes que definen las características del siguiente sector.

Por ejemplo:

- a) ubicación y posición de las agujas.
- b) Estado de la señalización (semáforos).
- c) Puntos de cambio de velocidad.
- d) Puntos de paro en estaciones, etc.

Una antena vía retorno, instalada en la parte inferior del remolque PR y tiene la función de leer las balizas y localización en cuyos circuitos se encuentran datos que al ser interpretados, el tren sabe en que punto de la línea se encuentra, realiza además la función de depositar sobre otra especial llamada DAM. Toda la información que sobre incidencias guarda en memoria el dispositivo de ayuda a la mantenimiento.

Dos sensores o captores para baliza Silec. Ubicados en la parte inferior del carro PR su función es la de recibir de las balizas del mismo nombre las informaciones que servirán para que el tren no rebase zonas prohibidas como pueden ser, una zona protegida por una señal al rojo o bien, el fin de una vía.

Una rueda fónica. Ubicada en el segundo eje lado izquierdo del remolque PR suministra la información necesaria a la inteligencia embarcada para:

- Calcular la ubicación del tren en la línea.
- Calcular la velocidad y aceleración real del tren.
- Saber sobre que vía es el recorrido (Cual cabina tiene los mandos)

Dos unidades de adquisición en cabina (Cofre TAC) instalados abajo del primer asiento doble del lado izquierdo de los carros M.

- Estas unidades se encargan de procesar las señales de transmisión continua.
- Controlar el módulo de señalización en cabina (VISUCAB).
- Realizar las interfases de entrada/salida de las cabinas.

Unidad de alimentación (módulo TAC) forma parte del cofre SACEM y se encarga de elaborar las diferentes tensiones directas necesarias para que el sistema opere.

Seis amplificadores locales de desfrenado instalados uno en cada carro y se encarga de elaborar a partir de los 23 KHz la señal de desbloqueo local.

Dos bloques de relevadores, instalados uno en cada motriz de conducción y cuya función es la de asegurar que la apertura de las puertas siempre se haga del lado correcto.

Una unidad de frenado de urgencia (TFU) se encarga de elaborar la señal de 23 KHz. Que sirve para desfrenar el tren en asociación con los amplificadores locales de desfrenado ALD.

Una unidad de vía retorno (TVR) su función es la de elaborar y conformar las diversas señales que se analizarán mediante el DAM.

Una unidad de tratamiento de baliza silec (TBS). Sirve como su nombre lo dice para procesar las informaciones captadas por los sensores Silec y elaborar las consignas de operación de los trenes en zonas no equipadas con SACEM.

Una unidad de control de velocidad (TKV). Es propiamente dicho la inteligencia embarcada a la cual llegan todas las informaciones provenientes tanto de los sensores como de las interfaces con el tren; son procesadas y de la interpretación se derivan los controles, penalizaciones e indicaciones de advertencia hacia el conductor cuando éste conduce el tren en CMC.

Una unidad de Pilotage Automático + DAM. Básicamente desempeña 2 funciones:

Primera.- La de operar el tren en modo automático, es decir sustituye al conductor en el seguimiento de las consignas de velocidad, de operación y de regulación, respecto en todo momento las limitaciones impuestas por el control de velocidad TKV.

Y como función 2. se tiene la de supervisar los equipos embarcados a fin de ayudar en los diagnósticos de solución de fallas.

Con esta modalidad se optimizan los tiempos de recorrido. Se garantiza un mejor seguimiento y respecto de las consignas de velocidad tracción /frenado y paro del tren.

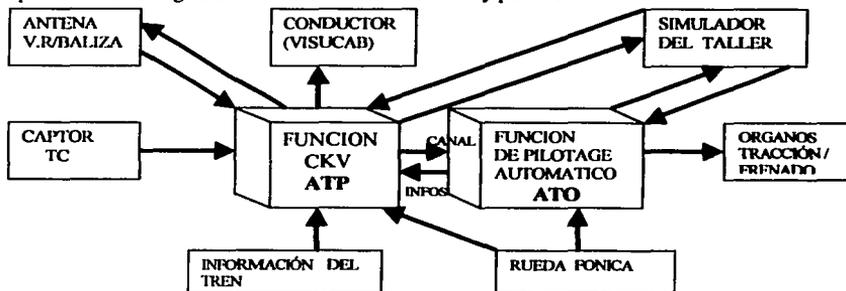


fig.30 Enlaces Periféricos con el ATP/ATO y el Tren.

Aspectos generales para el mantenimiento.

Sabemos que el mantenimiento que se dá a prácticamente todo equipo electrónico es de tipo correctivo sin embargo dada la naturaleza del diseño y uso de este automatismo es posible prever y/o corregir a tiempo fallas mayores que traería como consecuencia la inutilización de un tren. Es decir es posible hacer mantenimiento preventivo. En esencia, todos los análisis que se hacen del estado funcional del piloto y del tren son gracias al sistema DAM (Dispositivo de Ayuda al Mantenimiento) y al Banco Simulador del Taller.

El DAM embarcado forma parte del ATO o Pilotage Automático y se encuentra instalado en todos los trenes y como se dijo, almacena en localidades de memoria todas las incidencias o cambios que ocurran de las diferentes señales o funciones que son sensadas y monitoreadas a las cuales es asignado un código que sirve para identificarlas.

Según se muestra en la tabla N° 1.

Existen 2 formas de extraer esta información del tren.

La primera es directamente del tren mediante el uso de una PC y del programa DAM SACEM en esta modalidad es posible extraer los 40 accionadores o códigos memorizados y la segunda a través de la antena vía retorno y baliza DAM sobre la que se depositan solo 20 de las informaciones existentes en memoria.

Las ventajas y desventajas que presentan ambos recursos se pueden resumir de la siguiente manera:

- Cuando se extrae directamente de los trenes se obtienen 40 informaciones sobre incidencias pero solo de ese tren y sobre todo son las últimas 40 que bien pueden ser del último recorrido.
- Cuando se extrae vía baliza solo se obtienen 20 informaciones por tren pero de todos los trenes y este historial puede ser desde el inicio y hasta fin del servicio.

Ampliándose así el universo del muestreo por analizar.

A continuación se describe en forma lógica este proceso hasta obtener de manera clara el reporte de una falla.

Cuando un tren arriba a las estaciones Agrícola oriental sobre vía 2 o los Reyes sobre vía 1, mientras se dá servicio de descenso y ascenso de pasajeros la antena vía retorno deposita sobre la baliza DAM las últimas 20 informaciones que guarda en memoria el DAM embarcado. Estos datos son transmitidos a los armarios de donde una PC los captura y almacena en archivos llamados RS1. Estos archivos son copiados en diskettes que posteriormente serán analizados cuidadosamente. Debido a que cada vez que el mismo tren se detiene en los lugares mencionados deposita sus últimas 20 informaciones, esto provoca que se registren datos repetitivos por lo que se tiene que depurar los archivos generándose los RS2.

Estos archivos son analizados mediante programas específicos como por ejemplo la tabla L con el cual se obtienen síntesis de fallas generales como el mostrado en la tabla N° 2 en al que se puede determinar lo siguiente:

- El archivo es del día 12 de Julio de 1999.
  - Ese día circularon 18 trenes en promedio.
  - Se registraron 32 incidencias diferentes (por todos los trenes)
  - Los trenes más problemáticos fueron el 21/22, 31/32, 17/18, 11/12, 25/26 con 61, 54, 46, 42 y 41 - incidencias registradas respectivamente.
  - La anomalía que más se presentó fue la identificada con el código 54 y fue 86 ocasiones "Inmovilidad en CMC no respetada". Esto quiere decir que el SACEM registró que el tren se movió ligeramente debiendo estar perfectamente inmóvil por lo que tuvo que comandar un frenado de urgencia.
  - El tren que dio más vueltas fue el 23/24, el que menos circulo fue el 01-02
- Y se tuvieron 530 incidentes sobresaliendo las identificaciones con los códigos 54, 52, 49 y 50 (Ver tabla N° 1 para identificar la incidencia presentada).

Habiendo obtenido la tabla y alguna falla especial, por ejemplo los disparadores 50, 50 y 60.

- 50 "Ausencia de Arillo de Hombre Muerto en movimiento en CMC"
- 51 "Sobrevelocidad en CMC o en MDV"
- 60 "Ausencia de Arillo de Hombre Muerto en movimiento en PA"

Mediante el programa TIPO DISP se obtiene análisis como los mostrados en las tablas N° 3, 4 y 5 de los que se pueden deducir cosas como:

- El día 19 de julio a las 5.13':44" hrs., al tren 35/36 le soltaron el arillo de hombre muerto cuando circulaba entre las estaciones Canal de San Juan y Tepalcates a 48.3 Km/h. Sobre vía 1, es decir por la motriz M-35 y el modo de conducción era CMC.
- El mismo día 19 a las 5:30'51" hrs., se rebasaron los 15 Km/h. Haciendo sobrevelocidad con el tren 23/24 cuando se encontraba en el terminal La Paz sobre vía 2 en el modo Marcha a la Vista
- También el 19 de julio a las 23:30':51" hrs., le soltaron el arillo del hombre muerto al tren 33/34 cuando se encontraba en el terminal Pantitlan circulando a 5km/h sobre vía 2 en el modo Pilotage Automático. ( Se tomó el primer caso)

Para identificar que tren presentó la falla y donde la presento se recurre a la Tabla N° 6

Otra herramienta importante es el programa SPY mediante éste, es posible observar en tiempo real el comportamiento del Pilotage y algunas de las señales propias del tren como por ejemplo la condición de puertas cerradas, tipo de marcha comandada, etc.

Se tiene también el programa ATO con este programa se obtiene en forma gráfica los registros de todos los parámetros propios del ATO o Pilotage Automático.

Como se dijo al inicio, de estos análisis se desprenden actividades, muchas de ellas de tipo preventivo lo que ayuda a mejorar la disponibilidad de los equipos.

Aunado a todas éstas se encuentran las que se realizaran de manera sistemática a todo los trenes que entran a Mantenimiento y que son las mostradas en la tabla N° 7.

TABLA N° 1  
DIAGNOSTICO DEL DAM  
CODIGO DE FALLA

<b>NUMERO DE CODIGO</b>	<b>SIGNIFICADO</b>	<b>NUMERO DE CODIGO</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
0	ACCIONADOR NULO SIN FALLA.	55	RETROCESO EN CMC
1	PASIVACIÓN DE CICLO LARGO	56	SOBREPASO Y NO REDUCCIÓN DEL PUNTO META EN CMC
2	PASIVACIÓN POR SOFTWARE TKV	57	FU FUNCIONAL EN CMC
3	PASIVACIÓN POR HARDWARE TKV	58	FRANQUEAMIENTO BALIZA SILEC
11	FALLA DE LA SEÑAL DE CABINA	59	PASO EN ZONA DE CTRL. DE SEÑAL O FIN DE TEMPORIZACIÓN
12	FALLA DE VISUCAB (AFF)	60	AUSENCIA DE H.M. EN PA
13	FALLA DE ENLACE SERIE TAC-AFF	61	EXCESO DE VELOCIDAD EN PA
14	FALLA DEL CAPTOR TC DERECHO	62	EXCESO DE ENERGIA Y NO REDUC. DEL PUNTO NORMAL DE PARO
15	FALLA DEL CAPTOR TC IZQUIERDO	63	CONMUTACIÓN PA-CMC
16	FALLA DEL ENLACE C10-CPR	64	PENALIZACIÓN DE INMÓVIL. EN PA
21	FALLA DE LA RUEDA FÓNICA	65	RETROCESO EN PA
22	FALLA DE LA BALIZA SACEM	66	PASO Y NO REDUCCIÓN DEL PNP
23	FALLA DE TRANSMISIÓN CONTINUA	67	FU FUNCIONAL EN PA
24	FALLA DE CABINA ACTIVA	68	F.S. MODO DE CONDUCCIÓN PA
25	FALLA DE BALIZA SILEC	69	TREN SE PARA 2 M DESP DE LA SEÑ.
27	DESLOCALIZACIÓN EN CMP	71	CONTRO DE PARADA
31	FALLA DE FUEDA FÓNICA FISICA	72	PERDIDA DE CABINA ACTIVA
32	FALLA ENLACE SERIAL TKV-TAC	73	FALLA DE INICIALIZACIÓN
33	FALLA ATO (TPA)	74	EXCESO DE ENERGÍA
34	FALLA ANTENA BALIZA (TRNS. PUN)	75	PASO Y RED, DEL PUNTO META
35	FALLA ENLACE C18-CRB	76	PASO DEBIDO A DESLOCALIZACION
36	FALLA VIA RETORNO (TVR)	77	PRUEBA DE FU
37	FALLAENLACE SERIAL TKV-TPA	78	FU DEL SISTEMA FUNCIONAL
38	FALLA SILEC	81	FALLA DE ENTRADA SEG. CAB. 1
41	INICIALIZACIÓN ATP	82	FALLA DE ENTRADA SEG. CAB. 2
42	RESETEO AL ATP	83	FALLA DE ENTRADA SEG. CMC
43	PUESTA FUERA DE SERVICIO ATP	84	FALLA DE ENTRADA SEG. PTS
44	PUESTA EN SERVICIO ATP	85	FALLA DE ENTRADA SEG. SILEC
45	PUESTA FUERRA DE SERVIVO ATO	86	FALLA DE ENTRADA SEG. SILEC
46	PUESTA EN SERVICIO ATO	87	FALLA DE ENTRADA SEG. H.M.
47	NO ACTIVACIÓN SACEM	88	FALLA DE ENTRADA SEG. VAG.
48	ENTRADA EN CMP	91	FALLA DE ALIMENTACIÓN DEL TAC
49	SALIDA EN CMP	92	FALLA DE ALIMENTACIÓN DEL TAL
50	AUSENCIA DE ARRILLO DE H.M.	93	FALLA DE ALIMENTACIÓN DEL TVR
51	SOBREVELOCIDAD EN CMC	94	FALLA DE ALIMENTACIÓN DEL TPA
52	SOBRE ENERGIA Y NO REDUCCIÓN DEL PNP EN CMC (FRENADO)	95	FALLA DE ALIMENTACIÓN DEL TKV
53	CONMUTACIÓN PA-CM	101	FIN DE ANOMALIA DEL TPA
54	PENALIZACIÓN INMOVILIDAD CMC	102	FIN DE ANOMALIA SILEC

SACEM MÉXICO

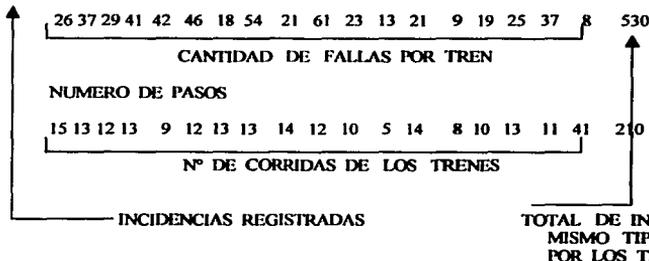
APOYOS TECNICO LINEA "A"

TABLA DE SÍNTESIS DEL ARCHIVO DAM : 07120101. rs2  
 Con una velocidad > 8 Km/h.

TABLAS N° 2

TRENES QUE CIRCULARON ESTE DÍA.

		2	3	4	9	10	11	12	13	14	15	16	17	20	21	24	25	26	28	
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	7
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
20	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
24	2	1	0	0	1	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
25	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
27	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
41	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
42	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
46	0	2	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
47	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
49	2	6	2	4	2	6	6	4	0	1	1	5	1	5	7	5	1	5	9	59
50	2	6	2	2	3	5	1	1	4	14	0	0	3	0	0	2	0	2	0	47
51	1	2	1	3	2	6	0	6	0	6	0	0	1	0	0	3	2	0	3	33
52	2	3	4	8	1	8	0	15	2	15	0	6	2	1	2	3	8	0	80	
50	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	3	
54	1	3	4	9	3	3	2	8	10	10	0	4	3	2	1	4	17	2	86	
57	2	4	2	2	3	10	0	3	1	3	3	1	2	3	4	2	2	0	47	
58	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
59	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	
60	7	5	8	6	25	0	0	1	1	6	4	0	3	0	1	1	0	2	70	
61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	
62	1	0	2	2	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	9	
63	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
64	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
67	0	0	2	0	2	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	8	
68	1	0	0	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	
72	0	1	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	
75	0	2	0	1	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	
76	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	5	
78	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	3	



SACEM MÉXICO

APOYOS TÉCNICOS LINEA A

TABLA N° 3

ARCHIVO : 07190001.rs2

HORA	TREN	DISP	vt2	vt1	vt	SECTOR	TRAMO	CABINA	MODO
5 13 44	25	50	80.8	79.3	78.6	3	0	1	CMC
6 16 16	28	50	14.4	15.9	16.6	5	1	1	CMC
6 24 27	5	50	6.5	6.5	6.5	1	0	1	CML MAV15
6 32 37	23	50	46.1	44.0	43.3	9	0	1	CMC
6 56 49	25	50	7.2	6.5	5.8	2	0	1	CMC
10 17 59	25	50	5.0	5.8	7.2	1	0	1	CMC
11 15 49	14	50	26.7	26.7	26.7	1	2	2	CMC
11 17 8	24	50	21.6	20.2	20.2	4	1	2	CMC
12 33 43	2	50	8.7	7.9	6.5	9	0	1	CMC
12 7 9	26	50	18.0	16.6	15.9	4	1	2	CMC
12 9 16	26	50	18.7	17.3	16.6	3	1	2	CMC
11 51 0	11	50	7.9	8.7	8.7	10	1	2	CMC
13 16 0	26	50	17.3	16.6	15.9	4	0	1	CMC
13 16 2	26	50	12.6	10.1	7.9	4	0	1	CMC
13 21 10	26	50	20.2	19.5	18.0	6	0	1	CMC
13 20 15	26	50	14.4	10.7	12.3	7	0	1	CMC
13 20 16	26	50	9.4	7.9	5.8	7	0	1	CMC
13 25 5	26	50	16.6	15.1	14.4	8	0	1	CMC
13 51 9	21	50	24.5	23.8	23.1	1	2	2	CMC
13 49 59	26	50	24.5	23.8	22.4	4	1	2	CMC
14 2 56	26	50	17.3	15.9	15.1	2	0	1	CMC
14 2 58	26	50	11.5	9.4	7.9	2	0	1	CMC
14 11 00	26	50	10.1	9.4	8.7	6	0	1	CMC
14 13 40	26	50	11.5	10.8	10.1	7	0	1	CMC
14 57 14	23	50	69.9	69.9	70.7	1	1	2	CMC
17 50 10	2	50	10.8	12.3	13.1	10	2	2	CMC
18 39 20	11	50	27.4	26.7	26.0	6	0	1	CMC
18 7 4	15	50	16.6	18.0	18.7	10	0	1	CMC
18 49 11	5	50	15.1	13.7	13.0	5	0	2	CMC
19 6 17	20	50	13.7	14.4	14.4	10	0	1	CMC

SACEM MÉXICO  
ARCHIVO : 071900001.rs2

APOYOS TÉCNICOS

TABLA N° 4

HORA	TREN	DISP	v2	v1	vt	SECTOR	TRAMO	CABINA	MODO
5 30 51	2	51	13.7	14.4	16.6	0	0	2	CML MAV 15
5 29 52	25	51	13.7	14.4	15.1	10	0	1	CML MAV 15
6 12 43	21	51	38.2	38.2	38.9	2	0	1	CMP MAV 35
5 42 14	16	51	14.4	14.4	15.1	0	0	2	CML MAV 15
6 7 26	9	51	13.7	14.4	15.1	0	0	2	CML MAV 15
6 7 56	9	51	14.4	14.4	15.1	0	0	2	CML MAV 15
7 28 59	14	51	13.0	13.7	15.1	1	2	1	CML MAV 15
7 45 5	20	51	38.2	38.9	39.7	6	0	1	CMP MAV 35
7 43 27	24	51	13.0	14.4	15.1	0	0	1	CML MAV 15
7 47 50	3	51	13.7	14.4	15.1	10	1	2	CML MAV 15
9 38 6	24	51	84.4	85.1	85.1	7	0	1	CMC
4 43 29	16	51	13.0	14.4	15.1	0	0	1	CML MAV 15
9 49 49	15	51	14.4	14.4	15.1	2	1	2	CML MAV 15
10 4 53	24	51	85.1	35.1	85.8	3	1	2	CMC
10 35 6	26	51	14.4	14.4	15.1	1	1	1	CML MAV 15
11 9 19	74	51	64.2	64.2	64.9	2	0	1	CMC
11 40 1	16	51	85.1	85.1	85.8	7	0	1	CMC
11 29 51	11	51	27.4	28.1	28.8	1	0	1	CMC
11 14 53	0	51	14.4	14.4	15.1	0	0	2	CML MAV 15
11 17 56	3	51	13.7	14.4	15.1	9	1	2	CML MAV 15
11 49 31	14	51	36.8	38.2	38.9	1	2	1	CMP MAV 35
11 58 1	11	51	13.7	14.4	15.1	10	2	2	CML MAV 15
12 19 47	14	51	13.7	14.4	15.1	8	1	2	CML MAV 15
10 11 16	21	51	13.7	14.4	15.1	1	2	1	CML MAV 15
10 11 52	21	51	14.4	14.4	15.1	1	2	1	CMC
14 17 21	26	51	80.0	79.3	80.0	9	0	1	CMC
14 37 13	14	51	13.7	14.4	15.1	7	0	1	CML MAV 15
14 31 36	26	51	14.4	14.4	15.1	8	1	2	CML MAV 15
13 49 48	23	51	14.4	14.4	15.1	0	0	2	CML MAV 15
14 48 40	14	51	14.4	14.4	15.1	0	0	2	CML MAV 15
15 4 54	25	51	13.7	14.4	15.1	10	1	2	CML MAV 15
16 35 4	2	51	13.0	13.7	15.1	2	0	1	CML MAV 15
16 16 36	17	51	14.4	14.4	15.9	0	0	2	CML MAV 15
16 47 16	17	51	14.4	14.4	15.1	1	0	1	CML MAV 15
16 59 32	26	51	14.4	14.4	15.1	10	1	2	CML MAV 15
17 29 38	28	51	14.4	14.4	15.1	1	0	1	CML MAV 15
17 22 23	11	51	14.4	14.4	15.1	0	0	2	CML MAV 15
17 24 27	11	51	13.0	14.4	15.1	0	0	2	CML MAV 15
17 19 47	20	51	37.5	38.9	38.9	10	1	1	CMC
18 42 22	20	51	37.5	38.2	38.9	5	0	1	CMP MAV 35
18 35 56	17	51	13.7	14.4	15.9	10	1	2	CML MAV 15
18 49 22	21	51	13.0	13.7	15.1	7	1	2	CML MAV 15
18 49 49	21	51	13.0	13.7	15.1	7	1	2	CML MAV 15
18 50 24	11	51	26.7	27.4	28.8	10	2	2	CMC
18 54 28	16	51	14.4	14.4	15.1	0	0	2	CML MAV 15
19 15 50	12	51	13.7	14.4	15.1	10	1	2	CML MAV 15
20 34 48	15	51	79.3	80.0	80.0	7	0	1	CMC
20 43 9	17	51	14.4	14.4	15.1	0	0	1	CML MAV 15
21 6 58	17	51	13.0	14.4	15.1	10	1	2	CML MAV 15
21 11 36	4	51	14.4	14.4	15.1	0	0	2	CML MAV 15
21 33 37	15	51	13.0	14.4	15.1	0	0	2	CML MAV 15
21 59 5	14	51	13.0	14.4	15.1	0	0	2	CML MAV 15

SACEM MÉXICO  
ARCIIVO : 07190031.rs2

## APOYOS TÉCNICOS LINEA A

TABLA N° 5

HORA	TREN	DISP	v12	v11	v1	SECTOR	TRAMO	CABINA	MODO
20 50 51	26	60	6.5	8.5	5.8	1	1	2	PA
8 7 36	5	60	68.5	68.5	68.5	10	0	1	PA
9 32 56	20	60	73.5	73.5	73.5	9	0	1	PA
10 40 24	17	60	7.2	7.9	8.7	1	0	1	PA
11 29 39	5	60	68.5	68.5	68.5	7	0	1	PA
11 46 58	11	60	66.3	66.3	66.3	8	0	1	PA
12 37 22	5	60	6.5	7.2	7.2	8	1	2	PA
12 58 54	5	60	5.0	5.8	5.0	1	0	1	PA
14 35 32	20	60	32.5	33.9	35.3	5	1	1	PA
18 19 2	11	60	11.5	12.3	13.7	3	1	2	PA
20 18 50	11	60	51.2	49.7	49.7	6	0	1	PA
21 12 16	11	60	38.9	39.7	41.1	7	0	1	PA
21 9 42	3	60	81.5	82.2	82.2	4	0	1	PA
20 10 58	3	60	5.8	5.8	5.0	10	0	1	::
0 11 58	24	60	4.3	5.0	6.5	2	0	1	PA

TABLA N° 6 SACEM

<b>SACEM EMBARCADO</b>			
<b>TREN</b>	<b>N° DE CHASIS</b>	<b>TREN</b>	<b>N° DE CHASIS</b>
0001-0002	28	0021 - 0022	15
0003-0004	04	0023 - 0024	02
0005-0006	16	0025 - 0026	09
0007-0008	17	0027 - 0028	05
0009-0010	03	0029 - 0030	20
0011-0012	10	0031 - 0032	13
0013-0014	12	0033 - 0034	26
0015-0016	14	0035 - 0036	25
0017-0018	11	0037 - 0038	24
0019-0020	23	0039 - 0040	21
<b>SACEM FIJO</b>			
<b>ESTACION</b>		<b>SECTOR</b>	
PANTITLAN		01	
AGRICOLA ORIENTAL		02	
CANAL DE SAN JUAN		03	
TEPALCATES		04	
GUELATAO		05	
PENÓN VIEJO		06	
ACATITLA		07	
SANTA MARTHA		08	
LOS REYES		09	
LA PAZ		10	
VIA DE PRUEBAS		11	

TABLA N° 7

CALENDARIO ANUAL DE MANTENIMIENTO  
A PILOTAGE AUTOMATICO EMBARCADO

ACTIVIDAD	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
LIMPIEZA Y VERIFICACIÓN DE CAPTADORES DE T.C.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
LIMPIEZA Y VERIFICACIÓN ANTENA VIA RETORNO	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
LIMPIEZA, SOPLATEADO Y VERIFIC. LOS COFRES TAC	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
LIMPIEZA Y VERIFICACIÓN DE LOS COFRES SILEC	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
LIMPIEZA, SOPLATEADO Y VERIFIC. LOS COFRES SILEC	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
LIMPIEZA, SOPLATEADO Y VERIFIC. DEL COFRE SACEM	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
VERIFICACIÓN DE LOS FUSIBLES SACEM-TREN	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
VERIFICACION Y LIMPIEZA DE CONEXIONES DEL VISUCAB	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
VERIFICACIÓN DE TRENES CON PROGRAMAS SPY	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
VERIFICACION DE TRENES EN EL SIMULADOR DE VÍA TRES	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

DEPURACIÓN DE INFORMACIÓN DEL DAM EMBARCADO	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
ANÁLISIS DE INCIDENCIAS REPORTADAS POR EL DAM	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
EFFECTUAR UN SEGUIMIENTO PARA EVITAR LA REPETIBILIDAD DE LAS MISMAS	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

## El simulador del taller.

Este banco nos permite probar a tren parado prácticamente todos los elementos del SACEM embarcado.

Al término de las actividades de mantenimiento o bien cuando un tren es detectado en línea que presenta fallas esporádicas se pide que sea depositado en la vía T3 del taller para realizar pruebas generales al Sistema SACEM.

### Desarrollo de pruebas y simulaciones.

Una vez posicionado correctamente el tren para que reciba transmisión continua, se efectúa el conexionado según diagrama mostrado en la figura 31, tabla 8. Se procede a encender ambos equipos Tren /SACEM y simulador, este último mostrará en pantalla una serie de recomendaciones y acciones a realizar antes de correr cualquier prueba.

Se establece el diálogo entre el operador y el simulador por medio de la consola gráfica y el teclado. El operador envía sus órdenes mediante las teclas de función F1 a F8 que constituyen cada uno de los menús propuestos. Estas pruebas se llevan a cabo en menú " Prueba completa y Prueba Unitaria"

Las pruebas a realizar comprenden las siguientes:

- Prueba de las alimentaciones.
- Prueba del controlador dinámico.
- Prueba de enlaces seriales.
- Prueba de la rueda fónica.
- Prueba de transmisión continua.
- Prueba de entradas y salidas.
- Prueba cíclica.

Es importante que cuando estas pruebas se hagan en forma unitaria se corran 30 precisamente en el orden que están escritas.

Durante cada prueba, se puede ver un diagrama sinóptico de los elementos probados. Y al final de la prueba, el diagrama muestra, para la función probada, el estado de las unidades o equipos que participan en la función, conforme al código de color siguiente.

Gris = no probado.

Verde = Buen estado (no falla)

Rojo = Fuera de servicio.

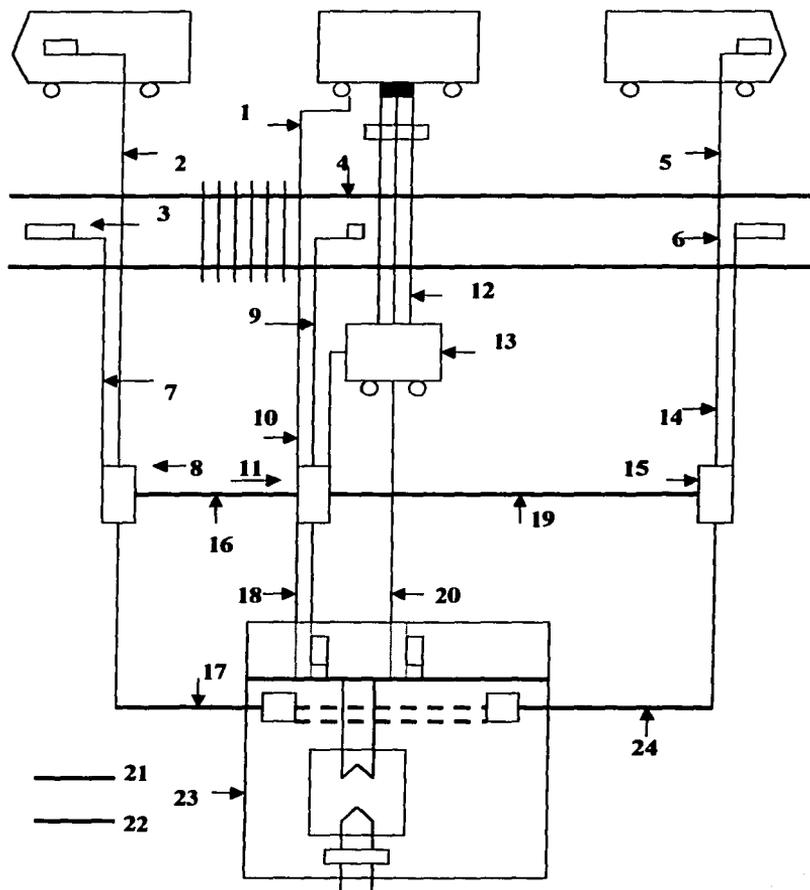
Amarillo = Dudoso.

Es posible también al final de cada prueba pedirle a la computadora que nos muestre un cuadro con la síntesis de resultados, los cuales también pueden ser impresos.

TABLA 8

<b><u>PRESENTACIÓN DE LOS EQUIPOS</u></b>	
<b>NUMERO</b>	<b>DESCRIPCION</b>
01	CABLE RPH
02	CABLE CETS4 (1)
03	BUCLES DE TC (1)
04	RAQUETA
05	CABLES CETS4 (2)
06	BUCLES DE TC (2)
07	CABLES DE TC (1)
08	CAJA CFOS1
09	CABLE RAO
10	CABLE CFOS
11	CAJA CFOSC
12	3 CABLES CETS 1, 2 Y 3
13	CARRO
14	CABLE TC (2)
15	CAJA CFOS2
16	CABLE ENTRE CAJAS
17	ALIMENTACIÓN CFOS1
18	ALIMENTACION CFOSC
19	CABLES ENTRE CAJAS
20	ALIMENTACION ELECTRICA DEL CARRO
21	CABLE FIJO
22	CABLE MOVIL
23	GABINETE DE ALIMENTACIÓN ELECTRICA
24	ALIMENTACIÓN ELECTRICA DE LA CAJA CFOS2

fig. 31 Pruebas y Simulaciones.



## Amplificadores Lineales de potencia en Audiofrecuencia.

Los amplificadores de potencia se clasifican de acuerdo con la parte del ciclo de la onda senoidal de entrada durante la cual circula corriente de carga:

Clase A: La corriente circula durante  $360^\circ$  (un ciclo completo)

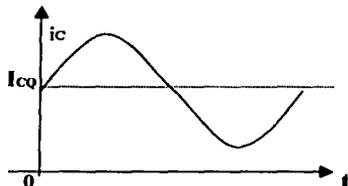
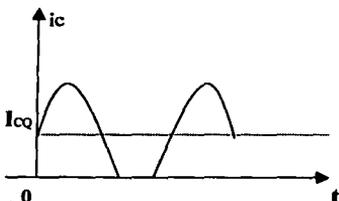


fig. 32 Graficas de Amplificadores.

Clase AB: La corriente circula durante más de medio ciclo pero sin llegar al ciclo completo.



Clase B: La corriente circula durante un semiciclo.



Clase C: La corriente circula durante menos de un semiciclo.



---

Para conseguir una amplificación con pequeña distorsión de las señales de audiofrecuencia, parece a primera vista que sólo puede aplicarse la clase A. Sin embargo, si se utiliza una conexión en push-pull, los amplificadores de clase AB y de la clase B dan también una amplificación prácticamente lineal. La amplificación de clase C se usa en radiofrecuencia, en la cual los circuitos sintonizados eliminan la distorsión resultante del funcionamiento no lineal del circuito.

## Algoritmos.

El concepto de algoritmo es uno de los conceptos básicos de las matemáticas. Por algoritmo se entiende una lista de instrucciones donde se especifica una sucesión de operaciones necesarias para resolver cualquier problema de un tipo dado. Por supuesto, ésta no es una definición matemática y precisa del término, pero le proporciona al lector una idea de tal definición. Corresponde al concepto del algoritmo que surgió naturalmente y que se ha usado en matemáticas desde la antigüedad.

Los algoritmos más sencillos son las reglas para efectuar las cuatro operaciones aritméticas con números escritos en forma decimal. (El término "algoritmo" proviene del nombre de un matemático medieval de Uzbekistán, al-Khowarizmi, quien dio tales reglas desde el siglo IX)

Dado que un algoritmo, especialmente uno práctico, normalmente se basa en argumentos sutiles y complicados, la construcción de algoritmos requiere gran inventiva. Pero una vez que se encuentran un algoritmo, lo puede aplicar incluso una persona que no conoce su objetivo. Sólo se necesita que esta persona sepa efectuar las pocas operaciones elementales que requiere el algoritmo y siga las indicaciones al pie de la letra. Procediendo en forma bastante mecánica, puede resolver cualquier problema del tipo para el cual se diseñó el algoritmo. Podría decirse que la persona en cuestión actúa "como una máquina"; por supuesto, esto se dice en sentido figurado haciendo referencia a la naturaleza determinista del algoritmo, pero con el avance de la ciencia y la tecnología, la frase ha adquirido un significado literal. En lugar de la persona hipotética que no comprende (o no desea saber) lo que ésta haciendo mientras resuelve el problema, ahora es posible usar una máquina. Esta máquina es la computadora moderna con control automático.

A continuación se presentan los principios básicos de la estructura y funcionamiento de dichas máquinas.

En principio, se examinarán los procedimientos algorítmicos tal y como los realiza un calculista. Al aplicar un algoritmo, una persona recibe, elabora y guarda o almacena varios datos (información). Comúnmente los escribe (los representa) sobre papel, usando numerales, letras y otros símbolos. Un grupo de símbolos así es un alfabeto. por ejemplo, en el álgebra se usa un alfabeto que contiene las letras usuales, números, los signos para las operaciones aritméticas, paréntesis, etc.

Un cálculo realizado manualmente implica los tres factores siguientes:

*El almacenamiento de la información* que generalmente se realiza escribiendo todos los datos, incluyendo las instrucciones para resolver el problema (el algoritmo), sobre un trazo de papel. Por supuesto, en la práctica, el calculista no escribe todo. Algunas cosas las recuerda (las almacena en su cerebro en lugar del papel), y algunas las busca en gráficos o tablas. Sin embargo, esto no debe oscurecer el hecho básico de que se cuenta con algún medio para almacenar toda la información necesaria. Por tanto, la hoja de papel que se muestra en la figura debe interpretarse como la representación de todas las formas de almacenar información.

*Elaborar la información* significa realizar las operaciones elementales requeridas por el algoritmo. Esto puede hacerse con medios mecánicos; por ejemplo, las operaciones aritméticas pueden efectuarse en una máquina sumadora o una regla de cálculo. Cada paso del calculador consiste en tomar cierta información de la hoja de papel (por ejemplo, números), efectuar con ella la operación específica y registrar el resultado en algún lugar específico de la hoja.

*El control del procedimiento*, significa determinar cuál es el próximo paso a efectuar; esto lo hace el calculista después de consultar sus instrucciones.

El análisis anterior muestra la íntima relación que existe entre los algoritmos y las máquinas computadoras automáticas. Es obvio que todo proceso que puede llevarse a cabo por medio de una máquina también puede escribirse como un algoritmo. Recíprocamente, todos los algoritmos que se han construido hasta ahora, así como los que se espera encontrar, considerando el estado actual de la ciencia, en principio, los puede ejecutar una máquina.

La última aseveración requiere cierta aclaración. Como ya se dijo en la práctica la aplicación de un algoritmo puede resultar muy largo, y la labor de registrar toda la información necesaria puede ser enorme, por otra parte, las unidades de memoria de las máquinas tienen una capacidad limitada (puesto que el número de celdas de la memoria es finito y la capacidad de cada celda es limitada). Por tanto, a veces, es imposible ejecutar un algoritmo bajo las condiciones existentes.

Esto puede ilustrarse mediante el algoritmo euclidiano. El sencillísimo problema de calcular manualmente el máximo común divisor de dos números puede quedar sin solución, si el papel y la tinta se agotan a mitad de cálculo. De modo semejante, un problema no puede resolverse en una máquina, si para ello se requiere usar más espacio de memoria que el que tiene la máquina.

En tales casos se dice que un algoritmo es potencialmente realizable si conduce al resultado requerido en un número finito de pasos (aunque este número pueda ser muy grande). En otras palabras, sería posible aplicar el algoritmo en una máquina que tuviera una capacidad de memoria ilimitada.

La relación entre la idea de algoritmo y la idea de máquina automática con una memoria de capacidad infinita permite comprender mejor la naturaleza de cada uno. Sin embargo, aunque se ha insistido mucho en esta relación, todavía falta definir con precisión cada una de estas ideas. Una definición matemática exacta de la noción de algoritmos (y, al mismo tiempo, de las máquinas computadoras automáticas) no se encontró sino hasta los años treinta. ¿Por qué, en el curso de muchos siglos, los matemáticos han tolerado al parecer sin escrúpulo alguno que se usara una noción oscura de los algoritmos? ¿Por qué sólo en aquellos años se dieron cuenta de la necesidad urgente de encontrar una definición lo suficientemente exacta como para someterse al análisis matemático?

El término "algoritmo" se presenta en las matemáticas sólo en relación con algoritmos concretos, y una aseveración de la existencia de un algoritmo siempre se completaba con una descripción de ese algoritmo. En estos casos, sólo era necesario mostrar que en efecto. El sistema de instrucciones formales, cuando se aplicaba a cualquier conjunto de datos, conducía automáticamente al resultado deseado. Así, nunca se presentó la necesidad de contar con una definición precisa de la noción de algoritmo, aunque todo matemáticamente tenía una idea funcional de lo que el término significaba. No obstante, en el curso del progreso matemático, se empezaron a acumular hechos que cambiaron radicalmente esta situación. La fuerza motora cada vez más poderosa para resolver problemas de tipo cada vez más general.

#### *Construcción de los algoritmos.*

Para obtener un algoritmo debe descartarse la idea de una selección sencilla. Hay que buscar otras ideas, basadas en el análisis del propio mecanismo de transformación.

*La naturaleza, determinativo de los algoritmos.* Un algoritmo debe darse en la forma de una lista finita de instrucciones que indiquen el procedimiento a seguir en cada paso del cálculo. Así, el cálculo no depende del que lo hace; es un procedimiento determinativo que puede repetirse con éxito cualquier persona en cualquier momento.

*La generalidad de los algoritmos.* Un algoritmo es una lista única de instrucciones que definen un cálculo que puede efectuarse con cualesquiera datos iniciales y que, en cada caso, proporciona el resultado correcto. En otras palabras, un algoritmo dice cómo resolver no precisamente un problema particular, sino toda una clase de problemas similares.

## Bits.

La unidad más pequeña es el bit, contracción de la frase binaria digit (dígito binario). Un bit es un solo elemento en la computadora o en un disco, que, o bien está encendido (lo que se indica por un 1) o bien apagado (lo que se indica por un 0). En la computadora, la posición de encendido está representada por un voltaje alto y la de apagado por un voltaje bajo. En un disco magnético, la misma información se almacena cambiando la polaridad de las partículas magnetizadas en la superficie del disco.

Para visualizar un bit, imaginemos un foco. Cuando el foco está encendido, representa el número 1. cuando está apagado, representa al número 0. usted puede enviar un mensaje a un receptor cercano cambiando de encendido a apagado, pero el envío incluso de un breve mensaje tomaría mucho tiempo.

## Bytes.

Puesto que los bits son pequeñas unidades y sólo pueden representar dos posibles estados, se pueden organizar en unidades más grandes para representar más información. Esta unidad mayor es un byte y es la unidad básica de información en un sistema de cómputo. Usualmente está formado por 8 bits. Puesto que cada bit tiene dos estados y hay 8 bits en un byte, la cantidad total de información que puede representarse es  $2^8$  (2 elevado a la potencia ocho), o 256 combinaciones posibles. Estas combinaciones pueden representar caracteres, números o símbolos. Por ejemplo, se pueden comunicar una A, a, +, -, \*, ó 5 en un byte. Para entender mejor este concepto, imaginemos que utilizamos ocho focos en vez de uno solo para hacer la señal de la letra A. Dentro de la computadora, la letra A se representa por medio del número binario 01000001.

Los bytes no tienen sentido por sí solos. Para que adquieran significado, se les deben asignar definiciones que formen un código. Con 8 bits, que pueden estar encendidos (posición indicada por un 1) o apagados (lo que se indica un 0), existen 256 combinaciones posibles. Si todos los bits están apagados, el byte se lee 00000000. Si todos los bits están encendidos, el byte se lee 11111111. Estos dos números y todos los intermedios, como 10000000 o 11000000, pueden representar lo que desee el diseñador de la computadora: caracteres, números, símbolos o comandos para la computadora.

Con frecuencia, se ven estos números convertidos a caracteres, como letras, números y símbolos que aparecen en la pantalla. Para estandarizar el significado de estas combinaciones numéricas, la industria de la computación utiliza varios códigos, entre los que se encuentra el Código Estándar Americano para Intercambio de información. O ASCII (por su nombre en inglés y se pronuncia "asqui"); éste es el código de uso más común en las microcomputadoras.

Los caracteres ASCII tienen asignados dos tipos de números. Uno de los que se asigna a cada carácter es un número binario de ocho dígitos que se utiliza dentro de la computadora. Por ejemplo

Carácter	Valor binario	Carácter	Valor binario
A	01000001	a	01100001
B	01000010	b	01100010
C	01000011	c	01100011
Y	01011001	y	01111001
Z	01011010	z	01111010

## Codificadores.

Un codificador es una función digital que produce una operación inversa de la de un decodificador. Un codificador tiene  $2^n$  (o menos) líneas de entrada y  $n$  líneas de salida. Las líneas de salida generan el código binario para las  $2^n$  variables de entrada. Un ejemplo de un codificador se muestra en la fig. 33 el codificador de octal a binario consta de ocho entradas, una para cada uno de los ocho dígitos, y tres salidas que generan el número binario correspondiente. Se construye con compuertas OR cuyas salidas pueden determinarse mediante la tabla de verdad que se da en la tabla 9. El bit de salida  $z$  de bajo orden es el 1 si el dígito octal de entrada es impar. La salida  $y$  es el 1 para los dígitos octales 2,3,6 o 7. La salida  $x$  es un 1 para los dígitos octales 4,5,6 o 7. Obsérvese que  $D_0$  no está conectado a cualquier compuerta OR; las salidas binarias deben ser todas 0 en este caso. Una salida por completo 0 también se obtiene cuando todas las entradas son 0. Esta discrepancia puede resolverse proporcionando una salida más para indicar el hecho de que todas las entradas no son 0.

El código en la fig. 33 supone que sólo una línea de entrada puede ser igual a 1 en cualquier momento; de otra manera el circuito carece de significado. Obsérvese que el circuito tiene ocho entradas y puede tener  $2^8 = 256$  combinaciones posibles de entradas. Solo ocho de esas combinaciones tienen algún significado. Las otras combinaciones de entrada son condiciones no importa.

Los codificadores de este tipo (fig.33) no están disponibles en paquete IC, ya que pueden construirse fácilmente con compuertas OR. El tipo de codificador disponible en la forma Ic se denomina codificador de prioridad. Estos codificadores establecen una prioridad de entrada para asegurar que sólo se codifique la línea de entrada de más alta prioridad. Así que, en la tabla 9 si se da prioridad a una entrada con un número de subíndice más alto sobre uno con un número de subíndice más bajo, entonces si tanto  $D_2$  y  $D_3$  son en forma simultanea de lógica 1, la salida será 101 debido a que  $D_3$  tiene una prioridad más alta sobre  $D_2$ . por supuesto, la tabla de verdad de un código de prioridad es diferente a la que se muestra en la tabla 9.

fig. 33 Codificador.

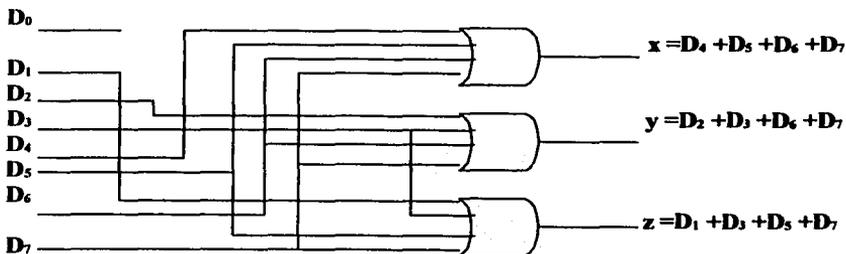


Tabla de Verdad

TABLA 9

Entradas								Salidas		
D	D	D	D	D	D	D	D	x	y	z
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1
0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1

## El Microprocesador.

### Definición:

Un microprocesador es un circuito de alta escala de integración (chip programable), compuesto por miles de circuitos más simples como: flip flops, contadores registros, decodificadores, comparadores, etc.; todos ellos distribuidos internamente en varios bloques funcionales. También es conocido como Unidad Central de proceso o CPU.

Las características principales de un microprocesador son su universalidad y su programación.

La programación de un microprocesador se refiere a la capacidad que este tiene para que su función sea definida a través de un programa. El programa consta de una serie de instrucciones relacionadas, ejecutadas secuencialmente (una a la vez) por el microprocesador y que pueden implicar operaciones, por ejemplo: suministrar señales para los demás elementos del sistema, buscar y traer datos desde la memoria, transferir datos desde y hacia los dispositivos de entrada y salida, decodificar instrucciones, realizar operaciones lógicas o aritméticas, etc.

### Historia.

Dentro de los registros de la historia, se tiene la fecha de invención del microprocesador entre los años 1970-71.

La electrónica moderna se inicia con el invento del tubo de vacío por parte de Lee de Forest a comienzos del siglo XX. Este dispositivo hizo posible la radio, la telefonía, la telegrafía inalámbrica, entre otros inventos. También impulsó el desarrollo comercial e industrial de la electrónica. Después vino el transistor, inventado en los laboratorios de la Bell Telephone en 1948 y utilizado a nivel comercial e industrial desde 1950.

Después del transistor, Jack Kilby inventó el circuito integrado en 1959, trabajando para la empresa Texas Instruments que reunía en un solo chip varios transistores. Más tarde, en 1968, Robert Noyce, Gordon Moore y Andrew Grove, fundaron una empresa que se llamaría Intel, dedicada inicialmente al reemplazo de memorias magnéticas con núcleo de ferrita (utilizadas en las computadoras de la época) por circuitos de memoria basados en semiconductores. Durante el desarrollo de estos circuitos de memoria, Intel obtuvo un circuito integrado que cumplía con las funciones de un pequeño procesador. El primer circuito integrado considerado como microprocesador fue el 4004, creación de Intel en 1971, el cual manejaba datos de 4 bits y tenía 2300 transistores; estaba implantado con tecnología PMOS, tenía 45 instrucciones y ejecutaba 60,000 operaciones por segundo.

### Evolución de los microprocesadores:

#### Los microprocesadores de 8 bits.

Al año siguiente, Intel desarrolló el 8008, que fue el primer microprocesador de 8 bits; implantado también con tecnología PMOS. El 8008 contaba con 48 instrucciones, podía ejecutar 300,000 operaciones por segundo y direccionaba 16 Kbytes de memoria. Sin embargo, requería casi de 20 circuitos de soporte.

En el año de 1974 Intel anuncia el microprocesador 8080, implantando con tecnología NMOS. Este microprocesador también direccionaba 8 bits, tenía 78 instrucciones (incluidas todas las del 8008), su velocidad de operación era 10 veces mayor que la del 8008 y podía direccionar hasta 64 Kbytes de memoria.

La principal diferencia del 8080 con respecto a los microprocesadores anteriores era que se le había dotado con la capacidad de una computadora y no fue diseñado sólo para disminuir compuertas. Hasta la fecha el 8080 ha sido el microprocesador más popular convirtiéndose en un estándar de la industria.

Los microprocesadores Motorola.

En 1978 la compañía Motorola introdujo el 6800, un microprocesador de 8 bits con 62 instrucciones. En 1975, la compañía Mos technology anuncio dos microprocesadores: el 6501 que era compatible con el 6800 y el 6502, cuyo circuito integrado incluía al 6501 y un circuito que generaba la señal de reloj. Hasta entonces la señal de reloj se había generado en circuitos externos al microprocesador. Con este microprocesador se fabricaron las primeras computadoras personales como el PET de Commodore y el Apple II Computer.

Los microprocesadores Z-80 y 8085.

En 1976 la compañía Zilog introdujo el Z-80, se le dio este nombre debido a que estaba planeado lanzarlo al mercado hasta 1980; pero debido a la popularidad de los microprocesadores, el Z-80 tuvo que aparecer en 1976. Este nuevo microprocesador de 8 bits, implementado con tecnología NMOS, tenía un código de 158 instrucciones, incluyendo todas las del 8080 y además requería un único voltaje de 5 volts.

En 1977, Intel introdujo el 8085, el cual combinaba el 8080, el circuito de reloj y el controlador de sistema en un solo chip. Este microprocesador estaba fabricado con tecnología NMOS y requería al igual que el Z-80, un único voltaje de 5 volts.

Los microprocesadores de 16 bits.

Este nuevo tipo de microprocesador empezó a surgir en la década de los 80's. El primero en aparecer fue el 8086 de Intel, adoptado por IBM para la fabricación de la IBM PC. Después Motorola introdujo el 68000 cuyos registros internos son de 32 bits.

Con este nuevo microprocesador la compañía Apple inicio la familia de microcomputadoras Macintosh. Motorola fabrico microprocesadores derivados del 68000, como el 68020 y el 68030, entre otros destinados a computadoras de mayor desempeño llamadas Workstations o estaciones de trabajo.

Intel desarrollo el 8088, utilizado por las computadoras IBM XT (en el año 1981), el 80186, el 80286 empleado en las IBM AT, el 80386, el 80486 y el Pentium en sus diferentes versiones. También desarrollo un sustituto para el 8088; el 80188.

El 80286, surgió al mercado en 1983, utilizado en las computadoras IBM PC AT.

En 1985 apareció el 80386 de Intel, utilizado en las computadoras Compaq. Intel fabrico microprocesadores variantes del 80386, como el SX, DX y SL.

En 1991 Intel desarrollo el 486, que incluía un bloque de memoria cache y un coprocesador matemático dentro de la misma pastilla. También hubo variantes de este microprocesador como el

486DX, SX, DX2 y DX4. La principal diferencia entre cada versión es la velocidad de proceso y el voltaje de operación.

En 1993 Intel lanza al mercado la generación de microprocesadores Pentium, notables por su arquitectura superescalar, su ancho de bus externo de 64 bits y su velocidad que alcanzaba los 200Mhz.

Las compañías AMD y Cyrix introdujeron los microprocesadores 6X86 y K5 respectivamente.

A fines de 1995 apareció el Pentium Pro de Intel, cuya ventaja era tener un mayor número de aplicaciones por ciclo de reloj.

Con la aparición de multimedia, Intel desarrollo a fines de 1997 el Pentium MMX (Multimedia eXtensions.) Por su parte, ADM desarrollo el microprocesador K6; también con funciones especiales para el manejo de multimedia.

En 1996 Motorola introdujo su nueva línea de microprocesadores Power PC, destinados a las computadoras de la serie Macintosh Power PC (en alianza con IBM y Apple Computer). Después del Power PC, Motorola lanza la Línea de microprocesadores G3.

Estructura básica de un microprocesador.

Unidades funcionales básicas de un microprocesador.

En la terminología de microprocesadores, a cada grupo de circuitos que desempeñan diferentes tareas importantes se les denomina "unidad funcional" y el conjunto de unidades funcionales y la forma como están interconectadas se denomina "arquitectura" del microprocesador.

Las unidades básicas de un microprocesador son:

- Unidad aritmética/lógica.
- Unidad de control
- Registros internos
- Memorias del programa.

Hay otras unidades funcionales que también pueden existir en el microprocesador; como son la "memoria de datos" y los "puertos de entrada/salida".

La unidad de procesamiento central (CPU) es un microprocesador que posee únicamente las tres unidades básicas: Unidad de control, Unidad aritmética/lógica y algunos registros.

La unidad de control.

Es la unidad funcional primaria dentro del microprocesador. Utiliza señales de reloj para mantener la secuencia de eventos apropiados para llevar a cabo cualquier tarea de procesamiento.

Después de que una instrucción ha sido obtenida y decodificada por el microprocesador, la circuitería de control envía las señales apropiadas a dispositivos tanto internos como externos a la CPU, para iniciar la acción de procesamiento indicada por la instrucción.

El corazón de la unidad de control lo constituye el "generador de ciclo de maquina" (GCM), que se encarga de producir las señales de control, derivadas de un reloj u oscilador maestro como referencia.

### Unidad aritmética/lógica.

Conocida también como ALU (Arithmetic/Logic Unit.) La ALU es la parte del microprocesador que lleva a cabo las operaciones aritméticas y lógicas en los datos binarios. algunos de ellas se aplican sobre dos operaciones, otras solamente en uno.

La ALU ejecuta las siguientes operaciones:

Suma Aritmética.

Funciones lógicas AND, OR, XOR.

Complemento.

Rotación hacia la derecha o izquierda

La ALU contiene además un conjunto de FF's llamados "banderas" que guardan información relacionada con el resultado de una operación.

### Registros Internos.

Son unidades de almacenamiento temporal dentro de la CPU. Algunos tienen usos específicos, otros son de uso general.

Contador del Programa (program Counter) o PC.

Este registro lleva cuenta de cual instrucción es la que debe ejecutar enseguida el microprocesador.

Registro de Instrucciones. (Instruction Register) o IR.

Después de que se ha obtenido una instrucción de la memoria, la CPU lo almacena en este registro.

La instrucción almacenada en el IR es decodificada y usada para activar una de varias líneas. El dispositivo que traduce la instrucción en acciones concretas es el "Decodificador de instrucciones".

La primera palabra de una instrucción es el código de operaciones para esa instrucción.

El "Código de Operación" indica a la unidad de control, las operaciones requeridas en la ejecución de la instrucción.

Registro Acumulador.

Generalmente contiene uno de los operadores que serán manipulados por la ALU y el resultado de la operación se deposita en este registro, reemplazando a uno de los operandoos originales.

### Memoria del programa.

Es una ROM o EPROM que contiene el programa del microprocesador. En algunos casos, la memoria del programa también almacena parámetros o tablas de datos que no sufren modificaciones.

### Conceptos Adicionales del microprocesador.

#### Los registros internos de propósito general.

Con frecuencia, un microprocesador tiene un número de registros adicionales que no tienen asignada ninguna función en particular. Se usan en tareas generales como lugares de almacenamiento temporal para guardar operandoos o resultados intermedios. Por las restricciones del número de bits que se pueden incluir dentro del código de una instrucción, el número de registros de propósito general normalmente se limita a menos de ocho. para identificarlos se usan números o letras.

La memoria de datos.

Es una memoria de lectura/escritura (RAM), cuyo objetivo es permitir el almacenamiento temporal de datos o programas de aplicación. Por sus características de lectura/escritura, la información que reside en ella se puede alterar fácilmente. Esta se pierde cuando se apaga la fuente de alimentación

Los puertos de entrada/salida.

Son los circuitos que se encargan de establecer el contacto del microprocesador (CPU) con el mundo exterior. Los puertos se conectan a dispositivos periféricos que generan información para ser procesados por la CPU o que aceptan datos provenientes del microprocesador y los transforman en información significativa para el mundo exterior.

Los buses de interconexión.

Las salidas de interconexión se pueden agrupar en tres buses: datos, dirección y control.

**El Bus de Datos:**

Es un conjunto de líneas bidireccionales, que transportan información del microprocesador hacia la memoria o puerto y de estos al microprocesador.

**El Bus de Direcciones:**

Es unidireccional, por el solamente circula información proveniente del microprocesador. Comprende a las líneas que transmiten una dirección general por el CPU, la cual selecciona a un puerto o a una localidad de memoria.

**Bus de Control:**

Lo conforman la sincronización y el sentido de transferencia de información en el bus de datos, y el tipo de transferencia indicadas por medio de señales de control originadas en el CPU. Cada una de las señales en el bus de control es unidireccional.

**Buses Internos:**

Son buses que existen dentro del microprocesador que sirven para comunicar entre sí a la ALU, los registros internos y la unidad de control.

## Diferencias entre el SACEM y el 135 KHz.

### Modos de conducción

#### SACEM

##### METRO FERREO

Marcha a la vista MAV

Conducción manual controlada (CMC)

Pilotage Automático PA

#### 135 KHz

##### METRO NEUMATICO

Conducción manual restringida  
(CMR) (15 y 35 Km/h)

Conducción manual limitada (CML)  
Conducción manual controlada (CMC)

Pilotage Automático PA

### Señalización en cabina

Modo en que se conduce

Velocidad objetivo

Indicaciones de advertencia

PA F/S, No salida

CMC F/S, Silec F/S

Franq. Silec, T. DAM F/S

Programa no alimentado PNA

Pilotage no disponible PND

### Velocidad desarrollada

Hasta 95 Km/h

Desde luego que esta velocidad se alcanza

Gracias a otras características del tren y de la

Vía en sí como son:

Alimentación de la catenaria

Rodadura férrea

Distancia entre las estaciones

70 Km/h

### Comunicación tierra-tren

Antena/baliza (puntual)

Captor/riel (continuo)

Anticipada: puede "ver" las condiciones

De la vía ubicación y posición de las agujas,

Señales, circuitos de vía, puntos de cambio

De velocidad, puntos de paro en estaciones

En otras palabras el tren sabe donde está.

Captor/tapiz (continuo)

Captor/hilo programa, CML 15

Sólo sabe lo que hay abajo del captor.

El tren no sabe dónde se encuentra

---

<b>SACEM</b>	<b>Tecnología Aplicada</b>	<b>135 KHz</b>
<b>Electrónica digital</b>		<b>Electrónica analógica</b>
	<b>Comunicación Usuario/sistema</b>	
<b>Mediante computadora</b>		<b>No es posible</b>
	<b>Facilidades para efectuar modificaciones</b>	
<b>Relativamente fácil por que se logra Interviniendo el software</b>		<b>No tan fácil por que implica rediseñar circuitos y modificar el hardware</b>
	<b>Comunicación tren-tierra</b>	
<b>Antena/baliza (DAM)</b>		<b>No hay</b>

---

## **Líneas del Metro que Cuentan con el sistema SACEM.**

Ciudad de México.

### **Línea A**

Puesta en servicio: 1991

Longitud de la Línea: 17.192 Km.

Trenes en operación: 20 trenes.

Afluencia: 280,000 pas/día.

Estaciones:

Pantitlan  
Agrícola oriental  
Canal de san Juan  
Tepalcates  
Guelatao  
Peñón Viejo  
Acatitla  
Santa Martha  
Los Reyes  
La Paz

### **Línea 8**

Puesta en servicio: 1994.

Longitud de la Línea: 20.078 Km.

Trenes en operación: 25 trenes.

Afluencia: 400,000 pas/día.

Estaciones:

Garibaldi  
Bellas Artes  
San Juan de Letrán  
Salto del Agua  
Doctores  
Obrera  
Chabacano  
La Viga  
Santa Anita  
Coyuya  
Iztacalco  
Apatlaco  
Aculco  
Escuadrón 201  
Atlalilco  
Iztapalapa  
Cerro de la Estrella  
UAM  
Constitución de 1917

---

**Línea B**

Puesta en servicio: 2000

Longitud de la Línea: 13.500 Km.

Trenes en operación: 20 trenes

Afluencia: 350,000 pas/día

Estaciones:

Buena Vista

Guerrero

Garibaldi

Lagunilla

Tepito

Morelos

San Lázaro

Gran Canal

Romero Rubio

Oceania

Deportivo Oceania

Bosque de Aragón

Villa de Aragón

Continentes

Campestre

Río de los Remedios

M. Muzquiz

Tecnológico

Olimpica

Plaza Aragón

Ciudad Azteca

## CONCLUSIONES.

El crecimiento sin precedentes de la demanda de transporte, el gran aumento de los costos de los costos de los energéticos y construcción, incrementaron los problemas del transporte urbano. No obstante y como resultado de las nuevas políticas económicas en materia de transporte de pasajeros, se ha seguido una tendencia clara a su masificación y electrificación del mismo; las nuevas tendencias y el desarrollo tecnológico del transporte de pasajeros se ha orientado a tres áreas básicas: innovación en los sistemas guiados, riel convencional y sistemas guiados de alta velocidad y alcance.

Resultado de los anterior, se observa que en el periodo comprendido de 1970 a 1990 iniciaron su operación 53 sistemas de metro en el mundo, lo que significa el 60% del total de los Metros en servicio que operan actualmente.

Cabe destacar que de 87 metropolitanos importantes en el mundo, 80 son de rodada férrea con captación aérea, que representan el 92% del transporte mundial ferroviario y solo 7 incorporan la tecnología neumática con captación de barra guía y tercer riel.

Sin embargo, en México después de 22 años de operación se emplea por vez primera en el STC la tecnología férrea (línea "A" 1991). Dando como resultado la creación de un equipo de trabajo multidisciplinario capacitado, principalmente en la tecnología férrea, lo cual ha permitido Asesorar a sistemas de México y América Latina en diversas especialidades Metro, Tal es el caso de:

Metro de Medellín, Cali y bogota, Colombia.

Metro de Guadalajara, SITEUR.

Servicios de Transportes Eléctricos, DDF.

Tren Ligero de Tijuana.

Así vemos que los sistemas de Transporte Metropolitanos en México deberán incorporar decididamente la Tracción Eléctrica, ya que existen importantes razones que así lo determinan; menor consumo de energía, menor índice de contaminación y gran capacidad de transportación a bajo costo. Ahora bien, tomando en cuenta la situación actual de los energéticos, es posible considerar que la forma generalizada de energía a futuro será la electricidad; es por esta y otras razones que se vislumbra a los transportes de fuerza motriz eléctrica como los vehículos del futuro.

## CONCLUSIONES.

En servicio en la línea A del RER de París, así como en las líneas A, B y 8 de la Ciudad de México, SACEM ofrece hoy una respuesta innovadora y adaptada a las necesidades de los operadores del metro.

La arquitectura SACEM, su compatibilidad con los sistemas de señalización clásica. Así como su modularidad funcional hacen de SACEM la solución más coherente con las expectativas del mercado en materia de rehabilitación de líneas.

La tecnología basada sobre los microprocesadores y las cadenas numéricas, los tratamientos efectuados en los equipos embarcados, permiten al SACEM ser:

- Particularmente adaptado a la renovación o a la modernización de los equipos férreos existentes.
- Rápidamente aplicable e instalable en un medio desconocido.

En base a lo mencionado anteriormente y a los hechos que se han suscitado en los lugares de trabajo, se puede observar que a mediano y largo plazo, el tiempo y recursos empleados en la manutención del sistema SACEM, se verán reducidos considerablemente debido a las características del mismo, garantizando un cuidado riguroso en todos los aspectos que se deben respetar en cuanto a los parámetros de funcionalidad óptima.

Por otro lado el sistema ha demostrado ser versátil ya que se pueden hacer cambios mediante software en aspectos intrínsecos tales como: modificación de los tiempos de recorrido, cambios de velocidad, desplazamiento de los puntos normales de paro, etc., sin necesidad de invertir en equipo adicional.

El acta de mantenimiento asistido por computadora permite desligar la parte humana del ajuste y la reparación de los módulos en falla. Eso da al material homogeneidad y mayor durabilidad.

La presencia de archivo permite estudios de estadística de comportamiento operativo de bitácora, la filosofía de mantenimiento puede inicializarse con los criterios que son: Preventivo, Predictivo y Cíclico.

## GLOSARIO DE TERMINOS TÉCNICOS.

SIGLAS	DESCRIPCIÓN
ALD	AMPLICADOR LOCAL DE DESFRENADO
AMPERE	UNIDAD DE INTENSIDAD
AN	ANTENA VÍA RETORNO
AFF	VISUALIZADOR DE CABINA (VISUCAB)
AR	BOTON ADVERTIDOR SONORO (CLAXON DEL TREN)
AT	ALTA TENSIÓN
BAR	UNIDAD DE PRESION ATMOSFERICA
BS	TABLERO CON LAMPARAS DE SEÑALIZACIÓN
BT	BAJA TENSION
C	CONMUTADOR DE MODOS DE CONDUCCIÓN
Cm	CENTIMETROS
CBS	SENSOR DE BALIZA SILEC
CC	CAMBIO DE CABINA
CDV	CIRCUITO DE VÍA
CT	SENSOR DE TRANSMISIÓN CONTINUA
CLT2	CONDUCCIÓN LIBRE LIMITADA A TRACCION 2
CMC	CONDUCCIÓN MANUAL CONTROLADA
CML	CONDUCCIÓN MANUAL LIMITADA
CMR	CONDUCCIÓN MANUAL RESTRINGIDA
DBO	DESPACHO BAJO ORDEN
E	SEÑAL ENTRADA
EP	ENTRADA PERMISIBLE
EMD	ELECTRO VALVULA MODERABLE DE DESFRENADO
F	FRANQUEABLE
FU	FRENADO DE URGENCIA
FD	BOTON CIERRE DE PUERTAS Y MANTENIMIENTO
I	SEÑAL (DE ESPACIAMIENTO) INTERMEDIARIA
M	MOTRIZ CON CABINA
N	MOTRIZ SIN CABINA
OHM	UNIDAD DE RESISTENCIA
P	PRESION
PA	PILOTAGE AUTOMATICO
PCC	PUESTO CENTRAL DE CONTROL
Seg.	SEGUNDOS
R	REMOLQUE
RL	BLOQUE DE RELEVADORES
PRH	RUEDA FÓNICA
RPM	REVOLUCIONES POR MINUTO
T1	CONMUTADOR OPERACIÓN DEL TREN LAMPARA PILOTO
T2	CONMUTADOR OPERACIÓN DEL TREN LAMPARA PILOTO

**GLOSARIO DE TERMINOS TÉCNICOS.**

TAC	UNIDAD DE ALIMENTACIÓN DE CABINA
TAL	UNIDAD DE ALIMENTACIÓN
TBS	UNIDAD DE TRATAMIENTO BALISA SILEC
TCO	TABLERO DE CONTROL OPTICO
TFU	UNIDAD DE FRENADO DE URGENCIA
TFR	UNIDAD DE CANAL DE RETORNO
TKV	UNIDAD DE CONTROL DE VELOCIDAD ATP
TPA	UNIDAD DE PILOTAGE AUTOMATICO
TVR	UNIDAD DE CANAL DE RETORNO
VI	VIA UNO DE ORIGEN A DESTINO
V2	VIA DOS DE DESTINO A ORIGEN
VCA	VOLTS CORRIENTE ALTERNA
VCC	VOLTS CORRIENTE CONTINUA
VCD	VOLTS CORRIENTE DIRECTA
WATTS	UNIDAD DE POTENCIA
%	PORCENTAJE

**BIBLIOGRAFIA**

NUEVO CONCEPTO DE PILOTAGE AUTOMATICO.

ING. LUIS A. BARROSO G.

ING. ALAIN WALET.

ING. J. IGNACIO GASCAR R.

SISTEMA DE AYUDA A LA CONDUCCIÓN, A LA EXPLOTACIÓN Y AL MANTENIMIENTO EN LINEA "A" (DAM-SACEM)

ING. VICENTE LÓPEZ SERRANO.

SISTEMA DE AYUDA PARA LA CONDUCCIÓN, LA OPERACIÓN Y EL MANTENIMIENTO.

MATRA TRANSPORT.

CURSO DE CAPACITACIÓN (PRESENTACIÓN DEL SISTEMA SACEM)

MANUAL DEL OPERADOR DEL SIMULADOR DE MANTENIMIENTO DEL SACEM EMBARCADO.

ESPECIFICACIONES DEL DAM EMBARCADO EN EL SISTEMA SACEM DE LA CIUDAD DE MEXICO

ALGORITMOS Y COMPUTADORAS.

B.A. TRAKHTENBROT

LIMUSA.

BIBLIOTECA DE LA INFORMATICA.

LIMUSA

MANUAL MODERNO DE LA COMPUTACIÓN.

DENNIS P. CURTIN

PRENTICE HALL

SEGUNDA REUNION DE EVALUACIÓN INTEGRAL

GERENCIA DE LINEAS 7,8,9 Y A

1997

SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO.

DOCUMENTO TECNICO

COMPENDIO DE DATOS RELEVANTES DEL METRO

DIC. 97

MANUAL DE OPERACIÓN.

BOMBARDIER TRANSPORTATION MP68-R96

**BIBLIOGRAFIA**

SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO.  
DOCUMENTO TÉCNICO  
SEÑALIZACIÓN.

CIRCUITOS ELECTRÓNICOS.  
DONALD L. SCHILLING.  
MARCOMBO.

SISTEMA SACEM.  
LINEA "A" METRO FERREO.  
CIUDAD DE MÉXICO.

SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO.  
GERENCIA DE OPERACIÓN.  
INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO DE VIAS 1º PARTE.  
DEPTO DE VIAS Y ESTRUCTURAS.

DISEÑO DIGITAL.  
M. MORRIS MANO.  
PRENTICE HALL.

PILOTAGE AUTOMATICO.  
DOCUMENTO TÉCNICO.  
SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO METRO.  
AREA TÉCNICA, AGOSTO DE 1982.

MANUAL DE INDUCCIÓN AL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO.  
SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO.  
GERENCIA DE RECURSOS HUMANOS.