

## **“SISTEMATIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO DEL MATERIAL RODANTE PARA AUMENTAR SU DISPONIBILIDAD”.**

APLICACIÓN: SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO  
-METRO-

### **TESIS**

PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN INGENIERÍA**

INGENIERÍA DE SISTEMAS (ÁREA TRANSPORTE)

PRESENTA:

**ING. SERGIO DE LA TEJA GÓMEZ**

DIRECTOR DE TESIS:

**DR. LAURENT YVES GEORGES DARTOIS GIRARD**





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

INDICE:

RESUMEN.....	7
ABSTRACT.....	8
i Introducción.....	9
ii Problemática General.....	10
iii Definición de Problemas Particulares.....	13
iv Formulación de Objetivos.....	14
vi Alcances del estudio.....	14
<b>CAPITULO I. SITUACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE URBANOS EN MÉXICO Y EN ALGUNAS PARTES DEL MUNDO.....</b>	<b>15</b>
1.1 Situación del Transporte Urbano en México.....	15
1.2 Situación del Transporte Urbano en algunas partes del mundo: China, Colombia, Brasil, Inglaterra, Francia y Suecia.....	17

1.3 Los Trenes Metropolitanos en algunos países europeos.....	22
1.3.1 Los Trenes Metropolitanos en Latinoamérica.....	23
1.4 Políticas Actuales de los Gobiernos en materia de transporte urbano.....	26
<b>CAPITULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>28</b>
2.1 Sistematización.....	28
2.2 Concepto de Planeación y su Importancia.....	29
2.2.1 Concepto de Planeación.....	29
2.2.2 Importancia de la Planeación.....	30
2.3 Tipos de Planeación.....	31
2.3.1 Planeación Estratégica.....	31
2.3.2 Planeación Prospectiva.....	32

2.3.2.1	Visión de Largo Plazo.....	32
2.3.2.2	Elaboración de Escenarios.....	33
2.3.2.3	Construcción del Futuro Deseable.....	35
2.3.3	Planeación Operativa.....	37
2.4	Proceso General de Planeación del Transporte.....	38
<b>CAPITULO III. PROPUESTA METODOLÓGICA.....</b>		<b>40</b>
3.1	Planteamiento de posibles escenarios del Área de Material Rodante mediante Planeación Prospectiva.....	40
3.1.1	Escenario Catastrófico.....	40
3.1.2	Escenario Favorable.....	41
3.2	Desarrollo de la Propuesta Metodológica.....	42
3.2.1	Mantenimiento Preventivo y Correctivo.....	43
3.2.2	Rehabilitación del Material Rodante.....	43
3.2.3	Inventario de Refacciones y Materiales.....	43
3.3	Adaptación del mantenimiento preventivo y correctivo (Mantenimiento Adaptable).....	44
3.3.1	Mantenimiento Preventivo Adaptable.....	45
3.3.1.1	Criterios principales para el Mantenimiento Preventivo Adaptable.....	45
3.3.1.2	Organización del Mantenimiento Preventivo Adaptable.....	47
3.3.1.3	Indicadores de Desempeño del Mantenimiento Preventivo Adaptable.....	49

3.3.2	Mantenimiento Correctivo Adaptable.....	50
3.3.2.1	Criterios Principales para el Mantenimiento Correctivo Adaptable.....	51
3.3.2.2	Organización del Mantenimiento Correctivo Adaptable.....	51
3.3.2.3	Indicadores de Desempeño del Mantenimiento Correctivo Adaptable.....	56
3.4	Propuesta de Nuevos Criterios para llevar a cabo la Rehabilitación del Material Rodante.....	58
3.4.1	Criterios de planeación.....	59
3.4.2	Criterios sobre estado físico real del tren.....	59
3.4.3	Criterios de evaluación en base al análisis costo-beneficio.....	60
3.4.4	Criterios de Reasignación de trenes Rehabilitados.....	65
3.4.5	Indicadores de Desempeño de la Rehabilitación.....	65
3.5	Propuesta de Optimización del Manejo de Inventarios de Refacciones y Materiales..	66
3.6	Tipos de Planeación Utilizados para elaborar la propuesta metodológica.....	68
3.6.1	Planeación Prospectiva.....	68
3.6.2	Planeación Operativa.....	69

3.6.3 Planeación Estratégica.....	69
3.6.4 Proceso General de Planeación del Transporte.....	69
3.7 Barreras para la implementación.....	70
3.8 Plan de Acción para Aplicar la Propuesta Metodológica.....	71
CONCLUSIONES .....	73
INDICE DE TABLAS.....	77
INDICE DE FIGURAS.....	78
BIBLIOGRAFÍA.....	79

## RESUMEN.

La presente tesis tiene como objetivo servir como una base para la sistematización del mantenimiento de cualquier tipo de material rodante, entendiéndose éste como los vehículos que utilizan los sistemas de transporte público de pasajeros para trasladar a sus usuarios, pudiendo ser autobuses o trenes neumáticos o férreos. El caso de aplicación de la tesis se realizó en la empresa de gobierno: **Sistema de Transporte Colectivo "METRO"**

Por otro lado, analizando la situación actual, la problemática principal que se presenta en el "Sistema de Transporte Colectivo" es la siguiente:

-Bajos Niveles de disponibilidad del servicio.

### Problemas Particulares:

-No se cuenta con una sistematización de las siguientes áreas de oportunidad:

-Mantenimiento preventivo y correctivo.

-Rehabilitación del material rodante.

-Manejo de Inventario de materiales y refacciones.

Con el objeto de resolver los problemas particulares arriba planteados, se propone llevar a cabo una *Sistematización del Mantenimiento del Material Rodante* que consiste en lo siguiente:

1.-Adaptación y reorganización del Mantenimiento Preventivo y Correctivo.

2.-Aplicación de nuevos criterios para la Rehabilitación del material rodante.

3.-Optimización del Manejo de Inventario de materiales y refacciones.

## ABSTRACT.

This thesis aims to serve as a basis for systematic maintenance of any type of rolling stock, understood as vehicles using the public transport systems to transport passengers to their users may be buses or trains or ferrous tires. We apply the argument was made in the business of government: Sistema de Transporte Colectivo "METRO"

On the other hand analyzing the current situation, the main problem that occurs in the " Sistema de Transporte Colectivo "METRO" is:

"Low levels of service availability".

Special Issues:

"There is no systematization of the following areas of opportunity:

- "Preventive and corrective maintenance.
- Rehabilitation of rolling stock.
- Management of materials and spare parts.

In order to solve particular problems raised above intends to carry out a *systematization of the maintenance of rolling stock* that consists of the following:

- 1.-Adaptation and reorganization of preventive and corrective maintenance.
- 2.-Implementation of new criteria for the rehabilitation of rolling stock.
- 3.-Optimizing Inventory Management of materials and spare parts.

## **i. Introducción.**

Para efecto de delimitar los alcances de la presente tesis, de manera que los objetivos a plantearse sean realistas, se decidió enfocarse en el **Sistema de Transporte Colectivo “METRO”** de la Ciudad de México, particularmente en la Dirección de Mantenimiento de Material Rodante, que es el área que lleva a cabo el mantenimiento de los trenes.

Dentro de los antecedentes de un esquema de planeación del Sistema de Transporte Colectivo de la Ciudad de México, en el año de 2004 se estableció un proceso formal para llevar a cabo una planeación institucional a nivel interno del Organismo. Este proceso significó el primer paso en la implantación de una cultura de planeación estratégica, impulsada por la Dirección General del STC y su Consejo de Administración, buscando institucionalizar la ejecución de la planeación, en forma oficial.

La definición de estrategias queda en manos de la Dirección General y los altos mandos, conformando lo que se llama “programa institucional”, que a la vez establece estrategias y objetivos generales, así como acciones y proyectos de las diferentes áreas que conforman al organismo. (Referencia 1)

La situación que prevalece actualmente en el STC, es que la planeación estratégica no permea a los niveles operativos y administrativos más bajos, por lo que la visión, misión y estrategias que plantea la Dirección General no son conocidas por la mayoría de los trabajadores, sólo se han dado a conocer al personal directivo. Como ejemplo de éste desconocimiento se plantea lo siguiente:

La Misión del Sistema de Transporte Colectivo es:

*“Proveer un servicio público masivo, seguro, confiable y tecnológicamente limpio. Con una tarifa accesible que satisfaga las expectativas de calidad, accesibilidad, frecuencia y cobertura de los usuarios y se desempeñe con transparencia, equidad y eficiencia, logrando niveles competitivos a nivel mundial.”* (Referencia 1)

Sin embargo, al preguntar al personal operativo de la Dirección de Mantenimiento de Material Rodante si conoce la misión del Sistema de Transporte Colectivo, la gente responde que no la conoce. Esto provoca que los esfuerzos de esta área no sean encaminadas a su meta, lo que ocasiona que en muchos casos no se logren alcanzar los objetivos planteados por la Dirección General.

La situación anterior se debe a que no existe un programa permanente de difusión para dar a conocer a todo el personal la visión, misión y estrategias del Sistema de Transporte Colectivo.

## ii. Problemática General

El Sistema de Transporte Colectivo "Metro" actualmente está pasando por una situación de alerta, ya que en los últimos 3 años se ha incrementado el número de fallas de los trenes de todas las líneas de forma significativa; al aumentar las fallas del material rodante, los trenes tienen que retirarse de las vías para ser atendidos en los talleres de mantenimiento y por consecuencia se tiene una menor cantidad de trenes circulando, lo cual disminuye directamente la disponibilidad del servicio, esto se ve reflejado en mayores tiempos de espera y con la consecuente insatisfacción del usuario. Como ejemplo se proporciona la tabla 1 anexa en la cual se puede observar el incremento en el índice de averías del material rodante del 2007 al 2009 aproximadamente en un 31% más, en la Línea 8.

Tabla 1 Concentrado de averías de Línea 8 del 2007 y 2009

SISTEMAS	TIPO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL	%
TRACCION FRENADO	TF	123	149	154	146	174	111	139	121	187	127	125	91	1647	39.1%
GENERACION DE ENERGIA	GE	7	17	9	12	16	20	22	25	34	12	15	13	202	4.8%
MANDO Y CONTROL	MC	28	19	44	9	9	11	6	17	55	15	9	9	231	5.5%
SISTEMA DE PUERTAS	SP	67	52	15	21	17	26	30	15	73	21	39	23	399	9.5%
GENERACION DE AIRE	GA	12	10	25	14	17	19	17	23	34	23	9	9	212	5.0%
PILOTAJE AUTOMATICO	PA	23	25	27	8	16	19	24	17	26	16	14	9	224	5.3%
EQUIPOS MECANICOS	EM	32	48	43	43	31	23	14	37	41	32	28	23	395	9.4%
EQUIPOS DE COMUNICACION	EC	43	46	41	31	44	41	40	32	52	26	27	35	458	10.9%
SEÑALIZACION Y REGISTRO	SR	17	24	18	15	5	3	15	21	20	18	12	3	171	4.1%
CAJAS	CJ	6	6	6	12	12	8	7	13	14	7	7	5	103	2.4%
CAUSAS AJENAS	CA	10	12	10	18	12	13	7	9	13	15	31	18	168	4.0%
TOTAL:		368	408	392	329	353	294	321	330	549	312	316	316	4210	100%
<b>AÑO: 2009</b>															
SISTEMAS	TIPO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL	%
TRACCION FRENADO	TF	163	180	197	167	170	165	190	210	186	180	171	160	2139	38.7%
GENERACION DE ENERGIA	GE	14	20	9	10	13	12	14	15	14	10	9	7	147	2.7%
MANDO Y CONTROL	MC	47	25	35	30	25	21	20	21	21	18	15	14	292	5.3%
SISTEMA DE PUERTAS	SP	48	54	48	45	36	31	27	32	34	25	17	17	414	7.5%
GENERACION DE AIRE	GA	18	14	16	12	15	13	12	15	12	11	14	12	164	3.0%
PILOTAJE AUTOMATICO	PA	29	30	32	29	23	21	18	16	18	19	22	18	275	5.0%
EQUIPOS MECANICOS	EM	63	70	113	105	89	87	76	76	70	65	71	67	952	17.2%
EQUIPOS DE COMUNICACION	EC	62	60	52	51	54	60	55	56	65	61	65	56	697	12.6%
SEÑALIZACION Y REGISTRO	SR	15	16	18	15	14	10	13	14	13	12	14	12	166	3.0%
CAJAS	CJ	10	8	14	13	12	9	8	9	7	8	9	8	115	2.1%
CAUSAS AJENAS	CA	27	17	19	16	11	10	11	10	13	12	11	10	167	3.0%
TOTAL:		496	494	553	493	462	439	444	474	453	421	418	381	5528	100%

Fuente: Gerencia de Ingeniería de la Dirección de Mantenimiento de Material Rodante.

-Actualmente tanto el mantenimiento preventivo como el correctivo se realizan sin llevar a cabo un seguimiento y control de los mismos, es decir no hay una retroalimentación que permita saber tanto los niveles de cumplimiento de las metas del mantenimiento preventivo, así como los niveles de eficiencia del mantenimiento

correctivo y de esta manera tomar las acciones necesarias en el momento que se presenten desviaciones.

Por ejemplo en cuanto al mantenimiento preventivo: Si el mantenimiento cíclico de las EMDI (electroválvulas de frenado) no se está realizando al 100 %, sino que tiene un cumplimiento del 85%; lo que sucede es que se reporta ésta desviación pero no hay nadie que se encargue de hacer un análisis del por qué se presentó este incumplimiento y darle seguimiento hasta resolverla. Un mantenimiento cíclico con un cumplimiento del 85% puede provocar que se presenten fallas en los trenes y por consiguiente disminuya la disponibilidad del servicio.

Con respecto del mantenimiento correctivo, tampoco se hace un análisis y seguimiento del nivel de atención de fallas por lo que no se sabe cuando una avería se convierte en repetitiva o se sale de control.

Por ejemplo: Si existe una falla repetitiva en el sistema de puertas de un tren determinado que provoque que deje de circular, no se tiene personal que se encargue de hacer una retroalimentación de las intervenciones que se le han realizado al tren para que se analicen la ó las causas que originan esta avería y se corrijan definitivamente.

- Por otro lado se está llevando a cabo la rehabilitación del material rodante, la cual consiste en alargar la vida útil de un tren. Si la vida útil de un tren se considera que es de 30 años, la rehabilitación aumentará 66% más su vida útil es decir; 20 años aproximadamente, cambiando, reparando o reforzando los principales equipos del tren: mecánicos, eléctricos, neumáticos y electrónicos.

Sin embargo la rehabilitación del material rodante no se está planeando a largo plazo, es decir sólo se planea a corto plazo (un año) lo cual ha provocado que se tengan atrasos en su realización.

Se estima que el 45 % del total de trenes tienen 30 años o más de servicio, los cuales requieren rehabilitarse; de estos trenes actualmente se lleva rehabilitado aproximadamente el 64% (modelos MP-68 y NM-73), el modelo NM-79 es el que tiene que rehabilitarse en este momento porque ya cumplió 30 años de servicio y que representa el 36% restante que equivale a 58 trenes, sin embargo por falta de materiales y refacciones no se ha podido iniciar con ésta, la cual se llevará a cabo hasta el 2011, por lo que se tendrá un año de atraso en lo que se refiere al inicio de su rehabilitación. Considerando que en promedio actualmente un tren se rehabilita en 3 meses, los 58 trenes se tardarán 14.5 años en ser rehabilitados. Lo anterior implicará que el siguiente modelo a rehabilitarse (MP-82) se realizará cuando tenga 42.5 años de servicio, es decir contará con 12.5 años de atraso.

Pero lo más importante es evitar que el ritmo de envejecimiento y fatiga del material rodante sea mayor al ritmo de rehabilitación de los trenes y esto provoque incidentes relevantes. Como ejemplo de un incidente relevante se tiene el siguiente:

Las bancadas de la suspensión secundaria, ruedas de seguridad, enganches, etc., son equipos que forman parte de la seguridad del tren y por lo tanto del usuario, se encuentran fatigados; debido al gran esfuerzo a que son sometidos y por el uso continuo durante 41 años de servicio de los trenes los 365 días del año 19 horas al día, lo que ocasiona que estos equipos se vayan deteriorando y presenten fisuras que deben de cambiarse, es decir **rehabilitarse** para evitar que las fisuras se convierta en una fractura que provoque que un equipo se caiga del tren en las vías y que este se descarrile en línea. De aquí la importancia de rehabilitar los trenes a tiempo y evitar que suceda lo anterior.

-Se tiene también un problema en el manejo del inventario de refacciones y materiales para el mantenimiento del material rodante, debido a que la entrega de refacciones que se tiene actualmente es irregular (ver tabla 2 anexa) ya que unas piezas llegan cada 3 meses y otras cada 6 meses y en algunos casos hasta 12 meses, y en la mayoría de las veces no llegan los pedidos completos sino una parte de ellos; por lo que las refacciones sólo alcanzan para uno o dos meses o para tres meses en el mejor de los casos y nuevamente se tiene la necesidad de contar con la refacción, lo cual afecta el cumplimiento y la calidad del mantenimiento de los trenes, situación que se refleja posteriormente en fallas del material rodante, circunstancia que finalmente afecta la disponibilidad del servicio.

Tabla 2 Muestra de la periodicidad de surtimiento del Inventario de materiales y refacciones para el mantenimiento del almacén Z1

Código	Descripción del material o refacción	Fecha de surtimiento(cantidad)	Fecha de surtimiento(cantidad)	Fecha de surtimiento(cantidad)
3701024	Aceite de cacahuete	4/09/2008(7000kg)	25/03/2009(8000kg)	16/12/2009(7000kg)
3407008	Diafragma plano	14/04/2008(1000 pz)	21/10/2008(500 pz)	08/10/2009(1000 pz)
3407017	Junta de hermeticidad R-12	03/10/2008(700 pz)	23/05/2009(700 pz)	05/12/2009(600 pz)

Fuente: Almacén Z1 de la Gerencia de Suministros del Sistema de Transporte Colectivo.

A partir de la problemática general del Sistema de Transporte Colectivo se concluye que uno de los problemas generales es el siguiente:

*“Existe una disminución de la disponibilidad del servicio que presta el Sistema de Transporte Colectivo.”*

Después de describir la problemática general del Sistema de Transporte Colectivo y el problema general arriba señalado, se propone como hipótesis principal, de la presente tesis la siguiente:

*“A través de Sistematizar el Mantenimiento del Material Rodante se aumentará la disponibilidad del servicio del Sistema de Transporte Colectivo”.*

Esta hipótesis principal se buscará comprobarse al aplicar la propuesta metodológica planteada en el capítulo III para sistematizar el mantenimiento del Material Rodante.

### **iii. Definición de los Problemas Particulares:**

En base a la problemática general se desprenden los siguientes problemas particulares:

No se cuenta con una sistematización de:

- El Mantenimiento Preventivo y Correctivo.
- La Rehabilitación del Material Rodante.
- El Manejo de Inventarios de materiales y refacciones.

#### **iv. Formulación de Objetivos.**

El objetivo general de la tesis se deriva del problema general antes visto, que se resume a continuación:

“Existe una disminución de la disponibilidad del servicio que presta el Sistema de Transporte Colectivo. “

Del problema general, se deriva el objetivo general que es el siguiente:

“Sistematizar el mantenimiento del material rodante para aumentar la disponibilidad del servicio que presta el Sistema de Transporte Colectivo”.

Los objetivos particulares se derivan de los problemas particulares que son los siguientes:

Sistematizar lo siguiente:

-El mantenimiento preventivo y correctivo para contribuir al aumento de la disponibilidad de trenes para el servicio.

-La rehabilitación de los trenes para incrementar seguridad y su vida útil.

-El manejo de inventario de materiales y refacciones para un mejor desempeño en las actividades del mantenimiento de los trenes.

#### **vi. Alcances del Estudio.**

Debido principalmente a las limitaciones de tiempo (un semestre) para la implementación de la propuesta metodológica planteada en el capítulo 3 y al actual sistema burocrático del Sistema de Transporte Colectivo, no fue posible llevar a cabo la aplicación de la propuesta metodológica planteada en la presente tesis. Debido a lo anterior el alcance del presente estudio se limita a proponer una metodología dirigida al área de Mantenimiento de Material Rodante para ser implementada en un futuro.

## **CAPÍTULO 1: SITUACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE URBANO EN MÉXICO Y EN ALGUNAS PARTES DEL MUNDO.**

En este capítulo se presenta primeramente un panorama general del estado actual del transporte público urbano en México, incluyendo su problemática y el papel que juega el transporte en el desarrollo económico nacional. Posteriormente se plantea la situación del transporte urbano en países como Colombia, Brasil, Inglaterra y Francia, en lo que se refiere a los sistemas de autobuses urbanos y las principales diferencias entre estos. En seguida se habla de las características de los trenes urbanos en Europa, Latinoamérica y en la ciudad de México. Por último se mencionan las políticas actuales de los gobiernos en materia de transporte urbano.

### **1.1 Situación del Transporte Urbano en México.**

México afronta un reto importante para incrementar su competitividad ante una economía globalizada. La infraestructura y desarrollo del transporte es fundamental para promover el crecimiento económico en todo el país y combatir la pobreza.

Actualmente es indispensable procurar el buen funcionamiento y competitividad de las ciudades. En este sentido, México no ha dado prioridad al desarrollo de sistemas de transporte urbano eficientes, que aseguren la calidad de vida y la competitividad en sus urbes.

Hoy en día, las zonas urbanas y su entorno son el motor económico del país, pues generan 95% del PIB y albergan 80% de la población. Sin embargo, su funcionamiento se ve amenazado por un modelo de transporte urbano que no es sustentable desde una perspectiva económica, financiera, social y ambiental.

En México se observa una creciente tasa de urbanización, acompañada de un alarmante nivel de motorización que está rebasando la capacidad de los sistemas de transporte urbano existentes. En 2005, por primera vez en nuestra historia, se incorporaron más de un millón de vehículos nuevos. (Referencia 2)

La tasa de crecimiento promedio del parque vehicular es de 7.45% anual, la cual es muy superior a la demográfica (cercana al 2%) y al crecimiento de la economía (del orden del 4%). Esto significa que en tan sólo 10 años se duplicará el número de vehículos en circulación y las ciudades no cuentan con una infraestructura capaz de absorberla. Además, el espacio vial es ocupado en más del 80% por el transporte privado, que solo moviliza entre el 20% y el 35% de los habitantes en la mayoría de las ciudades mexicanas.

La práctica más común para abordar esta problemática en nuestras ciudades es la ampliación de la capacidad vial. Sin embargo, revisando la experiencia mundial se verifica que las ciudades que han dado prioridad a la inversión de la infraestructura vial, tienen como resultado una mayor dependencia del automóvil y gastan más en infraestructura, sin que esto implique una mayor productividad.

Ésta no es una solución de largo plazo, pues se ve rebasada por el alto ritmo de incorporación de vehículos que saturan las vías aceleradamente.

Por otro lado, el transporte colectivo es un servicio de muy mala calidad, inseguro y altamente contaminante en la mayoría de las ciudades mexicanas. Este servicio público está predominantemente en manos del sector privado, bajo un esquema de concesiones individuales que tiene poca regulación y escaso control por parte de la autoridad. La informalidad del sector y la carencia de inversiones contribuyen al deterioro creciente del servicio, que cada vez resulta menos atractivo a la población y pierde competitividad frente al transporte individual.

Este modelo de movilidad ocasiona pérdidas de tiempo millonarias por congestamientos, consumo energético insostenible, deterioro ambiental y emisiones que contribuyen significativamente al calentamiento global. Asimismo, ahonda la inequidad social al privilegiar en el uso del espacio y de los recursos de la nación a la minoría que tiene acceso a modos privados de transporte. Estas pérdidas ya son palpables de manera crónica en las ciudades grandes del país, y crecen de manera exponencial en las medias.

Solo en la Ciudad de México se pierden 120 mil millones de pesos al año en tiempos de traslado. El transporte es responsable de 80% del total de emisiones contaminantes y 50% de las emisiones de gases de efecto invernadero. Los accidentes automovilísticos son responsables de 2,500 decesos y respirar el aire contaminado de esta ciudad resulta en aproximadamente 4,000 muertes prematuras.

Son necesarios mil quinientos kilómetros de transporte masivo adicionales para atender a estas urbes. La Ciudad de México, Monterrey, Guadalajara y León concentran los 293 kilómetros de sistemas de transporte masivo en operación y suman una quinta parte de los 1,500 kilómetros requeridos, lo que revela la magnitud del reto.

México requiere dar un salto cuantitativo en la provisión de transporte masivo. El tamaño e importancia del desafío hace necesaria la participación directa y decidida de todos los niveles de gobierno. (Referencia 2)

## 1.2 Situación del Transporte Urbano en algunas partes del mundo: China, Colombia, Brasil, Inglaterra y Francia.

China, Colombia y Brasil, entre otros, han establecido el desarrollo del transporte público como objetivo estratégico para el desarrollo del país. Para ello, crearon políticas nacionales de transporte urbano, que circunscriben inversiones, cambios institucionales, creación o modificación de regulación en esta materia.

En China, el Gobierno Central planteó desde el 2004 una política para dar importancia al transporte público y atraer a potenciales usuarios del automóvil. Los lineamientos creados originalmente son muy orientados a alternativas de transporte masivo sobre rieles, pero progresivamente reconocen el costo efectividad de las soluciones con sistemas de autobuses de alta eficiencia.

En América Latina, el desarrollo del transporte público se inscribe en una política de modernización tendiente a promover *corredores de tránsito rápido en autobuses* usando carriles confinados, conocidos como *BRT (Bus Rapid Transit* por su acrónimo en inglés). Si bien este tipo de política tiene impactos drásticos en términos de sustitución de los vehículos de transporte público de menor capacidad conllevando a sustanciales reducciones en los costos de transporte por pasajero y sobretodo en los tiempos de traslado, los efectos registrados en términos de mitigación de las emisiones de GEI resultan más limitados, por lo menos hasta que se alcance cierto tamaño crítico; esto es, una estructura de red troncal integrada con rutas alimentadoras.

Colombia tiene una de las políticas más agresivas en este sentido. Cuenta con una ley por la cual el Gobierno Nacional financia hasta el 70% de los proyectos de transporte masivo, mientras que las ciudades aportan el 30% restante.

Este monto de inversión pública incluye el apoyo a la implantación de sistemas de transporte masivo con autobuses eficientes y de alta calidad, que integren distintos modos de transporte e induzcan mejoras en el espacio público.

En este sentido, la Política de Estado colombiano tiene concretamente como objetivo mejorar la calidad de vida de 15 millones de colombianos en 14 ciudades. Desde el año 2000, siete áreas metropolitanas se han beneficiado. Los resultados esperados con la implantación de estos sistemas de transporte masivo se encuentran resumidos a continuación:

-Reducción en 35% de los costos de operación del transporte público en los corredores intervenidos.

- 500 millones de dólares americanos de inversión privada. (Referencia 2)

- 190 millones de horas por año de ahorros en tiempo de viaje.
- Reducción de índices de accidentalidad en un 35% en los corredores intervenidos.
- Generación de por lo menos 60,000 empleos.
- Cuatro millones de viajes más al día en sistemas de transporte masivo con una velocidad promedio de 26 km/h.
- Reducción de un 30% en los índices de criminalidad en las zonas de influencia directa de los sistemas de transporte masivo.
- Identificación de nuevas fuentes de financiamiento (cargos a los usuarios como peajes urbanos y equivalentes).

Así en el Sistema *Transmilenio* en Bogotá, Colombia, ha logrado captar entre el 15 % y el 18% de la demanda motorizada en seis años de operación, que se tradujo en una disminución de las emisiones totales generadas por el transporte urbano del orden del 4 % al 6%, con una meta a mediano plazo para alcanzar el 8% de reducción.



Autobús Transmilenio de Bogotá

En el caso del sistema *Metrobús* de la Ciudad de México en su primera etapa, la operación de este corredor único permitió captar el 1.3% de la demanda total de transporte en el Distrito Federal. (Referencia 2)



Metrobús de la Ciudad de México 1ª. etapa

En Brasil se ha constituido el Ministerio de las Ciudades como un órgano encargado de la regulación y fomento de un transporte urbano sustentable.

Los sistemas BRT iniciaron su promisoro carrera en Brasil hace más de 30 años en el contexto muy particular de ciudades con fuerte crecimiento demográfico. En aquel entonces, el organismo público *Ente Brasileiro do Transporte Urbano (EBTU)* optó por financiar sistemas de transporte masivo en autobús que se diseñaron para ordenar el uso del suelo urbano y planear a largo plazo el desarrollo urbano.

Esta planeación ha sido tan exitosa que hoy en día se sigue describiendo a la Ciudad de Curitiba como un paradigma de desarrollo urbano. De hecho, con una población total que alcanza en la actualidad 1.6 millones de habitantes, el sistema de BRT y sus rutas alimentadoras satisfacen el 80% de la demanda en horas-pico y logran atender del orden del 70% de la demanda diaria de transporte urbano de pasajeros.

Si bien la experiencia brasileña fue muy exitosa, ya que permitió idear un novedoso sistema de transporte en autobús en constante evolución y económicamente sustentable, prestando servicios de calidad a por lo menos 20 ciudades principales del país, resulta azaroso generalizar esta experiencia en contextos urbanos diferentes.

La promoción de sistemas de transporte urbano ambientalmente sustentable representa hoy por hoy *un reto global* ya que las grandes urbes del planeta enfrentan la misma problemática de aumento de la participación del automóvil particular en los desplazamientos. (Referencia 2)

Contados son los casos de ciudades en el nivel internacional que han logrado revertir en forma duradera esta tendencia de fondo que propicia altos índices de consumo de energía, tiempo y espacio, además de alarmantes niveles de

contaminación atmosférica. De tal forma que la mayoría de las políticas de fomento del transporte público y de los modos de transporte no motorizados tienen como propósito explícito o implícito el conservar *hasta donde se pueda* la participación de ambas modalidades de transporte como lo refleja la tabla Núm. 3 siguiente:

Tabla 3 Pronóstico de evolución del reparto modal de los desplazamientos urbanos (sin el transporte de carga)

Muestra de ciudades por áreas geográficas	Modos Motorizados		No Motorizados		Transporte Público		Transporte Particular	
	2000	2025	2000	2025	2000	2025	2000	2025
<b>1.Estados Unidos</b>	11%	11-14%	5%	10%	84%	76-79%		
Muestra de ciudades por áreas geográficas	Modos Motorizados		No Motorizados		Transporte Público		Transporte Particular	
	2000	2025	2000	2025	2000	2025	2000	2025
<b>2.Canadá</b>	13%	11%	12%	14%	75%	75%		
<b>3.Australia/Nueva Zelanda</b>	19%	16%	7%	11%	74%	73%		
4.Medio Oriente	31%	22%	21%	16%	48%	62%		
<b>5.Europa Occidental</b>	37%	31%	22%	25%	41%	44%		
6.Países Asiáticos de altos ingresos	32%	24%	35%	29%	33%	47%		
7.América Latina	34%	26%	39%	31%	27%	43%		
8.Países Asiáticos de bajos ingresos (sin China)	38%	32%	37%	31%	25%	37%		
9.Europa del Este	30%	24%	48%	36%	22%	40%		
10.Africa Occidental	48%	38%	30%	28%	22%	34%		
<b>11.China RPC</b>	70%	40%	22%	28%	8%	32%		

Fuente: Estimaciones propias con base en Kenworth y Laube, 2002.

Se observa en la tabla 3 que en todos los países analizados, con excepción de Estados Unidos, se pronostica que *la participación de los modos de transporte no motorizado seguirá disminuyendo*. El aumento consecuente de los desplazamientos

motorizados se relaciona con la estructura misma del espacio urbano, puesto que en las ciudades de países desarrollados no se contempla que el movimiento centrípeta de la población hacia la periferia vaya a invertirse, mientras que en las ciudades de países emergentes o en desarrollo impera además, un fuerte crecimiento de la motorización individual en detrimento de los desplazamientos no motorizados.

En el caso de los países de Europa Occidental, el contexto es muy diferente. En la mayoría de las ciudades, la red de calles relativamente estrechas no permite insertar sistemas de BRT con carriles centrales exclusivos. Además, por el costo elevado del suelo urbano, la construcción de estos corredores de alta demanda resulta prácticamente tan cara como la construcción de tranvías, mientras la tecnología de tranvías permite diseñar infraestructuras más angostas que se adaptan con mayor facilidad en la retícula de calles existentes. Adicionalmente la fuerte motorización individual ha desatado una competencia por el uso de la vialidad en detrimento de los sistemas de autobuses convencionales que operan con bajos índices de velocidad.

Para volver el transporte público de superficie más atractivo y disuadir el uso de los automóviles particulares, la política de transporte urbano consiste en desarrollar redes troncales de tranvías, por un lado, y construir carriles protegidos de autobuses a la orilla de las aceras (carril derecho), aumentando su velocidad comercial y eliminando el estacionamiento en la vialidad de los coches, del otro.

Este tipo de soluciones tratan de aprovechar una combinación de tecnologías de transporte y atraer a usuarios de automóviles ya que restringen las facilidades de estacionamiento indiscriminado y aumentan en paralelo la calidad del servicio de transporte público. Así las elevadas inversiones en sistemas intermedios o masivos de transporte eléctrico suelen complementarse con inversiones de bajo costo en corredores de autobuses protegidos. Con lo que se logra canalizar la demanda hacia los sistemas eléctricos menos contaminantes y mejorar a la vez la operación de los sistemas convencionales de autobuses.

De hecho, desde hace algunos años, se observa *un renacimiento del uso de los autobuses* en numerosas ciudades europeas (Londres, Lyon,...etc.) gracias a esta política diversificada de promoción del transporte público. Ahora bien, esto se pudo lograr porque el crecimiento de la demanda de transporte es moderado y porque muchos corredores de transporte en autobús presentan una mediana frecuencia. De tal manera, que tampoco el ejemplo de las ciudades europeas puede extrapolarse con sencillez en el contexto urbano más dinámico de América Latina. (Referencia 3).

### 1.3 Los Trenes Metropolitanos en algunos países europeos.

Los trenes metropolitanos que dan servicio a las grandes ciudades del mundo son conocidos en muchos países como "metro", que es un acortamiento de "metropolitano" (del latín *metropolitānus*) que significa ciudad, haciendo referencia precisamente a las metrópolis donde circulan. Otros términos usados son "subterráneo" o "subway". El primer metro del mundo fue el subterráneo de Londres (denominado *Metropolitan Railway*), inaugurado en 1863 con seis kilómetros de longitud. En años sucesivos fue extendiéndose, de forma que en 1884 formaba un anillo de aproximadamente veinte kilómetros. A continuación se le añadieron líneas radiales, en parte a cielo abierto y en parte en túnel, para constituir el *Metropolitan and District Railway*. Las locomotoras eran de vapor. Posteriormente se comenzó la excavación de túneles en forma de tubo y se electrificaron las líneas, de allí la denominación inglesa *Tube*.

En 1896, Budapest (con la inauguración de la línea de Vörösmarty, de cinco kilómetros) y Glasgow (con un circuito cerrado de 10 km) fueron las siguientes ciudades europeas en disponer de metro.

Aunque existen trenes metropolitanos cuyo trayecto transcurre total o parcialmente en la superficie, el concepto de *metro* se asocia generalmente a tren subterráneo, solución que fueron progresivamente adoptando las ciudades que no la habían adoptado originalmente, debido a varios motivos, entre los que pueden estar la superioridad en el orden de la calidad estética y ambiental del trazado subterráneo, así como la falta de terreno disponible o la carestía del suelo en las grandes ciudades.

Cuando el metro circula a cielo abierto, generalmente se colocan las vías sobre plataformas metálicas o de hormigón elevadas unos cuatro o cinco metros del suelo, de forma que el metro no interfiere con el tráfico de las calles. No obstante, su ruido resulta molesto para los vecinos, así que en algunas ciudades, como en París, los trenes que circulan por las líneas de metro que transcurren parcialmente a cielo abierto están dotados de vagones con neumáticos de caucho, lo que confiere un silencio y confort de marcha considerables. En ciudades como Praga el trayecto sobre la superficie se realiza dentro de tubos elevados. (Referencia 4)

A partir de la electrificación de los ferrocarriles, el metro se ha convertido en un

medio de transporte eléctrico en todo el mundo. En algunos casos la corriente es conducida por unas catenarias por encima del tren y, en otros, existen vías especiales destinadas a esta tarea en los laterales del trayecto (como es el caso del Metro de la Ciudad de Londres).



### **Metro de la Ciudad de Londres**

En los últimos años los operadores de sistemas del tren metropolitano se han lanzado a la construcción y explotación de líneas del metro ligero, que por sus peculiares características de construcción y explotación se consideran independientes a las líneas convencionales. (Referencia 4)

#### **1.3.1 Los trenes metropolitanos en Latinoamérica.**

El primer país latinoamericano que construyó su propia red de trenes metropolitanos (metro) fue Argentina en Buenos Aires en el año de 1913. No obstante, existe un precedente en la ciudad chilena de Valparaíso: después del terremoto de 1906, la compañía inglesa "Chilean Electric Trailway & Light Co.", proyectó una línea del metro bajo el centro de la ciudad con estaciones subterráneas; sin embargo, el alto precio de este proyecto y el desinterés hacia Valparaíso por parte del presidente de



### **Metro de Buenos Aires Argentina**

esa época provocaron que éste no le otorgara presupuesto al proyecto. El primer tren metropolitano que se inauguró en España fue el de Madrid, en el año de 1919. Años después, México construye su red del Metro en el Distrito Federal en 1969 y a la fecha es el más extenso de Latinoamérica. Le sigue

Brasil, que construye una red del metro en Sao Paulo. Río de Janeiro y Santiago de Chile en los años de 1974,1979 y 1975, respectivamente.



### **Metro de Santiago de Chile**

En los años ochentas, hay un auge en este sistema de transporte:

En Brasil, las ciudades de Belo Horizonte, Brasilia, Recife, Porto Alegre, Sao Paulo, Rio de Janeiro y Teresina poseen su propio metro.

En México, en la Cd. de Guadalajara se terminó de construir la Línea 1 del metro.



### **Metro de la Cd. de México**

Venezuela se vuelve el quinto país latinoamericano en establecer una red del metro en la Ciudad de Caracas.

En los años noventas, se construyeron los metros de Medellín en Colombia, Monterrey y la Línea 2 del Metro de Guadalajara, en México.

Iniciando el nuevo siglo, la capital de Brasil posee su sistema de metro y Perú adquiere otro sistema en su capital Lima. (Referencia 4)

En Brasil, la Ciudad de El Salvador tiene este sistema de transporte en 2006.

En Chile, se inauguraron los metros de Valparaíso y Concepción en 2005.

En Venezuela, se empieza un nuevo auge con la construcción de los metros de Los Teques, Valencia y Maracaibo en 2006.

En Colombia se inician los estudios para la construcción del metro de Bogotá, que sería el segundo sistema de este tipo en dicha ciudad, después del metro de Medellín.

En la Ciudad de México se inició la construcción de la Línea 12 del metro, que tendrá como terminales de Mixcoac (en el poniente) hasta Tláhuac (en el suroriente) y será la más moderna y vanguardista línea en Latinoamérica, ya que contará con servicio de guardería, centros de Internet y baños, el color de la línea será el dorado.

Puerto Rico se vuelve el primer país en el Caribe en contar con su propio sistema de “Tren Urbano”, construido en San Juan en 2004.

República Dominicana es el segundo país caribeño en contar con este tipo de transporte.

Como podemos ver, el “Metro” o tren metropolitano, es un medio de transporte público característico de las grandes ciudades de todo el mundo y forma parte de los medios de transporte masivo de pasajeros más utilizado.

Entre otras cosas, es el único sistema de transporte terrestre que tiene una grande capacidad de transportación de personas, sin afectar el medio ambiente; es decir, no contamina y los usuarios cuentan con la seguridad al abordarlo.

Finalmente, se puede deducir que “no existe ninguna solución tecnológica ideal” y que las políticas de transporte público más exitosas son aquellas que apuestan en una transformación integral en el largo plazo.

Lo anterior será posible, aprovechando las capacidades diferenciadas de los sistemas ofrecidos, ya que cada uno se caracteriza por un rango de costos y capacidades operativas distintas. (Referencia 4)

#### **1.4 POLÍTICAS ACTUALES DE LOS GOBIERNOS EN MATERIA DE TRANSPORTE URBANO.**

Como hemos visto la tendencia actual de los gobiernos de un gran número de países, es dedicar importantes recursos para mejorar los sistemas de transporte masivo de pasajeros, tanto público como privado, ya que se han percatado que lo

anterior es una estrategia vital para el desarrollo de sus economías y para disminuir la emisión de gases de efecto invernadero que afectan directamente el cambio climático mundial.

En general, a nivel mundial se está llevando a cabo una planeación del transporte urbano enfocada en el cambio modal: promoción de servicios de transporte público diversificados para disuadir el uso del automóvil (corredores de tránsito rápido en autobuses, metro, tranvías, etc.), desarrollando también alternativas locales de desplazamiento no motorizado como el uso de la bicicleta (en distancias cortas).

Existe un consenso internacional en que la solución más eficiente y equitativa para atender la creciente demanda de movilidad de las ciudades, es dar preferencia al uso del transporte público masivo de calidad. Ante este escenario, es fundamental reevaluar las políticas que rigen actualmente al transporte urbano en México y avanzar hacia esquemas que apoyen concretamente su desarrollo.

En México, el gobierno federal ha sido históricamente el principal impulsor de los sistemas de transporte masivo, al participar de manera notoria en el financiamiento de los sistemas de trenes metropolitanos como el “metro” (originalmente el Sistema de Transporte Colectivo fue creado por el gobierno federal, actualmente depende del gobierno del Distrito Federal) y de trenes urbanos (recientemente, por ejemplo, la SCT ha actuado como el principal promotor del Tren Suburbano, que ya está dando servicio a los residentes de la ZMVM y que conecta a Ecatepec con la Ciudad de México).

Por ende, la participación manifiesta del gobierno federal y de los gobiernos estatales incluido el gobierno del D.F. en la orientación de estrategias y la creación de incentivos para proveer sistemas de transporte masivo más eficientes que coadyuven al desarrollo económico y al mejoramiento de la calidad de vida, es decisiva. (Referencia 2)

## **CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.**

En este capítulo comenzaremos por definir lo que es la sistematización y posteriormente se presentará el concepto de planeación, después vislumbraremos su importancia, los principales tipos de planeación que se manejan en la actualidad y finalmente, se planteará el proceso de planeación del transporte más utilizado hoy en día.

### **2.1 SISTEMATIZACIÓN.**

Debido a que la presente tesis plantea la sistematización del mantenimiento del material rodante como medio para aumentar la disponibilidad del servicio del Sistema de Transporte Colectivo, en este apartado se planteará la definición de sistematización y sus diferentes acepciones.

Definición de Sistematización: organizar un conjunto de elementos dándoles un orden determinado y lógico.

Diferentes acepciones de sistematización:

Significa “acción y efecto de sistematizar”, de ordenamiento o clasificación de diferentes elementos bajo una regla o parámetro similar.

Es el establecimiento de un sistema u orden que tiene por objetivo permitir obtener los mejores resultados posibles de acuerdo al fin que se tenga que alcanzar.

Es la conformación de un sistema, de una organización específica de ciertos elementos o partes de algo, ya que es un conjunto de reglas, métodos o datos sobre un asunto que se hayan ordenados y clasificados, llevar a cabo un proceso de sistematización será justamente eso: establecer un orden o clasificación.

Si partimos del hecho de que sistematizar es un proceso constante de elaboración de conocimiento, y que ha estado ligado al desarrollo de la metodología científica, en los últimos años, entonces el uso más frecuente de la sistematización es básicamente en dos ámbitos:

-La sistematización de información: ordenamiento y clasificación bajo determinados criterios, relaciones y categorías de todo tipo de información. Por ejemplo, la creación de bases de datos.

-La sistematización de experiencias: las experiencias son vistas como procesos

desarrollados por diferentes actores en un período determinado de tiempo, envueltas en un contexto económico y social, en una institución determinada. (Referencia 5)

## **2.2 CONCEPTO DE PLANEACIÓN Y SU IMPORTANCIA.**

Ya que en la presente tesis se plantea que la sistematización es parte de la planeación, en este apartado se abordará el concepto de planeación y sus diferentes tipos.

### **2.2.1 Concepto de planeación.**

Antes de iniciar una acción administrativa, es imprescindible determinar los resultados que pretende alcanzar la empresa, así como las condiciones futuras y los elementos necesarios para que este funcione eficientemente.

La planeación establece las bases para determinar el elemento riesgo y minimizarlo. La eficiencia en la actuación de una empresa para alcanzar sus metas depende en gran parte de una buena planeación. (Referencia 6)

A continuación se presentan algunos conceptos de planeación de algunos autores:

"La planeación consiste en fijar el curso concreto de acción que ha de seguirse, estableciendo los principios que habrán de orientarlo, la secuencia de operaciones para realizarlo, y la determinación de tiempos y números necesarios para su realización". ( **Reyes Ponce** )

"Determinación del conjunto de objetivos por obtenerse en el futuro y el de los pasos necesarios para alcanzarlos a través de técnicas y procedimientos definidos". ( **Dale** )

"Planeación es la selección y relación de hechos, así como la formulación y uso de suposiciones respecto al futuro en la visualización y formulación de las actividades propuestas que se cree sean necesarias para alcanzar los resultados esperados". ( **Terry** )

"La planeación es el primer paso del proceso administrativo por medio del cual se define un problema, se analizan las experiencias pasadas y se embozan planes y programas". ( **Fernández Arenas** )

"La planeación consiste en determinar los objetivos y formular políticas, procedimientos y métodos para lograrlos". ( **Kazmier** )

## 2.2.2 Importancia de la planeación.

La planeación es parte fundamental dentro de la dinámica de cualquier empresa, para alcanzar los objetivos que se ha propuesto. Existen varias razones que describen la importancia que tiene la planeación, las cuales se presentan a continuación:

- Propicia el desarrollo de la empresa al establecer métodos de utilización racional de los recursos.
- Reduce los niveles de incertidumbre que se pueden presentar en el futuro, más no los elimina.
- Prepara a la empresa para hacer frente a las contingencias que se presenten, con las mayores garantías de éxito.
- Mantiene una mentalidad futurista teniendo más visión del porvenir y un afán de lograr y mejorar las cosas.
- Condiciona a la empresa al ambiente que lo rodea.
- Establece un sistema racional para la toma de decisiones, evitando las corazonadas o empirismo.
- Reduce al mínimo los riesgos y aprovecha al máximo las oportunidades.
- Las decisiones se basan en hechos y no en emociones.
- Promueve la eficiencia al eliminar la improvisación.
- Proporciona los elementos para llevar a cabo el control.
- Al establecer un esquema o modelo de trabajo (plan), suministra las bases a través de las cuales operará la empresa.
- Disminuye al mínimo los problemas potenciales y proporciona al administrador magníficos rendimientos de su tiempo y esfuerzo.
- Permite al ejecutivo evaluar alternativas antes de tomar una decisión. (Referencia 7)

## 2.3 TIPOS DE PLANEACIÓN.

En este apartado se abordarán diversos tipos de planeación tales como, operativa, estratégica y prospectiva que se utilizaron como base para la elaboración de la propuesta metodológica planteada en el capítulo 3.

### 2.3.1 Planeación estratégica.

¿Qué es la planeación estratégica?

*“La planeación estratégica es el esfuerzo sistemático de una compañía para establecer sus propósitos, objetivos, políticas y estrategias básicas para desarrollar planes detallados con el fin de poner en práctica las políticas y estrategias para así lograr los objetivos y los propósitos básicos de la compañía.” (Steiner)*

Es un proceso que sienta las bases de una actuación integrada a largo plazo, establece un sistema continuo de toma de decisiones, identifica cursos de acción específicos, formula indicadores de seguimiento sobre los resultados e involucra a los agentes sociales y económicos locales a lo largo de todo el proceso.

Los administradores consideran a la organización como una unidad total y tienen como tarea qué debe hacerse a largo plazo para lograr las metas organizacionales.

Según George A. Steiner, la planeación estratégica no puede estar separada de funciones administrativas como: la organización, dirección, motivación, sistematización y control. Además, este tipo de planeación está proyectada al logro de los objetivos institucionales de la empresa y tienen como finalidad básica el establecimiento de guías generales de acción de la misma.

Este tipo de planeación se concibe como el proceso que consiste en decidir sobre los objetivos de una organización, los recursos que serán utilizados y las políticas generales que orientarán la adquisición y administración de tales recursos.

Como parte fundamental de la planeación estratégica cada empresa debe definir lo siguiente:

-Misión: es la razón de ser de la empresa

-Visión: es la representación filosófica de cómo desea la empresa que la vean sus clientes, empleados, propietarios y otras personas importantes para la empresa. Se utiliza para inspirar y motivar a quienes tienen un interés por el futuro de la empresa.

-Objetivos: es un resultado que se necesita alcanzar dentro de un período de tiempo debe ser medible y realista. Los objetivos deben estar encaminados a alcanzar la misión de la empresa. (Referencia 8)

### **2.3.2 Planeación Prospectiva**

Definir el término planeación conlleva una ardua labor ya que, por una parte, existen numerosas definiciones y, por otra, el concepto mismo sufre cambios permanentes; para ser prácticos se propone definirla como procesos sistemáticos en la “toma anticipada de decisiones”. Esta acepción implica que toda decisión de planeación se lleve a cabo considerando el futuro; en realidad, planear en función de éste, partiendo del presente hacia el futuro para adelantarse a sus efectos o consecuencias.

Planear significa: elegir y definir opciones frente al futuro, pero también significa proveer los medios requeridos para alcanzarlo. Se trata de trazar con premeditación un mejor camino desde el presente hacia el futuro. La planeación, entonces, se orienta a obtener o a impedir un determinado estado futuro de cosas. Ahora, ¿cuál es el papel de la prospectiva en este proceso? Mirar hacia delante o imaginar el futuro deseado puede constituirse en una simple reflexión o en un ejercicio mental interesante; sin embargo, para ser en efecto prospectiva, habrá de insertarse ineludiblemente en un proceso de toma de decisiones. (Referencia 9)

La prospectiva, como opción metodológica, estudia y trabaja sobre el futuro. Se sostiene en dos estrategias esenciales:

- Visión de largo plazo
- Construcción de Escenarios

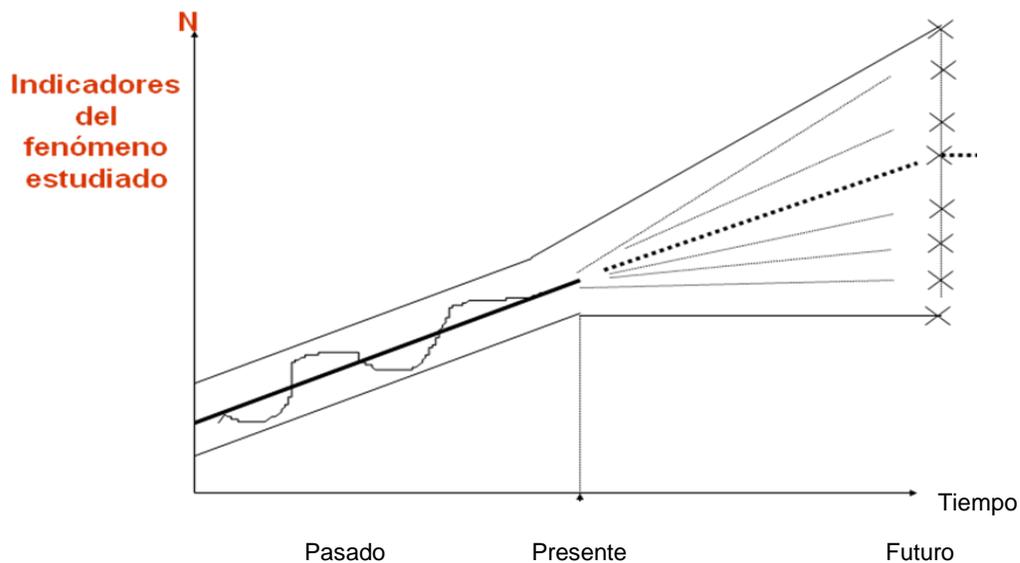
#### **2.3.2.1 Visión de Largo Plazo.**

Como herramienta para prepararse para el futuro, la planeación prospectiva utiliza la visión de largo plazo, ésta tiene la gran ventaja de que prioriza el largo plazo sobre

el corto plazo, esto significa que para poder definir una estrategia, lo más importante es precisar la dirección que debemos tomar considerando un horizonte de planeación en el tiempo de al menos 10 años.

En otras palabras hay que planear a largo plazo pero al mismo tiempo se tienen que ejecutar las acciones en el corto plazo que conduzcan a la empresa a sus metas. El estudio del futuro no es sólo útil para conocer el futuro, tiene un provecho todavía mayor: a partir del futuro se puede visualizar el presente, esto es, no sólo el futuro desde el presente sino el presente desde el futuro, esto enriquece las capacidades de conocimiento o de diagnóstico del presente. En la figura 2.1 se representa la visión de largo plazo.

Figura 2.1 Esquema de la visión de largo plazo

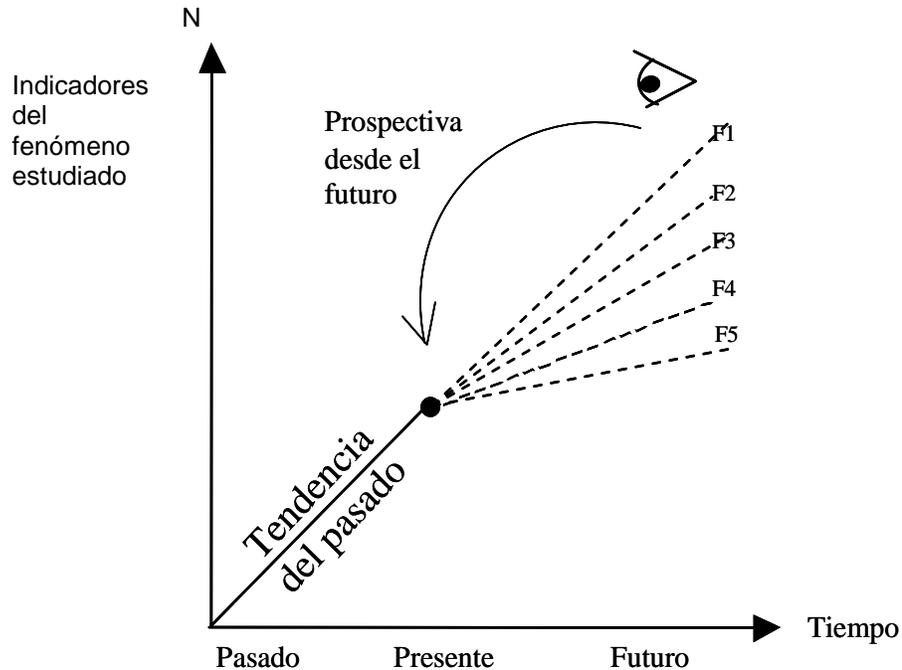


Fuente: Dr. Thomas Miklos Planeación Prospectiva

### 2.3.2.2 Elaboración de Escenarios.

En planeación prospectiva, entre múltiples futuros posibles, se selecciona el más deseado pero al mismo tiempo que sea factible, y se alcanza de la manera más creativa y dinámica que sea posible, ver figura 2.2. La planeación prospectiva proporciona una visión del futuro deseado y escenarios que perfilan opciones de futuros factibles.

Figura 2.2 Esquema general de la planeación prospectiva



Fuente: Dr. Thomas Miklos Planeación Prospectiva

Los escenarios futuros son construcciones conceptuales a partir de unos supuestos previos que representan visiones hipotéticas del futuro construidas a partir del desarrollo de un conjunto de premisas disponibles en el presente.

Estas diferentes imágenes del futuro nos ayudan a comprender cómo las decisiones y las acciones que hoy tomamos pueden influir en nuestro futuro.

La elaboración de escenarios representa una parte fundamental del ejercicio prospectivo ya que contribuyen a la toma de decisiones en el presente y permiten:

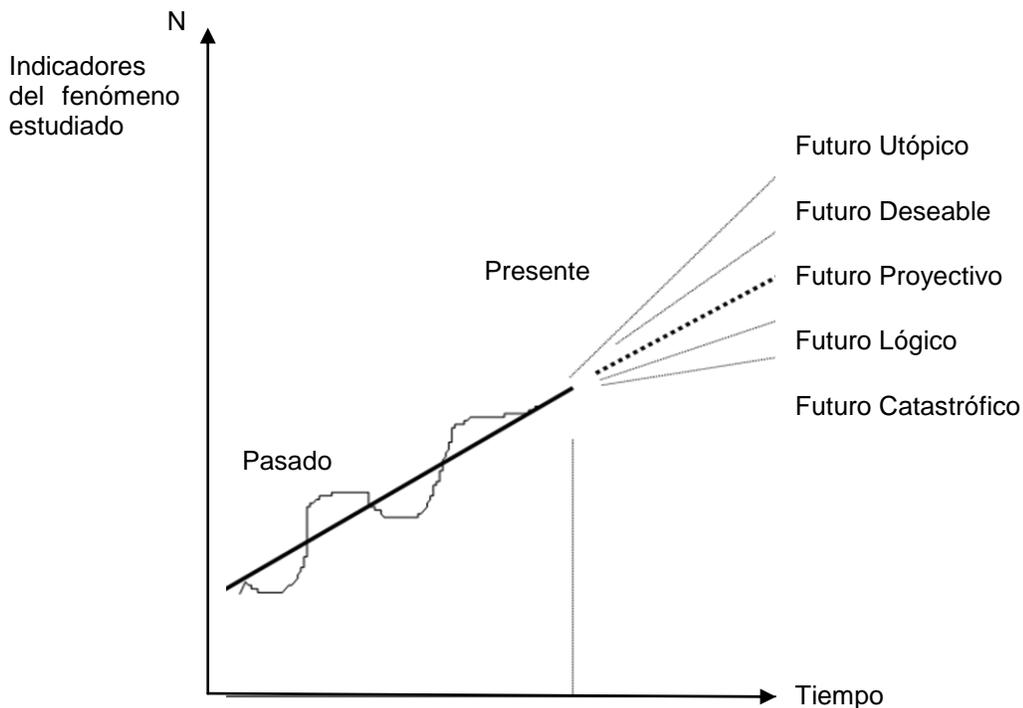
- La exploración de futuros posibles y los procesos que conducen a ellos.
- La exploración de futuros deseables y los procesos necesarios para alcanzarlos.

Los escenarios representan imágenes del futuro deseable, comienzan por construir una imagen deseada del futuro, después se camina hacia atrás en el tiempo y se plantea que tiene que ocurrir antes para llegar a ello.

El escenario futuro está en función no sólo del presente y del pasado sino sobre todo del futuro deseable y de la esencia del carácter prospectivo: el futuro se construye con las decisiones que se toman en el presente. Responden a la pregunta ¿Qué futuro queremos? (ver figura 2.3)

Alcanzar el mejor de los escenarios posibles requiere definir claramente “*lo que se quiere y lo que se puede*”. Es decir a donde quiero llegar (mi futuro deseable) y que sea factible o realísticamente posible llegar a él. (Referencia 9)

Figura 2.3 Esquema de los posibles escenarios a futuro



Fuente: Dr. Thomas Miklos Planeación Prospectiva

### 2.3.2.3 Construcción del Futuro Deseable.

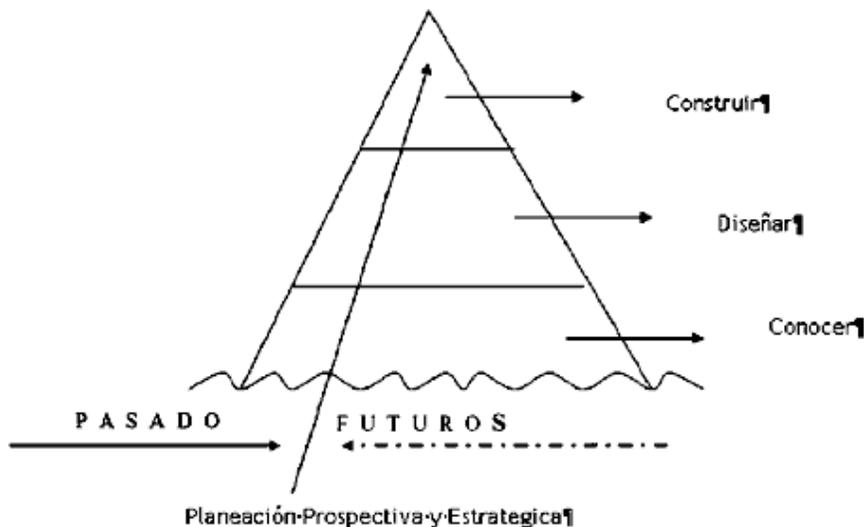
Después de la elaboración de escenarios, finalmente hay que construir el futuro deseable para lo cual existen tres pasos:

El primer paso para elaborar la pirámide de construcción de futuros deseables (ver figura 2.4) es tener la capacidad de conocer y ver el pasado para aprender de él, en ésta figura el conocimiento del pasado nos lleva de la línea ondulada hasta la primera línea recta; antes de la línea ondulada, hay desconocimiento.

El segundo paso es diseñar, es factible diseñar el futuro deseable. La prospectiva mantiene como propósitos tanto el diseño del “mañana” como la selección de instrumentos que permitan construirlo y alcanzarlo, requiere necesariamente de la reacción y de la innovación es decir, de la creatividad (ver figura 2.4). Esta creatividad tiene dos características esenciales, claramente relacionadas con la prospectiva: la producción de algo nuevo y el que este algo sea valioso (útil). Por ello la creatividad es un atributo inherente a la prospectiva y debe estar presente durante todo el proceso. (Referencia 9)

El tercero y último paso es la construcción, aquí se presenta el mayor problema: la dificultad de construir el futuro que se diseñó, de hacerlo realidad. Por ello, la flecha transversal de abajo hacia arriba (ver figura 2.4); nos lleva de la planeación a la realización mediante la aplicación de estrategias, determinando y comprometiendo los insumos humanos y materiales más convenientes, para que dentro de lo posible,

Figura 2.4 Pirámide de la construcción de futuros deseables



Fuente: Dr. Thomas Miklos Planeación Prospectiva

ir colocando las bases para construir el futuro deseado. Resumiendo, la prospectiva, además de permitir e impulsar el diseño del futuro, aporta elementos muy importantes al proceso de planeación y a la toma de decisiones, además permite

ofrecer políticas y acciones alternativas, aumentando así el grado de elección. Entre los propósitos importantes de la prospectiva cabe mencionar los siguientes:

- a) Generar visiones alternativas de futuros deseados.
- b) Proporcionar impulsos para la acción.
- c) Promover información relevante bajo un enfoque de largo alcance.
- d) Hacer explícitos escenarios alternativos de futuros posibles.
- e) Establecer valores y reglas de decisión para alcanzar el mejor futuro posible. (Referencia 9)

### **2.3.3 Planeación operativa.**

La planeación operativa se refiere básicamente a la asignación previa de las tareas específicas que deben realizar las personas en cada una de sus unidades de operaciones. Las características más sobresalientes de la planeación operativa son:

- Se da dentro de los lineamientos sugeridos por la planeación estratégica y táctica.
- Es conducida y ejecutada por los jefes de menor rango.
- Trata con actividades normalmente programables.
- Sigue procedimientos y reglas definidas con toda precisión.
- Cubre períodos reducidos; su parámetro principal es la eficiencia. (Referencia 10)

## **2.4 PROCESO GENERAL DE PLANEACIÓN DEL TRANSPORTE.**

La planeación del transporte tiene aproximadamente 50 años que se ha venido especializando tanto en los Estados Unidos como en todo el mundo y una de sus consideraciones fundamentales es que toda planeación del transporte en cualquier parte del mundo debe considerar un horizonte de planeación mínimo en el tiempo de 20 años.

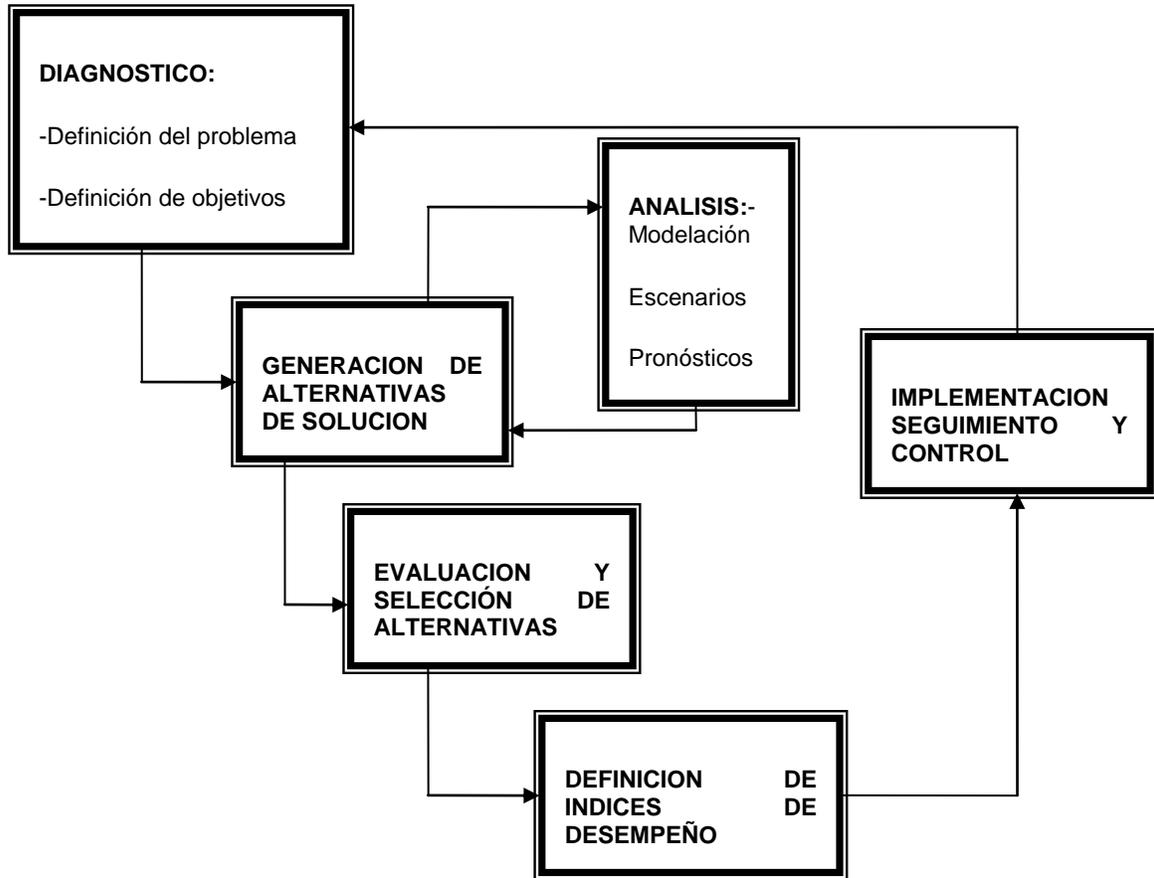
En la figura 2.5 se representa el Proceso General de Planeación del Transporte. En sí, la planeación del transporte es un proceso mediante el cual, se diseña un sistema de transporte para resolver cualquier problema que afecte el desempeño del propio sistema de transporte, ya sea de carga o de pasajeros, ubicado dentro de un área urbana o fuera de ella.

Ha favorecido la toma de decisiones a nivel gerencial ya que ayuda a definir la problemática a resolver, la elaboración de objetivos a plantearse y las metas a alcanzar.

Se auxilia de metodologías de planeación como el manejo de escenarios, pronósticos y modelación que le aportaron mayores elementos a los sistemas de transporte para reducir también sus costos y favorecer también el cumplimiento de sus metas.

Utiliza como fundamentos la definición de la problemática general y la definición de objetivos además de usar índices de desempeño, lo cual permite clarificar desde un principio, hacia donde se quiere llegar y posteriormente saber el desempeño de las acciones tomadas y su seguimiento. (Referencia 11)

Figura 2.5 Esquema General de la Planeación del Transporte.



Fuente: MEYER. Michael y Miller J. Eric. 2001. Urban Transportation Planning.

## **CAPÍTULO III. PROPUESTA METODOLÓGICA.**

Este capítulo contiene los posibles escenarios a los que pudiera enfrentarse la Dirección de Mantenimiento de Material Rodante, tanto favorables como desfavorables. Posteriormente se presenta el desarrollo de la propuesta metodológica, a través de la cual se buscará llegar a un escenario favorable y cumplir con el objetivo general que se planteó en la introducción. Finalmente, se abordan las posibles barreras que se pueden presentar durante la implementación de la tesis y se propone un plan para su implementación.

### **3.1 PLANTEAMIENTO DE POSIBLES ESCENARIOS DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE MATERIAL RODANTE MEDIANTE PLANEACIÓN PROSPECTIVA.**

Como parte de las herramientas y técnicas que la prospectiva emplea con mayor frecuencia, destaca el método de escenarios. El objetivo de la construcción de escenarios no es acertar los acontecimientos futuros, sino subrayar las fuerzas que impulsan el futuro en diferentes direcciones. Un conjunto de escenarios facilita las dinámicas que conforman el futuro y evalúa las opciones estratégicas para la toma de decisiones.

Trasladando el concepto de la construcción de escenarios al área de Mantenimiento de Material Rodante, es importante plantearse los posibles escenarios que se pueden presentar en un futuro dentro del ámbito del mantenimiento de material rodante para que nos anticipemos a ellos o, inclusive, los podamos cambiar.

De esta manera presentamos dos tipos de escenarios:

-Catastrófico y Favorable.

#### **3.1.1 Escenario Catastrófico.**

Este escenario como su nombre lo dice es el peor de todos los posibles escenarios que se pudieran presentar en un futuro, ya que es el que presenta consecuencias desfavorables para el mantenimiento del material rodante, éste es el escenario que se quiere evitar en un futuro.

Escenario de lo indeseable. Se ubica en el extremo de lo temible, responde a la pregunta ¿Qué pasaría si todo sale mal?

El escenario catastrófico se basa en las tendencias actuales que están teniendo lugar en el ámbito del mantenimiento del material rodante del Sistema de Transporte Colectivo que se enuncian a continuación:

-Actualmente se tiene un envejecimiento y fatiga del material rodante en aproximadamente un 40% del total del parque vehicular (este dato se obtuvo de la Gerencia de Ingeniería de la Dirección de Mantenimiento de Material Rodante).

-Se tiene un atraso en el ritmo de la ejecución de la rehabilitación del material rodante. El posible escenario catastrófico que se puede presentar es el siguiente:

*-Que el ritmo de envejecimiento y fatiga del material rodante sea mucho mayor al ritmo de rehabilitación de los trenes y esto provoque incidentes relevantes.*

Consecuencias del escenario catastrófico:

-Mayor índice de accidentes del material rodante en la línea.

- Muy baja disponibilidad de trenes.

-Gran insatisfacción del servicio por parte de los usuarios.

-Pérdida de usuarios que utilizan el servicio del STC.

### **3.1.2 Escenario Favorable.**

En contra parte al escenario catastrófico se puede tener un escenario favorable. Este es un escenario propuesto: lo más cercano a lo deseable, pero factible. El escenario favorable es un futuro deseable y posible aprovechando un pasado y un presente conocidos con relativa suficiencia. El escenario favorable que se plantea es el siguiente:

*- Que el ritmo de la rehabilitación de los trenes vaya a la par con el ritmo de envejecimiento y fatiga del material rodante y que se tengan recursos suficientes para la compra de nuevos trenes, ya que no conviene rehabilitarlos.*

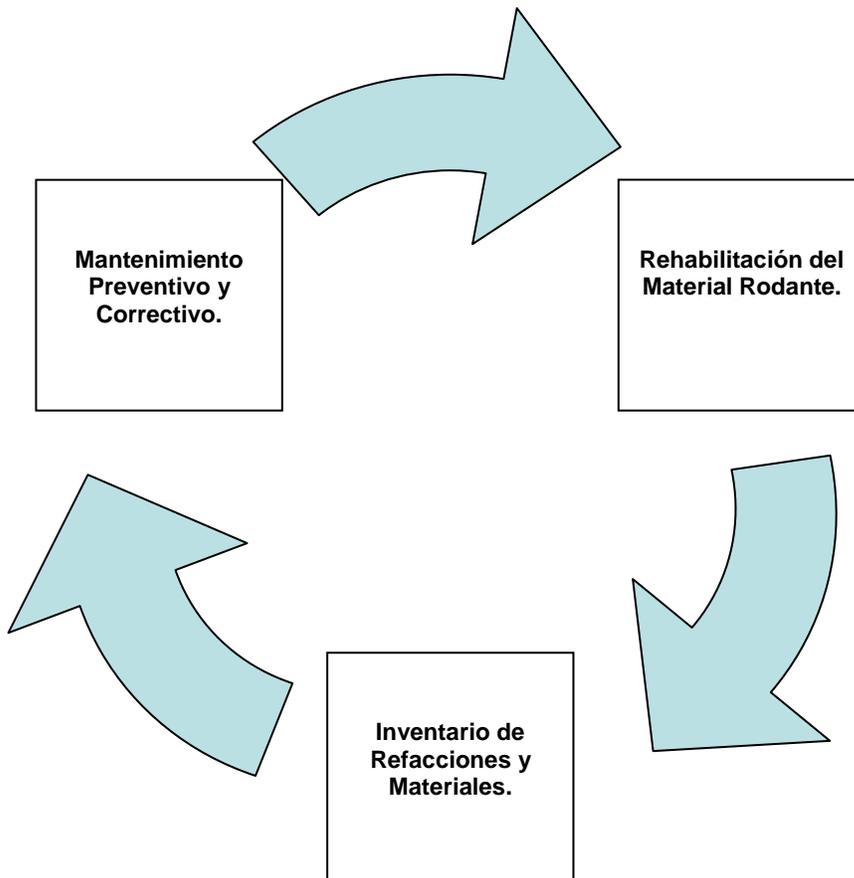
Este escenario es favorable para el mantenimiento del material rodante, que se pretende llegar a él por medio de la propuesta metodológica planteada en este capítulo.

### 3.2 Desarrollo de la Propuesta Metodológica.

En este apartado se planteará el diseño de la propuesta metodológica para sistematizar el mantenimiento del material rodante que abarca el concepto de mantenimiento adaptable preventivo y correctivo, nuevos criterios de rehabilitación del material rodante (criterios de planeación, físicos y de evaluación costo beneficio), por último se abordará la optimización del manejo de inventarios de las refacciones y materiales.

La propuesta metodológica busca responder a la problemática particular del SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO planteada en la introducción de la tesis, sistematizando el mantenimiento del material rodante a través de TRES ÁREAS DE OPORTUNIDAD del Mantenimiento del Material Rodante que se muestran a continuación en la figura 3.1:

Figura 3.1 Áreas de oportunidad del Mantenimiento del Material Rodante.



Fuente: elaboración propia

Sistematizar el mantenimiento del material rodante significa clasificarlo en base a una serie de criterios fundamentales, organizarlo a través de una metodología, evaluarlo y darle seguimiento a través de índices de desempeño.

Lo anterior permite manejar la información actual para analizarla en forma que retroalimenta las acciones presentes y sus resultados, de manera que bajo la óptica de la planeación prospectiva, el futuro próximo del material rodante y también el lejano se pueda anticipar y aprovecharlo.

Partiendo de los conceptos que se plantearon en el marco teórico, la sistematización de las áreas de oportunidad se planteó de la siguiente manera:

**3.2.1 Mantenimiento Preventivo y Correctivo:** Adaptar el mantenimiento del material rodante a las circunstancias que se vayan presentando (mantenimiento adaptable) por un lado y por el otro, que se lleve a cabo una retroalimentación del mantenimiento para obtener mejores resultados. El Mantenimiento Adaptable utilizará las siguientes herramientas para la sistematización:

- La aplicación de criterios principales.
- Una estructura organizacional nueva.
- Índices de desempeño para el seguimiento y control.

**3.2.2 Rehabilitación del Material Rodante:** Plantear nuevos criterios de planeación, físicos, de evaluación en base al costo-beneficio y de reincorporación al servicio del material rodante que fue rehabilitado. Para la rehabilitación utilizará las siguientes herramientas para la sistematización:

- La aplicación de criterios directrices.
- Índices de desempeño para el seguimiento y control.

**3.2.3 Inventario de refacciones y materiales del material rodante:** Optimizar el manejo del inventario de insumos para el material rodante. En este se utilizará la siguiente herramienta para la sistematización:

- La aplicación de una fórmula para determinar los niveles óptimos de reabastecimiento de partes y materiales.

### **3.3 -ADAPTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO (MANTENIMIENTO ADAPTABLE).**

En este apartado se abordará el concepto de Mantenimiento Adaptable que es una propuesta nueva y que consiste en la adaptación del mantenimiento preventivo y correctivo que actualmente se llevan a cabo en los talleres de Mantenimiento Sistemático de la Dirección de Mantenimiento de Material Rodante. Este Mantenimiento Adaptable se divide a su vez en preventivo y correctivo.

Se ha llamado mantenimiento adaptable al nuevo enfoque de planeación del mantenimiento del material rodante que abarca tanto el preventivo como el correctivo (en este caso nos estamos enfocando sólo a los talleres sistemáticos), ya que este tipo de mantenimiento se adapta a las circunstancias que se van presentando; de manera que, dependiendo de la problemática que se presente, éste se enfocará primeramente en el más crítico que se requiera atender.

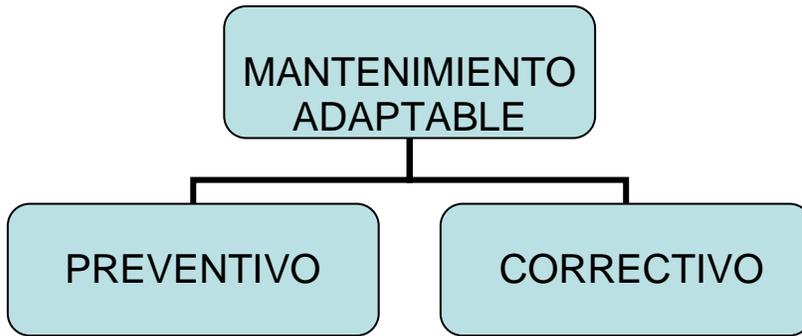
Por ejemplo, si se tiene la problemática en la que existe un gran número de fallas repetitivas en el material rodante, entonces el mantenimiento adaptable se enfocará primeramente en el correctivo para disminuir y controlar las fallas hasta que alcancen su nivel normal, y posteriormente se concentrará en el preventivo para evitar que nuevamente el correctivo se salga de control.

A través del mantenimiento adaptable se busca eficientar el preventivo y correctivo del material rodante a corto plazo y un nivel operativo en el cual se involucren las actividades y operaciones que se llevan a cabo diariamente para alcanzar los objetivos planteados.

En este nivel operativo se manejan períodos de tiempo cortos (un día) y se involucra personal de rangos jerárquicos generalmente bajos, en donde no se toman decisiones a nivel directivo.

El mantenimiento adaptable, como su nombre lo dice, se adapta a las circunstancias que se van presentando de manera cotidiana por lo que la toma de decisiones es inmediata.

Figura 3.2 Esquema general del Mantenimiento Adaptable



Fuente: elaboración propia

### 3.3.1 Mantenimiento Preventivo Adaptable.

El Mantenimiento Preventivo Adaptable contempla una serie de criterios principales, una estructura organizacional para su operación y por último, índices de desempeño para su control y seguimiento.

#### 3.3.1.1 Criterios Principales para el Mantenimiento Preventivo:

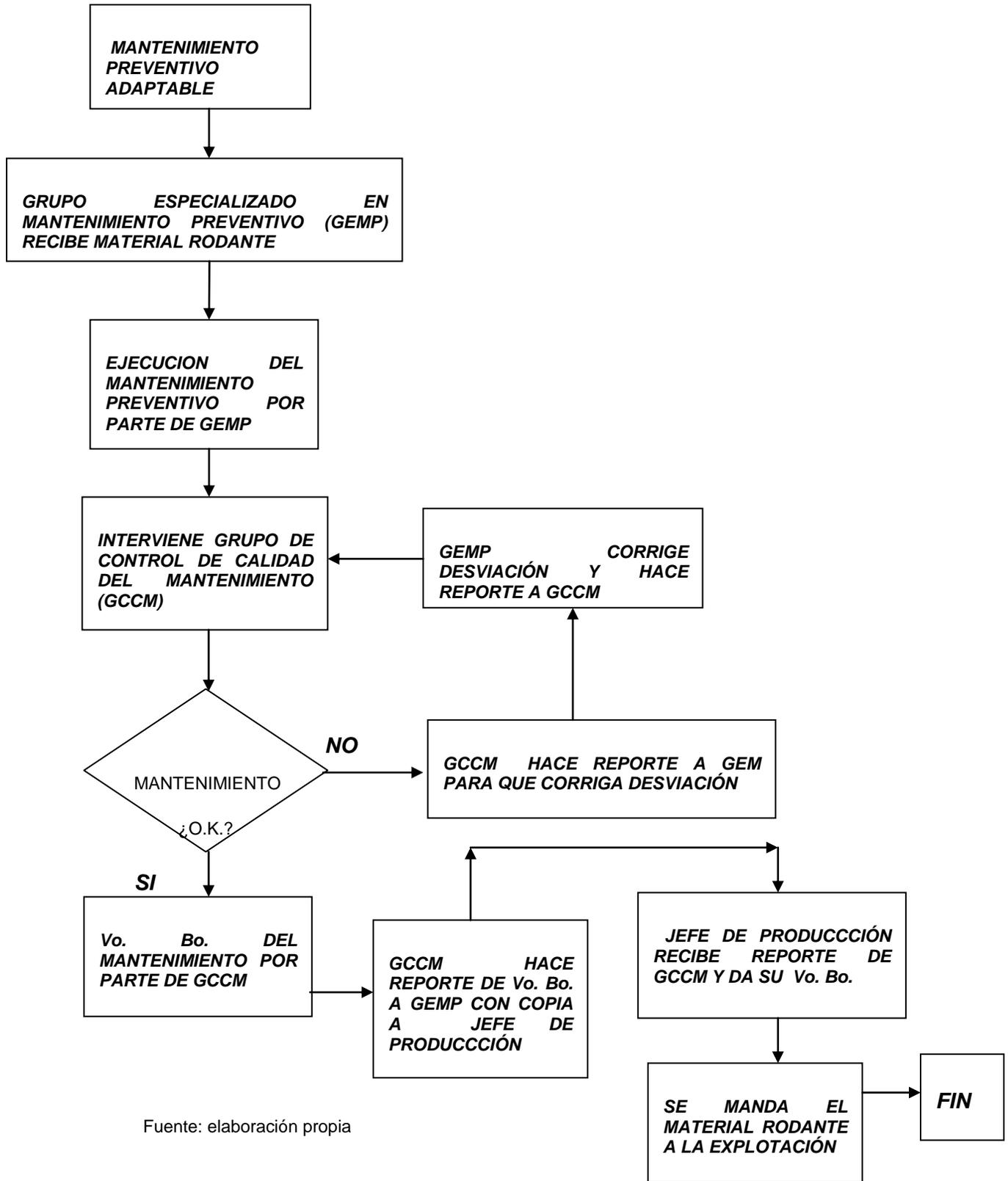
Como parte de la sistematización del Mantenimiento Preventivo Adaptable a continuación se consideran una serie de criterios para su aplicación:

- Contar con un stock adecuado de refacciones y materiales.
- Llevar un control y seguimiento del mantenimiento preventivo, especialmente en equipos u órganos que provocan fallas repetitivas.
- Tener un adecuado control de calidad del mantenimiento.

En la figura 3.3 se presenta el mapa conceptual de la organización del mantenimiento preventivo adaptable; éste es fundamental para que el material rodante tenga un buen funcionamiento, fiabilidad, y por ende se obtenga una buena disponibilidad.

Como su nombre lo dice, la función del mantenimiento preventivo es prevenir que suceda una falla en el material rodante; es decir, proporcionar el mantenimiento necesario en tiempo y forma para garantizar que el desempeño del material rodante sea lo suficientemente bueno para lograr que el parque vehicular se encuentre circulando en el mayor tiempo posible y con el menor número de averías.

Figura 3.3 Mapa Conceptual del Mantenimiento Preventivo Adaptable.



Fuente: elaboración propia



Imagen del personal realizando mantenimiento preventivo en el Taller de Mantenimiento Sistemático C-1917.

### 3.3.1.2 Organización del Mantenimiento Preventivo Adaptable.

Se proponen dos grupos de trabajo para el Mantenimiento Preventivo Adaptable.

a) Grupo especializado en el mantenimiento preventivo (GEMP).

El GEMP preventivo deberá estar integrado por lo menos de 40 elementos que tengan la mayor experiencia en la realización de las actividades de mantenimiento. Este grupo debe contar con un stock suficiente de órganos, equipos y refacciones usadas (reacondicionado con partes o componentes nuevos) que les permita realizar todas las tareas adecuadamente para disminuir los tiempos de espera del tren al mínimo.

b) Grupo de control de calidad del mantenimiento preventivo (GCCM).

Este grupo llevará a cabo el control de calidad del preventivo y deberá estar integrado por lo menos de cuatro elementos que tengan la mayor experiencia en ésta tarea.

El GCCM deberá dar el visto bueno de las actividades realizadas, tanto del

sistemático como del cíclico, por parte del GEMP.

El GCCM a su vez, deberá emitir un reporte al GEMP (con copia al jefe de producción), si su trabajo no cumplió con la calidad requerida para que se corrija la desviación.

Una vez corregida la desviación, nuevamente El GCCM corroborará lo anterior y el jefe de producción firmará de enterado para que éste autorice la salida del tren a la operación.

Se deberá contar con una persona (analista del mantenimiento) que siga el nivel de cumplimiento, tanto sistemático como cíclico, de manera que vaya monitoreando el comportamiento de las actividades realizadas en todo momento.

En el momento que un tipo de mantenimiento (sistemático o cíclico) no se cumpla al 100% y se encuentre en un nivel irregular, el analista deberá pasar un informe al GCCM con la información suficiente en cuanto a porcentajes de cumplimiento, causas del incumplimiento, a qué trenes y carros que no se les ha realizado su mantenimiento en tiempo y forma, fechas de reprogramación de las actividades y reporte del personal que intervino los equipos involucrados.

En este reporte además se plantearán las causas de las desviaciones del incumplimiento de las metas programadas, para que con esta información el GCCM haga un reporte al jefe de producción y éste tome las acciones necesarias para corregir las desviaciones encontradas y evitar que se llegue a un nivel de cumplimiento deficiente, es decir, menor al 85%.

Por lo anterior, el mantenimiento preventivo adaptable debe contar con herramientas bien definidas para analizar en cualquier momento si su situación es normal o si se requiere hacer algún ajuste.

Debido a esto, se requiere tener una **base de datos** que contenga los siguientes parámetros:

-Registro del mantenimiento preventivo que se llevó a cabo durante todo el año desglosado de la siguiente manera:

-Mantenimiento Sistemático: es el que se realiza por unidad y cada 12000 km (aproximadamente un mes). Se reportará en porcentajes de cumplimiento, por mes, año, tren y carros.

-Mantenimiento Cíclico: es el que se realiza por equipos y órganos y que, dependiendo del equipo y órgano, se lleva a cabo cada 6, 12 ó 24 meses. Se reportará en porcentajes de cumplimiento, por mes, año, tren y carros.

El Cumplimiento del preventivo (sistemático y cíclico) se clasificará en base a los criterios de la tabla 3.1 que se plantean a continuación:

Tabla 3.1 Niveles de cumplimiento del Mantenimiento Preventivo Adaptable

MANTENIMIENTO PREVENTIVO	NIVEL CUMPLIMIENTO DE	NIVEL CUMPLIMIENTO DE	NIVEL CUMPLIMIENTO DE
	<b>90-100%</b>	<b>85-89%</b>	<b>MENOR AL 85%</b>
SISTEMÁTICO	BUENO	REGULAR	DEFICIENTE
CÍCLICO	BUENO	REGULAR	DEFICIENTE

Fuente: Gerencia de Ingeniería de la Dirección de Mantenimiento de Material Rodante del Sistema de Transporte Colectivo, frecuencia: anual.

Con el propósito de ilustrar cómo se aplica el Mantenimiento Preventivo Adaptable, a continuación se plantea un ejemplo:

Tabla 3.2 Costos del Mantenimiento Preventivo actual y el propuesto.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO	COSTO DEL MANTTO,PROPUESTO AL AÑO	CANTIDAD DE MANTENIMIENTOS PROPUESTOS AL AÑO	COSTO DEL MANTTO ACTUAL, AL AÑO	CANTIDAD ACTUAL DE MANTENIMIEN-TOS AL AÑO	DIFERENCIA
SISTEMÁTICO	\$762,500,000	300(100%)	\$686,250,000	270 (90%)	+\$76,250.000
CÍCLICO	\$345,678,000	165(100%)	\$311,110,000	150 (90%)	+\$34,568.000

Fuente: Gerencia de Ingeniería de la Dirección de Mantenimiento de Material Rodante del Sistema de Transporte Colectivo, frecuencia: anual.

### 3.3.1.3 Indicadores de Desempeño del Mantenimiento Preventivo Adaptable

Con el objetivo de medir el comportamiento del Mantenimiento del Material Rodante para posteriormente evaluarlo, se han definido los siguientes indicadores de desempeño:

Tabla 3.3 Indicadores de Desempeño del Mantenimiento Preventivo Adaptable (Sistemático y Cíclico)

MANTENIMIENTO SISTEMÁTICO	
<i>INDICADORES TÉCNICOS</i>	MEDIDA
-NIVEL DE DISPONIBILIDAD DEL MATERIAL RODANTE	No. trenes en servicio/hora
NIVEL DE CUMPLIMIENTO DEL PROGRAMA OPERATIVO ANUAL “POA”	PORCENTAJE %
<i>INDICADORES ECONÓMICOS:</i>	MEDIDA
-COSTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	\$/tren
-AUMENTO DE INGRESOS POR MAYOR DISPONIBILIDAD	δ\$/tren
MANTENIMIENTO CÍCLICO	
<i>INDICADORES TÉCNICOS</i>	MEDIDA
-NIVEL DE DISPONIBILIDAD DEL MATERIAL RODANTE	No. trenes en servicio/hora
NIVEL DE CUMPLIMIENTO DEL PROGRAMA OPERATIVO ANUAL “POA”	PORCENTAJE %
<i>INDICADORES ECONÓMICOS:</i>	MEDIDA
-COSTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	\$/tren
-AUMENTO DE INGRESOS POR MAYOR DISPONIBILIDAD	δ\$/tren

Fuente: elaboración propia

### 3.3.2 Mantenimiento Correctivo Adaptable.

El Mantenimiento Correctivo Adaptable utiliza una serie de criterios principales, maneja una estructura organizacional especial para su operación y por último utiliza indicadores de desempeño para su control y seguimiento.

### 3.3.2.1 Criterios Principales para el Mantenimiento Correctivo Adaptable.

Como parte de la sistematización del Mantenimiento Correctivo Adaptable a continuación se consideran una serie de criterios para su aplicación:

- Las actividades están enfocadas a equipos y componentes específicos.
- Atención enfocada a las fallas recurrentes a través de grupos especializados.
- Determinar un grupo que hará los diagnósticos de fallas.
- Decidir qué personal hará la reparación o reconstrucción del equipo u órgano.
- Seleccionar a las personas que realizarán el desmontaje y montaje de órganos y equipos que tengan stock.
- Nombrar un grupo que se encargue del control de calidad y del seguimiento de las intervenciones y reparaciones realizadas.

### 3.3.2.2 Organización del Mantenimiento Correctivo Adaptable.

A continuación se describirá el mapa conceptual del mantenimiento correctivo adaptable que muestra cómo se encuentra organizado y el cual se plantea en la figura 3.4.

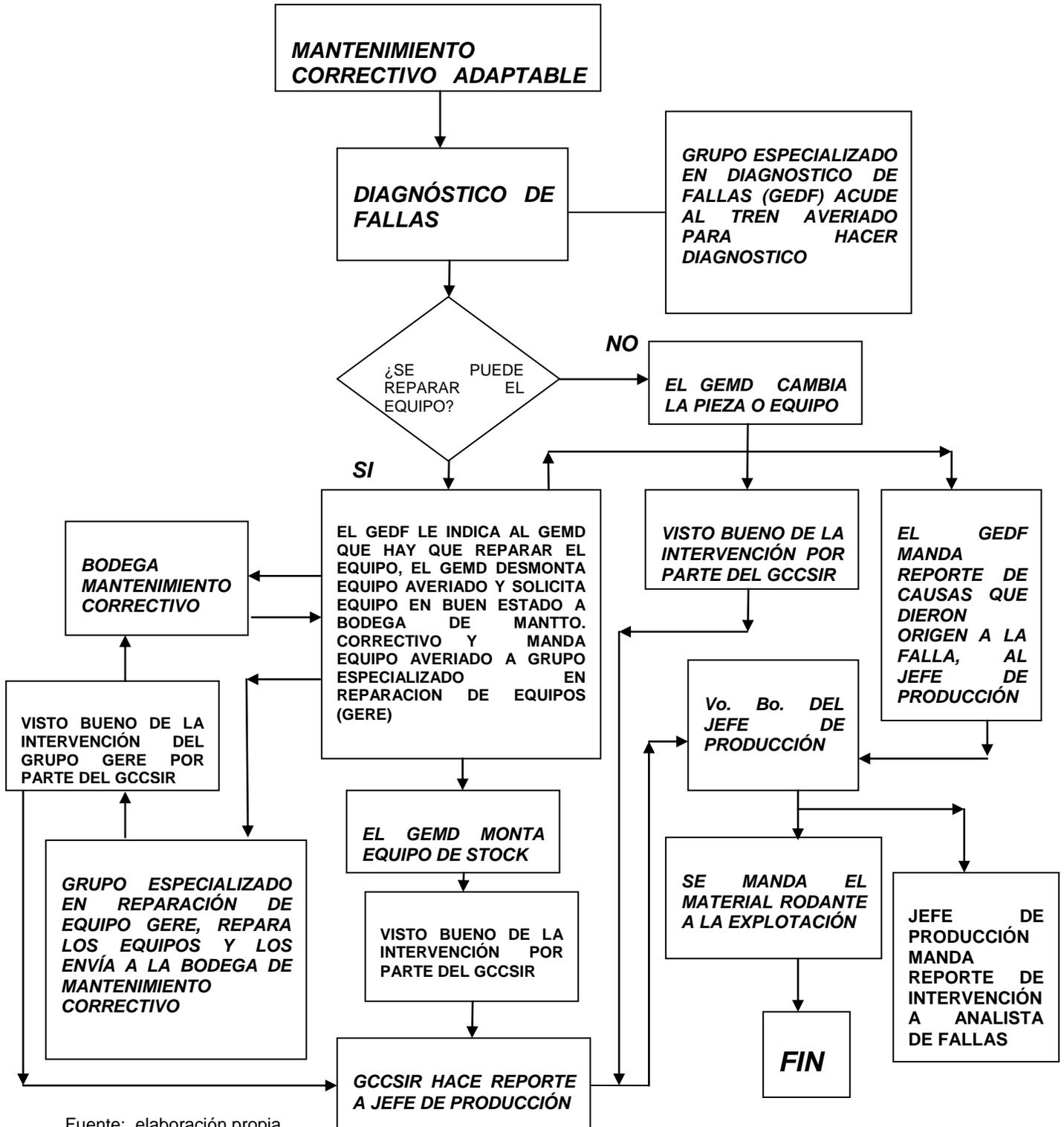
#### a) Grupo Especializado en Diagnóstico de Fallas. (GEDF)

El GEDF deberá estar integrado por al menos ocho elementos que tengan una mayor experiencia en diagnóstico de desperfectos y la capacitación necesaria para encontrar las causas que originan las averías en cuestión.

Este grupo acudirá a los trenes averiados que hayan entrado al taller para realizar un diagnóstico de la descompostura reportada y definirá si el equipo u órgano dañado tiene reparación o se debe cambiar por uno nuevo.

Después de hacer el diagnóstico el GEDF le solicita al grupo especializado en montaje y desmontaje de órganos y equipos GEMD que se repare o se cambie el equipo u órgano dañado.

Figura 3.4 Mapa conceptual del Mantenimiento Correctivo Adaptable.



Fuente: elaboración propia

Posteriormente el GEDF a su vez elaborará un reporte final de las causas que dieron origen a que el desperfecto en cuestión saliera de control.

Este reporte se le entregará al jefe de producción para que éste a su vez tome las acciones necesarias para solucionar las causas que provocaron que la descompostura saliera de control y se convirtiera en falla repetitiva.

El objetivo principal del grupo GEDF es evitar caer en una situación en la que existan averías críticas, es decir descomposturas que se salieron de control, después se convirtieron en repetitivas y finalmente, llegaron al punto de convertirse en fallas críticas, situación que provoca directamente una disminución de la disponibilidad del material rodante y un aumento en los costos de mantenimiento.

b) Grupo Especializado en Montaje y Desmontaje de Órganos y Equipos. (GEMD)

El GEMD llevará a cabo el desmontaje de órganos y equipos averiados que determine el GEDF que haya que reparar o cambiar. Realizará el montaje de órganos y equipos en buen estado y por último enviará los órganos y equipos con falla al GERE para que éste los repare.

El GEMD deberá estar integrado por lo menos de cuatro elementos que tengan la mayor experiencia en el desmontaje y montaje de órganos y equipos y la capacitación necesaria para llevar a cabo ésta tarea.

Para que el GEMD pueda hacer intercambios de manera rápida e inmediata para disminuir los tiempos de espera del material rodante al mínimo, se deberá contar con un stock suficiente de órganos y equipos reparados o nuevos

c) Grupo Especializado en Reparación de Equipos u órganos. (GERE)

Este grupo llevará a cabo la reparación de equipos y órganos que presenten fallas repetitivas ó críticas que el GEDF haya diagnosticado y que el GEMD les haya enviado.

El GERE deberá estar integrado por lo menos de seis elementos que tengan la mayor experiencia en la reparación de órganos y equipos y la capacitación necesaria para llevar a cabo ésta tarea de manera adecuada.

El GERE tiene que contar con un stock suficiente de refacciones y materiales para la reparación de órganos y equipos, que les permita hacer la atención de éstos de manera inmediata y mandarlos al área de stock para así disminuir los tiempos de espera del material rodante.

d) Grupo del Control de Calidad y de Seguimiento de las Intervenciones y Realizadas. (GCCSIR)

El GCCSIR deberá estar integrado por lo menos de cuatro elementos que tengan la mayor experiencia en el control de la calidad y la capacitación necesaria para llevar a cabo ésta tarea.

El GCCSIR deberá dar el visto bueno de la intervención por parte del GEDM y del GERE que participó en el cambio o en la reparación de un equipo u órgano para que un tren se reincorpore al servicio y después elaborará reporte a Jefe de Producción. Este enviará reporte de intervención al analista de fallas y por último dará el visto bueno para que el tren salga a la explotación.

El GCCSIR deberá contar con una persona (analista de fallas) para que posteriormente analice la estadística de los desperfectos (revisión del “historial” de los que son repetitivos) de manera que vaya monitoreando el comportamiento de los mismos.

En el momento que un tipo de descompostura se salga del rango de lo que es una falla controlada (más del 10%) y se convierta en repetitiva o crítica, el analista deberá pasar un informe al GEDF con la información siguiente: número de avería, causa, porcentaje de las mismas, Núm. de tren, fecha, intervención realizada, personal que intervino los equipos involucrados, etc., en este informe se planteará la o las posibles causas de las fallas de manera preliminar, para que con esta información el GEDF determine las causas que están ocasionando que se salga de control y elabore a su vez un reporte al jefe de Producción con ésta información para que se resuelva ésta situación.

Por lo anterior, el mantenimiento correctivo adaptable debe contar con herramientas bien definidas para analizar en cualquier momento si su situación es normal o si se requiere hacer algún ajuste. Para lo cual, se requiere tener una **base de datos** de todas las fallas del material rodante que contenga la siguiente información:

-Número de averías en total y en porcentajes, por mes, año y tren (presente año y el pasado).



Imagen de un trabajador realizando mantenimiento correctivo en  
el Taller de Mantenimiento Sistemático C-1917.

-Clasificación de las fallas por su tipo:

TF: Tracción Frenado

PA: Pilotaje Automático

SP: Sistema de Puertas

EC: Equipos de Comunicación

EM: Equipos Mecánicos

GE: Generación de Energía

ES: Equipos de Señalización

CA: Causas Ajenas

-Detalle del reporte de intervención por desperfecto: fecha, tren, carro, tipo, causa, intervención realizada, personal que intervino.

-Las averías serán clasificadas en base a los siguientes criterios:

Tabla 3.4 Clasificación de la descomposturas del Mantenimiento Correctivo Adaptable

<b>FALLA CONTROLADA</b>	<b>FALLA REPETITIVA</b>	<b>FALLA CRITICA</b>
≤10% DEL UNIVERSO DE DESPERFECTOS AL MES	DE 10 AL 20% DEL UNIVERSO DE DESPERFECTOS AL MES	MAS DEL 20% DEL UNIVERSO DE DESPERFECTOS AL MES

Fuente: elaboración propia

### 3.3.2.3 Indicadores de Desempeño del Mantenimiento Correctivo Adaptable.

Los indicadores de desempeño son una serie de conceptos o variables que sirven para medir el comportamiento del Mantenimiento Correctivo Adaptable de forma que se pueda controlar y evaluar en todo momento.

La estadística de fallas es el primer indicador del estado en que se encuentra el mantenimiento correctivo, es decir, el nivel de descomposturas nos va a dar la fiabilidad de los diversos equipos del tren y al mismo tiempo nos permitirá saber el nivel de disponibilidad del servicio.

La relación de indicadores se presentan a continuación a través de la tabla 3.5 estos se dividen en técnicos, económicos y de percepción.

Tabla 3.5 Indicadores de desempeño del Mantenimiento Correctivo Adaptable

<b>INDICADORES TÉCNICOS</b>	<b>MEDIDA</b>
-REDUCCIÓN DE FALLAS REPETITIVAS	Núm. de averías/mes
-FIABILIDAD DE EQUIPOS	Averías/km recorrido
-NIVEL DE DISPONIBILIDAD DEL MATERIAL RODANTE	Núm. de trenes en servicio/hora y pico
-TASA DE OCUPACIÓN DEL MATERIAL RODANTE	No. de pasajeros transportados por mes/capacidad de transportación
<b>INDICADORES ECONÓMICOS:</b>	<b>MEDIDA</b>
-COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO	\$/tren
-AUMENTO DE INGRESOS POR MAYOR DISPONIBILIDAD	δ\$/tren
<b>INDICADORES DE PERCEPCIÓN: (INFORMACIÓN EXTERNA POR ENCUESTA)</b>	<b>MEDIDA</b>
-CALIDAD DEL SERVICIO	MALO, REGULAR, BUENO.
-COMODIDAD	POCA, REGULAR, MUCHA.
-EFICIENCIA: RAPIDEZ DEL TRANSPORTE, COSTO DEL PASAJE, ALTERNATIVAS DEL TRANSPORTE POR INTERRUPCIONES	POCO, REGULAR, MUCHO.

Fuente: elaboración propia

Con el objeto de ilustrar cómo se aplicaría la metodología para el mantenimiento correctivo, a continuación se plantea un ejemplo:

Sí estamos considerando que al aplicar la metodología para el mantenimiento correctivo se logrará que se tengan averías controladas con un nivel de falla del 10%, tomando como ejemplo las averías de equipos mecánicos que actualmente tiene un porcentaje de falla del 17.2% (ver tabla 3.6), se tiene lo siguiente:

Tabla 3.6 Niveles de falla del Mantenimiento Correctivo Adaptable.

AVERÍAS ACTUALES AL AÑO	AVERÍAS CONTROLADAS AL AÑO	COSTO MANTTO. ACTUAL AL AÑO	COSTO MANTTO. ESPERADO AL AÑO	DIFERENCIA AL AÑO
952 (17.2%)	857 (10%)	\$11,240,000	\$10,116,000	-\$112,400

Fuente: elaboración propia

### 3.4 PROPUESTA DE NUEVOS CRITERIOS PARA LLEVAR A CABO LA REHABILITACIÓN DEL MATERIAL RODANTE.

En este apartado se presentarán una serie de nuevos criterios para llevar a cabo la rehabilitación de trenes, estos criterios van enfocados a la planeación, estado físico de los trenes, evaluación costo beneficio y por último se conocerán sus indicadores de desempeño. Se espera que al aplicar estos nuevos criterios se contribuya a construir un mejor futuro para la rehabilitación.

La rehabilitación de trenes es una actividad que empezó a realizarse aproximadamente hace seis años por parte de la Dirección de Mantenimiento de Material Rodante del Sistema de Transporte Colectivo. La rehabilitación consiste en extender la vida útil de un tren por un período de 20 años más, es decir, un 66% más aproximadamente, considerando que la vida útil de un tren es de 30 años. La rehabilitación se lleva a cabo cambiando, reparando o reforzando los principales equipos del tren, tanto mecánicos, eléctricos, neumáticos y electrónicos.

La problemática que se presenta en el Área de Rehabilitación es la siguiente:

- Actualmente se llevan rehabilitados los modelos MP-68 y NM-73. Entre los modelos que requieren rehabilitarse dentro de los próximos 3 años son: el NM-79 y el MP-82, sin embargo se tiene un atraso de un año aproximadamente en el inicio de la rehabilitación del NM-79, debido a falta de planeación, lo anterior provoca que estos trenes mientras se rehabilitan, sigan envejeciendo y se deterioren aún más, por lo tanto presenten más fallas que otros trenes más recientes.
- También el atraso en la entrega de refacciones afecta los trabajos de la rehabilitación y por otro lado, el criterio para rehabilitar un tren se hace considerando únicamente el kilometraje recorrido y no el estado de deterioro del tren.

#### 3.4.1 Criterios de Planeación.

La Dirección de Mantenimiento de Material Rodante debe anticiparse al futuro (planeación prospectiva), considerando los diferentes tipos de escenarios que se pueden presentar en el futuro, de manera que se evite caer en un escenario catastrófico y por otro lado; desde ahora se vaya construyendo el mejor futuro posible y planear en qué momento se tendrá que llevar a cabo la rehabilitación de un tren. Para construir el mejor futuro de la rehabilitación se debe contar con un plan en el cual se programen los trenes que serán rehabilitados considerando al menos un horizonte de 1 a 10 años con base a los años de servicio, estado físico real del tren y al análisis costo-beneficio planteado más adelante. Este plan permitirá saber cuando se rehabilitarán los trenes y contar con los recursos materiales y humanos que se requerirán en tiempo y forma evitando retrasos como los que se tienen actualmente, ya que al implicar una gran inversión económica, se deberá solicitar con anticipación que se asigne un presupuesto suficiente y exclusivo para la rehabilitación.

#### 3.4.2 Criterios sobre el estado físico real del tren.

Una vez que un tren cumpla con una vida de tres millones de kilómetros (aproximadamente 30 años), se analizará su estado físico real con base a los siguientes criterios:

Fisuras en:

- Pirámide de pivote de más de 50 mm.
- Cuello de pivote de más de 50 mm.
- Bancada de suspensión secundaria de más de 50 mm.

- Traversas de motor de tracción de más de 50 mm.
- Corrosiones en faldones y ventanas en más del 50 % del tren.
- Daños con los engranes y rodamientos de los diferenciales en más del 50 % de todo el tren.
- Daños en los mecanismos de puertas en más del 50 % de todo el tren.

Si el tren presenta situaciones que involucren al menos cuatro de los criterios anteriores, es un tren que debe rehabilitarse.

### 3.4.3 Criterios de evaluación en base al análisis costo-beneficio.

El análisis costo-beneficio es una herramienta de toma de decisiones para evaluar sistemáticamente información útil acerca de los efectos deseables e indispensables de los proyectos públicos. En cierta forma, podemos considerar el análisis de costo-beneficio del sector público como el análisis de rentabilidad del sector privado. En otras palabras, el análisis de costo-beneficio pretende determinar si los beneficios de un proyecto público superan los costos económicos del mismo. Estas decisiones de inversión pública usualmente ocasionan gran cantidad de gastos y sus beneficios se esperan que ocurran a lo largo de un período extenso. Para evaluar proyectos públicos diseñados para lograr tareas muy distintas, es necesario medir los beneficios o los costos con las mismas unidades en todos los proyectos, de manera que tengamos una perspectiva común para juzgar los diversos proyectos. En la práctica, esto comprende expresar los costos y los beneficios en unidades monetarias.

El esquema general para el análisis de costo-beneficio se puede resumir de la siguiente manera:

1. Identificar los beneficios para los usuarios que se esperan del proyecto.
2. Cuantificar en la medida de lo posible, estos beneficios en términos monetarios, de manera que puedan compararse diferentes beneficios entre sí y contra los costos de obtenerlos.
3. Identificar los costos del proyecto.
4. Cuantificar, en la medida de lo posible, estos costos en términos monetarios para

hacer comparaciones.

5. Determinar los beneficios y los costos equivalentes en el período base (en éste caso el período base es de 20 años), usando la tasa de interés apropiada para el proyecto (se considera una tasa actualizada del 12 % en pesos constantes).

$$Bn = \frac{\left[ \frac{\sum_{i=1}^n Bi}{(1+r)^i} \right]}{Co} > 2$$

Donde:

**Bn** = Beneficios netos (a valor presente) desde  $i=1$  hasta  $n$

**Co** = Valor de los costos totales

**n** = Número de años futuros considerados para el análisis del proyecto

**r** = Valor de la Tasa de Actualización de referencia (12 % pesos constantes)

**Bi** = Beneficio del período

**Co** = Costos (o egresos) de cualquier año  $a$ , incluido entre 1 y  $n$

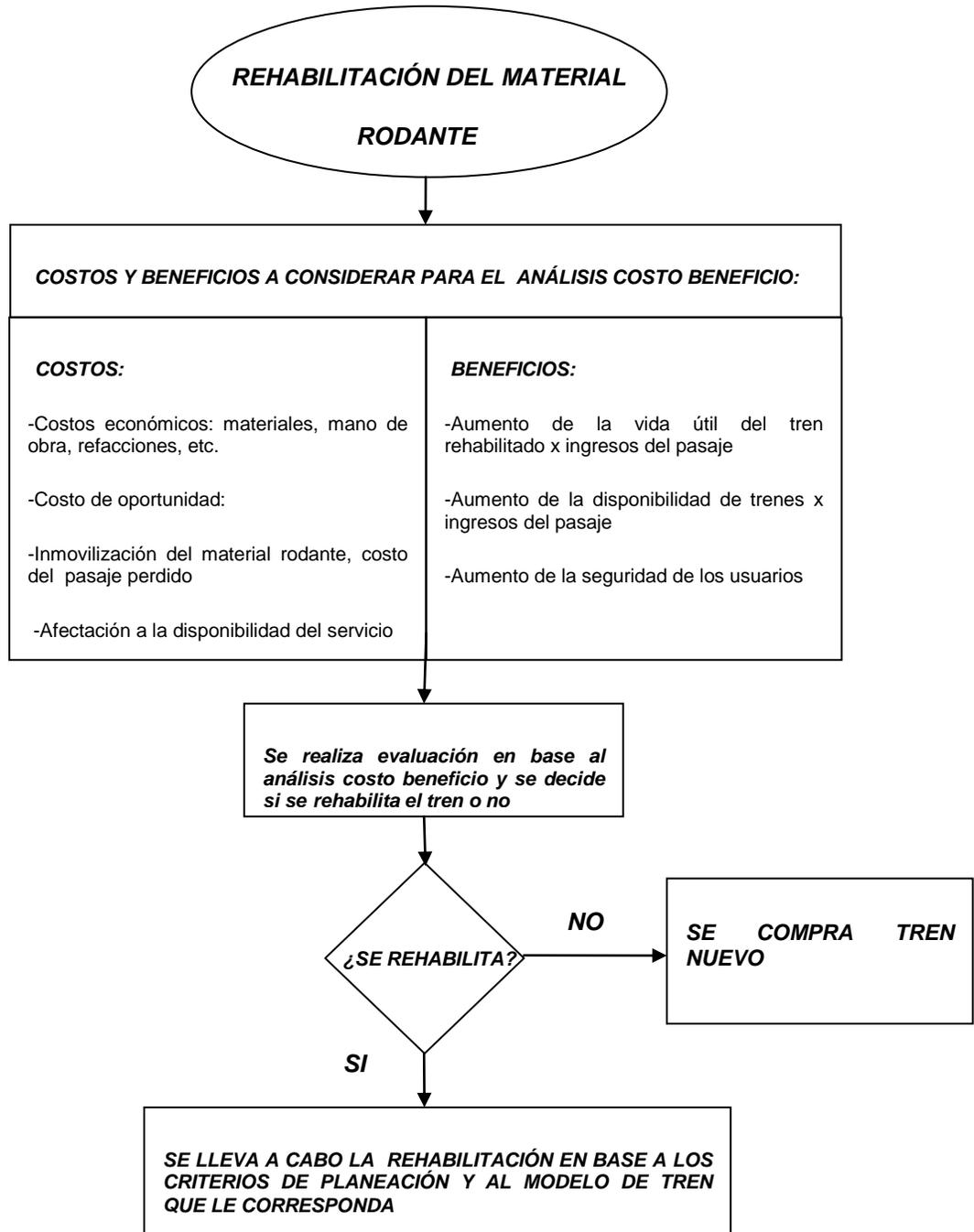
Se aceptará el proyecto si los beneficios equivalentes exceden los costos equivalentes ( $B > C$ ). Si los proyectos están en la misma escala en lo referente a costo, basta elegir el proyecto en el cual los beneficios excedan los costos en mayor cantidad. Para el caso del Sistema de Transporte Colectivo, hemos definido que un tren se puede rehabilitar cuando el costo es menor que el beneficio en una proporción de al menos 2 a 1.

Si  $\sum B/Co \geq 2$  conviene la rehabilitación

Si  $\sum B/Co \leq 2$  no conviene la rehabilitación y por lo tanto conviene más comprar un tren nuevo.

En la figura 3.5 se presenta el esquema general de la evaluación costo beneficio para la rehabilitación.

Figura 3.5 Esquema General de la Evaluación Costo Beneficio para la Rehabilitación



Fuente: elaboración propia

Tabla 3.7 Distribución actual del parque vehicular del Material Rodante

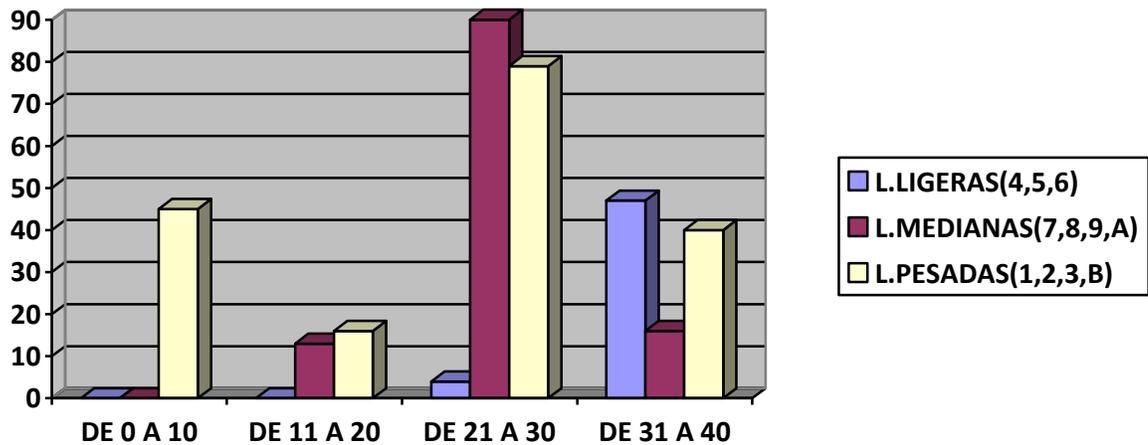
MODELO DE MATERIAL RODANTE	ANTIGÜEDAD	No.DE TRENES	LINEAS	TRENES POR REHABILITAR	ESTADO FISICO
MP-68 R-93	41 años	26	(8)-5,(10)-7 (8)- B	ya fueron rehabilitados	Regular
MP-68 R-96	41 años	32	(4)-1,(28)-B	ya fueron rehabilitados	Regular
NM-73 A R05	36 años	11	(9)-5, (2)-6	ya fueron rehabilitados	Regular
NM-73 B R05	36 años	26	(10)-4, (11)-6  (5)-7	ya fueron rehabilitados	Regular
NM-73BF	36 años	8	(2)-4,  (5)-6,  (1)-7	X	Regular
NM-79	30 años	58	(28)-3,(5)-5, (10)-7,  (5)-8,(10)-9	X	Regular
MP-82	27 años	25	8	X	Regular
NC-82	27 años	20	9	X	Regular
NM-83 A	26 años	30	(6)-1,(20)-3, (4)-5	X	Regular
NM-83 B	26 años	25	1	X	Regular
FM-86	23 años	20	A	X	Regular
NE-92	17 años	16	1	X	Bueno
FM-95	14 años	13	A	X	Bueno
NM-02	7 años	45	2	X	Bueno

Fuente: Gerencia de Ingeniería de la Dirección de Mantenimiento de Material Rodante del Sistema de Transporte Colectivo.

En la tabla 3.8 se observa el total del parque vehicular con su antigüedad, y en que líneas se encuentran. Se puede observar que el 45 % aproximadamente del total de trenes tienen 30 años o más de servicio, los cuales requieren rehabilitarse en los próximos años; de estos trenes actualmente se lleva rehabilitado aproximadamente el 64%. Estas cifras nos dicen que casi la mitad de la flota de trenes va a requerir que se rehabiliten dentro de los próximos 20 años con un incremento gradual de trenes que lleguen a 30 años, esto implicará que el ritmo de la rehabilitación de trenes se incrementará de manera considerable, por lo que se deberá contar con un plan que permita cumplir con las necesidades de rehabilitación de trenes durante todos estos años.

En la figura 3.6 se muestra una gráfica de barras con la distribución de trenes por antigüedad y por tipo de líneas que expresa más claramente que el 45% de los trenes tienen 30 años o más de servicio. También se puede observar que los trenes de una antigüedad menor son los que se colocan en las líneas pesadas y medianas debido a que las condiciones de operación son más severas en ellas.

FIGURA 3.6 Distribución de trenes por antigüedad y por línea



Fuente: Gerencia de Ingeniería de la Dirección de Mantenimiento de Material Rodante del Sistema de Transporte Colectivo.

La tabla 3.9 proporciona la totalidad de trenes que ya fueron rehabilitados y su distribución actual, en ella se indica que hay trenes tanto en líneas ligeras, medianas y pesadas, cuando deberían estar sólo en líneas ligeras; sin embargo, por la demanda de trenes en las líneas pesadas esto no siempre se puede llevar a cabo; aproximadamente el 4% de los trenes rehabilitados están asignados a líneas pesadas, el 61% están asignados a líneas medianas y el 35% a líneas ligeras.

Tabla 3.8 Líneas donde fueron reasignados los trenes rehabilitados

<b>TRENES REHABILITADOS</b>	<b>ANTIGÜEDAD</b>	<b>No.</b>	<b>L-1</b>	<b>L-4</b>	<b>L-5</b>	<b>L-6</b>	<b>L-7</b>	<b>L-B</b>
MP-68 R-93	40 AÑOS	26			8		10	8
MP-68 R-96	40 AÑOS	32	4					28
NM-73 A R05	35 AÑOS	11			9	2		
NM-73 B R05	35 AÑOS	26		10		11	5	
NM-73BF	35 AÑOS	8		2		5	1	

Fuente: Gerencia de Ingeniería de la Dirección de Mantenimiento de Material Rodante del Sistema de Transporte Colectivo, frecuencia: anual

#### 3.4.4 Criterios de Reasignación de Trenes Rehabilitados.

Una vez que se rehabilitan los trenes deberán de reasignarse a otras líneas con las siguientes características:

- Línea ligera, es decir, con poca demanda de pasajeros (menos de 500 mil pasajeros por día).
- Línea que no tenga problemas de vibraciones, asentamientos y pendientes pronunciadas.

#### 3.4.5 Indicadores de Desempeño de la Rehabilitación.

Estos indicadores de desempeño permitirán medir la repercusión de los trabajos de la rehabilitación del material rodante sobre la disponibilidad del servicio y la fiabilidad de los equipos. También se podrá medir el incremento de los ingresos para el STC por concepto de mayores viajes al haber mayor disponibilidad de trenes (ver tabla 3.10).

Tabla 3.9 Indicadores de Desempeño de la Rehabilitación.

INDICADORES TÉCNICOS	MEDIDA
-FIABILIDAD DE EQUIPOS: REDUCCIÓN DE AVERÍAS POR TREN	δAverías/tren
-NIVEL DE DISPONIBILIDAD DEL MATERIAL RODANTE	No. trenes en servicio/hora
INDICADORES ECONÓMICOS:	MEDIDA
-AUMENTO DE INGRESOS POR MAYOR DISPONIBILIDAD DEL MATERIAL RODANTE	δ\$/tren

Fuente: elaboración propia

### 3.5 PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DEL MANEJO DE INVENTARIOS DE REFACCIONES Y MATERIALES.

En este apartado se dará a conocer la propuesta de optimización del manejo de inventarios de refacciones y materiales que se tiene actualmente.

El suministro de refacciones y materiales para el material rodante que se tiene actualmente es irregular, ya que unas piezas llegan cada tres meses y otras cada seis meses, y en la mayoría de las veces no llegan los pedidos completos sino una parte de ellos; esto provoca que los insumos sólo alcancen para uno o dos meses o para tres meses en el mejor de los casos y el stock sea cero nuevamente. Para evitar lo anterior se plantean una serie de requerimientos:

-Determinar un cuadro básico de las refacciones críticas que son indispensables para el mantenimiento ya que la carencia de éstas afectan directamente la disponibilidad del servicio.

-Determinar para cada refacción del cuadro básico una cantidad mínima M (stock de

seguridad), de manera que cuando la existencia en el almacén E sea inferior a M se haga una solicitud de compra al almacén.

-Esta cantidad mínima M (stock de seguridad) se calcula de la siguiente manera:

Tabla 3.10 Cálculo de niveles de inventarios mínimos de refacciones y materiales para evitar desabasto

<b>REQUERIMIENTO POR PERÍODOS DE 3 A 6 MESES</b>		
RESURTIDO	RESURTIDO	RESURTIDO
CADA 3 MESES R1	4 A 6 MESES R2	> 6 MESES R3
$R1 \cdot p1 + R2 \cdot (1-p1)$ Valor Máximo = R2	$R2 \cdot p2 + R3 \cdot (1-p2)$ Valor Máximo = R3	R3
Si stock de seguridad se encuentra a la mitad(M/2) entonces se hace solicitud de resurtido	Si stock de seguridad se encuentra a la mitad(M/2) entonces se hace solicitud de resurtido	Si stock de seguridad se encuentra a la mitad(M/2) entonces se hace solicitud de resurtido

Fuente: Elaboración propia

Donde:

M = stock de seguridad

R1= Cantidad que se compra cada tres meses

R2=Cantidad que se compra de cuatro a seis meses

R3=Cantidad que se compra cada seis meses o más

p1=Probabilidad de comprar la refacción o material en el ciclo 1

p2=Probabilidad de comprar la refacción o material en el ciclo 2

Ejemplo: Calcular el stock de seguridad M con R1 =200, R2 = 400

y una probabilidad de compras del 50% (p1)

$$\text{Stock de Seguridad } M = 200 \cdot 0.50 + 400 \cdot 0.50 = 300$$

Este resultado quiere decir que se requiere contar al menos con un stock de seguridad M de 300 unidades para poder realizar el mantenimiento durante un período de 3 a 6 meses.

### **3.6 TIPOS DE PLANEACIÓN UTILIZADOS PARA ELABORAR LA PROPUESTA METODOLÓGICA.**

Después de analizar la problemática del STC y el marco teórico existente se decidió aplicar los principios de la planeación prospectiva, planeación operativa, planeación estratégica y el proceso general de la planeación del transporte. Las justificaciones son las siguientes:

Se consideró que la problemática del Sistema de Transporte Colectivo tiene tres componentes:

#### **3.6.1 Planeación Prospectiva.**

Esta componente prospectiva se refiere también a la definición de los criterios de la rehabilitación del material rodante, pero enfocándose a vislumbrar los posibles escenarios que pueden presentarse tanto favorables como catastróficos, para que desde este momento se haga lo necesario para evitar que suceda el escenario catastrófico planteado en la propuesta metodológica: *“Que el ritmo de envejecimiento y fatiga del material rodante sea mucho mayor al ritmo de rehabilitación de los trenes y esto provoque incidentes relevantes”*.

La planeación prospectiva se basa en el análisis de escenarios para anticiparse al futuro.

La planeación prospectiva entonces, se orienta a obtener o a impedir un determinado estado futuro de cosas. Así, se dirige al futuro aportando decisiones presentes. Por lo anterior se justifica utilizar la planeación prospectiva.

### **3.6.2. Planeación Operativa.**

Esta componente operativa se refiere a la parte operativa del mantenimiento del material rodante, tanto preventivo como correctivo; es decir, a las acciones que directamente se llevan a cabo para proporcionar el mantenimiento a los trenes, y que responde a las preguntas: ¿Cómo?; ¿Cuándo?; ¿Con qué? y ¿Con quién?; donde interviene personal a nivel operativo y administrativo en un primer nivel y que tiene que ver con la operación del material rodante, donde el horizonte es a corto y mediano plazo.

Dentro de ésta componente operativa también se encuentra el suministro de refacciones y materiales para el mantenimiento preventivo y correctivo del material rodante. Por lo anterior el tipo de planeación adecuada para resolver la problemática, desde el punto de vista operativo, es la Planeación Operativa.

### **3.6.3 Planeación Estratégica.**

Esta componente estratégica se refiere a la definición de los criterios de la rehabilitación del material rodante y que tiene que ver con las acciones que van encaminadas a lograr los objetivos de la rehabilitación a través de un plan estratégico, donde el horizonte es a mediano y largo plazo; todo lo anterior, acorde a la visión estratégica del Sistema de Transporte Colectivo. Por ende, la utilización de la planeación estratégica.

### **3.6.4 Proceso General de Planeación del Transporte.**

Por último, en lo que respecta al proceso general de la planeación del transporte se utilizó la misma lógica para esta tesis, contempla también, al igual que la planeación prospectiva, horizontes de planeación de por lo menos 20 años; lo cual es muy adecuado aplicarlo al STC, ya que actualmente se planea a corto y mediano plazo principalmente, dejando de lado la planeación a largo plazo.

También de la planeación del transporte se utiliza como fundamentos la definición de la problemática general y particular, además de usar índices de desempeño, lo cual permite clarificar desde un principio hacia donde se quiere llegar y posteriormente saber el desempeño de las acciones tomadas y su seguimiento.

### 3.7 BARRERAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA METODOLÓGICA.

En este apartado se abordarán los principales obstáculos o barreras para implementar la propuesta metodológica planteada en el presente capítulo. Estas barreras son parte de la resistencia al cambio del personal del Área de Mantenimiento de Material Rodante que presentarán en el momento de plantearles un método de trabajo diferente al que utilizan actualmente.

En la Tabla 3.12 que se presenta a continuación, se enumeran algunas barreras dentro del Sistema de Transporte Colectivo y las soluciones que habría de adoptar para eliminar éstas barreras y poder llevar a cabo la implementación de la propuesta de sistematización del mantenimiento del material rodante.

Tabla 3.11 Principales barreras para la implementación de la propuesta metodológica y sus soluciones propuestas.

BARRERAS	SOLUCIÓN
Resistencia al cambio: el personal de mantenimiento del material rodante, tiene 40 años haciendo el mantenimiento preventivo y correctivo de la misma forma, de manera que realizar un cambio en su forma de trabajar va a provocar una gran resistencia.	Primeramente sensibilizar a través de mesas de trabajo al personal directivo de la necesidad del cambio para mejorar el desempeño de mantenimiento, para posteriormente sensibilizar al personal operativo de manera paulatina.
El sindicato puede oponerse a llevar a cabo los cambios en el mantenimiento.	Llevar a cabo reuniones de sensibilidad y entregar al sindicato un documento claro y sencillo donde se hable de los beneficios esperados.
Desconocimiento del mantenimiento adaptable	Implementar cursos de capacitación sobre el mantenimiento adaptativo para personal de base y confianza

Fuente: Elaboración propia

### **3.8 PLAN DE ACCIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA METODOLÓGICA.**

La propuesta metodológica planteada en el capítulo tres de la presente tesis está considerando que se debe llevar a cabo en el Sistema de Transporte Colectivo, específicamente en la Dirección de Mantenimiento de Material Rodante.

Para lo anterior se propone el siguiente plan de acción:

El objetivo del plan de acción es llevar a la práctica la propuesta metodológica en la Dirección de Mantenimiento de Material Rodante, en particular en el Taller de Mantenimiento Sistemático Zaragoza.

1.-Primeramente se planteará al Director de Mantenimiento de Material Rodante los beneficios que se esperan al aplicar la metodología propuesta para que autorice su implementación en el Taller de Mantenimiento Sistemático Zaragoza.

2.-Posteriormente, una vez que se tenga la autorización por parte del Director de Mantenimiento de Material Rodante, éste instruirá al Coordinador del Taller de Mantenimiento Sistemático Zaragoza para que forme con el personal del área de Mantenimiento preventivo existente, el Grupo Especializado en Mantenimiento Preventivo (GEMP), este grupo estará formado por lo menos de 40 personas que tengan la mayor experiencia en la realización del mantenimiento preventivo (tanto sistemático como cíclico).

También definirá el Grupo de Control de Calidad del Mantenimiento (GCCM) formado por lo menos de cuatro personas, las cuales deberán controlar la calidad del mantenimiento que lleve a cabo el grupo especializado en mantenimiento preventivo (GEMP). Del mismo modo, se definirá al (analista del mantenimiento) que verifique el nivel de cumplimiento del mantenimiento preventivo.

3.-El Coordinador del Taller de Mantenimiento Sistemático Zaragoza también deberá formar el grupo que impartirá el mantenimiento adaptativo correctivo GEMP. Este grupo estará formado por personal del área de mantenimiento correctivo con por lo menos 20 personas que tengan la mayor experiencia en la realización del mantenimiento correctivo, también definirá el grupo de control de calidad del mantenimiento GCCSIR formado por cuatro personas. Por otro lado se definirá al (analista del mantenimiento) que inspeccione el comportamiento del mantenimiento correctivo.

4.- El Coordinador determinará los responsables de cada grupo de trabajo para deslindar responsabilidades.

5.-El Coordinador proporcionará los recursos materiales necesarios para realizar

tanto el mantenimiento adaptativo preventivo y correctivo.

6.- El coordinador determinará un Cronograma de Actividades que deberá considerar lo siguiente:

Tabla 3.12 Cronograma de Actividades para la Implementación de la Propuesta Metodológica

<b>GRUPOS DE TRABAJO PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>	<b>FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN DE GRUPOS</b>	<b>APLICACIÓN DE METODOLOGÍA</b>	<b>EVALUACIÓN DE RESULTADOS</b>
Grupo Especializado en Mantenimiento Preventivo (GEMP)	1 MES	6 MESES	6 MESES
Grupo de Control de Calidad del Mantenimiento Preventivo (GCCMP)	1 MES	6 MESES	6 MESES
<b>GRUPOS DE TRABAJO PARA MANTENIMIENTO CORRECTIVO</b>	<b>FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN DE GRUPOS</b>	<b>APLICACIÓN DE METODOLOGÍA</b>	<b>EVALUACIÓN DE RESULTADOS</b>
Grupo Especializado en Diagnóstico de Fallas.(GEDF)	1 MES	6 MESES	6 MESES
Grupo Especializado en Montaje y Desmontaje de Órganos y Equipos. (GEMD)	1 MES	6 MESES	6 MESES
Grupo Especializado en Reparación o Reconstrucción de Equipos u Órganos. (GERE)	1 MES	6 MESES	6 MESES
Grupo del Control de Calidad y Seguimiento (GCCSIR)	1 MES	6 MESES	6 MESES

Fuente: elaboración propia

## CONCLUSIONES

La propuesta metodológica planteada en el capítulo tres de la presente tesis ofrece una serie de beneficios que se plantean a continuación:

1.-El Sistema de Transporte Colectivo podrá aumentar los niveles de disponibilidad del servicio por lo menos en un 10% más, ya que se espera disminuir las averías en este porcentaje a través de la sistematización del mantenimiento preventivo y correctivo del material rodante.

El Área de Mantenimiento del Material Rodante del Sistema de Transporte Colectivo podrá llevar a cabo lo siguiente:

2.-Una entrega de insumos más eficiente, a través de la sistematización del manejo de inventario de refacciones y materiales del material rodante.

3.-Ahorrarse por lo menos un 10% en costos del mantenimiento correctivo, ya que se espera disminuir las averías en este porcentaje a través de la sistematización de esta área.

4.-Cumplir al 100 % con el Programa Operativo Anual en cuanto a metas de mantenimiento preventivo a nivel cíclico y sistemático a través de la sistematización de ésta área.

5.- Aplicar la metodología sin que se requiera de una gran inversión económica debido a que se utilizará al mismo personal operativo, las mismas instalaciones, las mismas herramientas y equipo con el que trabaja actualmente la Dirección de Mantenimiento de Material Rodante.

6.-No se requiere de una tecnología de punta para aplicar la

metodología propuesta, debido a que ésta se basa principalmente en eficientar la organización, y los métodos de trabajo de las Áreas de Mantenimiento Preventivo y Correctivo de los Talleres de Mantenimiento Sistemático.

7.-No se requiere de una infraestructura especial o nueva para su aplicación, debido a que ésta propuesta se basa principalmente en eficientar los recursos humanos y materiales de las Áreas de Mantenimiento Preventivo y Correctivo de los Talleres de Mantenimiento Sistemático

8.-Plantea un tipo de mantenimiento que se le ha llamado “ADAPTABLE” para aplicarse tanto al mantenimiento preventivo como al correctivo. Este mantenimiento al ser flexible permite que el mantenimiento al Material Rodante sea más eficiente

9.-Puntualiza la importancia de planear hacia el futuro, sobre todo a un largo plazo, ya que actualmente en el Sistema de Transporte Colectivo se planea a un corto y mediano plazo principalmente y no se le da la importancia que se requiere a la planeación al largo plazo.

10.-Permite prever el futuro, a través de elaborar posibles escenarios los cuales pueden ser favorables o catastróficos, de manera que el STC pueda anticiparse y estar preparado para recibirlo, además de actuar desde ahora para influir en que un escenario catastrófico no se presente.

Por otro lado, la metodología planteada además de beneficios tiene limitaciones, las cuales se mencionan a continuación:

-La primera limitación a la que nos enfrentamos es a las barreras organizacionales, ya que para que la metodología tenga éxito se debe vencer la resistencia al cambio de las organizaciones por parte de los individuos desde un nivel operativo hasta un nivel gerencial.

a) Otra limitación a la que posiblemente nos enfrentamos, es el Sindicato del Sistema de Transporte Colectivo, ya que éste pudiera oponerse a la implementación de un nuevo sistema en el que intervenga el personal sindicalizado y es otro factor que forma parte de las barreras organizacionales en la empresa.

b) En cuanto a la sistematización del suministro de insumos que se plantea para el mantenimiento del material rodante, se tiene una limitación importante que es el aspecto económico; es decir, el suministro de insumos depende en gran medida del presupuesto que se le asigne para el área de Mantenimiento de Material Rodante.

c) Por lo que se refiere a los criterios para la rehabilitación del material rodante, se tiene la limitación de que no siempre es posible asignar un tren rehabilitado a una línea de baja demanda, debido a la necesidad de asignar más trenes a otras líneas de mayor demanda.

Finalmente cabe mencionar, que la sistematización del mantenimiento del Material Rodante abre la oportunidad para que en un futuro se pueda aplicar en otras áreas del Sistema de Transporte Colectivo.

Lo anterior es posible ya que la sistematización como parte de la planeación busca obtener un manejo más eficiente de los recursos materiales y humanos.

Por lo tanto la sistematización se puede llevar a cabo en las siguientes áreas:

-Dirección de Mantenimiento de Material Rodante, Áreas de Mantenimiento Mayor.

Estas áreas son las que le proporcionan el mantenimiento mayor o revisión general al material rodante cada cinco años aproximadamente, el cual es un mantenimiento profundo. En estas áreas se puede sistematizar el mantenimiento mayor, que es un mantenimiento fundamental para los trenes junto con la rehabilitación.

-Dirección de Transportación.

Se encarga de conducir los trenes a lo largo de las 11 líneas existentes los 365 días del año. En esta área se puede sistematizar la operación de los trenes en función de su disponibilidad.

-Gerencia de Adquisiciones.

Se ocupa de comprar todos los requerimientos (refacciones y materiales) que se necesitan en todas las áreas del Sistema de Transporte Colectivo. En esta área se puede sistematizar la adquisición de materiales y refacciones a nivel Sistema de Transporte Colectivo y no solamente para el mantenimiento del material rodante.

-Gerencia de Instalaciones Fijas.

Es la responsable de dar mantenimiento a todas las instalaciones fijas del Sistema de Transporte Colectivo, incluyendo las vías por donde circulan los trenes. En esta área se puede sistematizar el mantenimiento de las instalaciones fijas.

-Gerencia de Recursos Humanos.

Se encarga de administrar, organizar y controlar a todo el personal del Sistema de Transporte Colectivo, incluyendo personal de base y confianza. En esta área se puede sistematizar la administración, organización y control de todo el personal del STC.

## INDICE DE TABLAS.

Tabla 1	Concentrado de averías de Línea 8 del 2007 y 2009.....	10
Tabla 2	Muestra de la periodicidad de surtimiento del Inventario de materiales y refacciones para el mantenimiento, almacén Z1.....	12
Tabla 3	Pronóstico de evolución del reparto modal de los desplazamientos urbanos (sin el transporte de carga).....	20
Tabla 3.1	Niveles de cumplimiento del mantenimiento preventivo.....	49
Tabla 3.2	Costos del mantenimiento preventivo actual y el propuesto.....	49
Tabla 3.3	Indicadores de Desempeño del Mantenimiento Preventivo Adaptable (Sistemático y Cíclico).....	50
Tabla 3.4	Clasificación de la averías del Mantenimiento Correctivo Adaptable.....	56
Tabla 3.5	Indicadores de Desempeño del Mantenimiento Correctivo Adaptable.....	57
Tabla 3.6	Niveles de falla del Mantenimiento Correctivo Adaptable.....	58
Tabla 3.7	Distribución actual del parque vehicular del Material Rodante.....	63
Tabla 3.8	Líneas donde fueron asignados los trenes rehabilitados.....	65
Tabla 3.9	Indicadores de Desempeño de la Rehabilitación.....	66
Tabla 3.10	Cálculo de niveles de inventarios mínimos de refacciones y materiales para evitar desabasto.....	67
Tabla 3.11	Principales barreras para la implementación de la propuesta metodológica y sus soluciones propuestas.....	70
Tabla 3.12	Cronograma de Actividades para la Implementación de la Propuesta Metodológica.....	72

## INDICE DE FIGURAS.

Figura 2.1 Esquema de la visión de largo plazo.....	33
Figura 2.2 Esquema general de la Planeación Prospectiva.....	34
Figura 2.3 Esquema general de los posibles escenarios a futuro.....	35
Figura 2.4 Pirámide de la Construcción de futuros deseables.....	36
Figura 2.5 Esquema General de la Planeación del Transporte.....	39
Figura 3.1 Áreas de oportunidad del Mantenimiento del Material Rodante.....	42
Figura 3.2 Esquema General del Mantenimiento Adaptable.....	45
Figura 3.3 Mapa Conceptual del Mantenimiento Preventivo Adaptable.....	46
Figura 3.4 Mapa conceptual del mantenimiento Correctivo Adaptable.....	52
Figura 3.5 Esquema de la evaluación Costo Beneficio para la Rehabilitación...	62
Figura 3.6 Muestra la distribución de trenes por antigüedad y por líneas.....	64

## BIBLIOGRAFIA

Referencia 1:

-Sistema de Transporte Colectivo, Programa Institucional 2004.

Referencia 2:

[http://www.foropoliticaspUBLICAS.org.mx/docs/Infraestructura\\_Adriana%20de%20Almeida%20Lobo\\_Centro%20de%20Transporte.pdf](http://www.foropoliticaspUBLICAS.org.mx/docs/Infraestructura_Adriana%20de%20Almeida%20Lobo_Centro%20de%20Transporte.pdf)

Referencia 3:

-Kenworth y Laube: *Urban Transport Patterns in a Global Sample of Cities and their Linkage to Transport Infrastructure, Land-use, Economic & Environment. Modal Split for the Cities represented in Millenium Cities Database for Sustainable Transport. Publicación : «World Transport Policy and Practice No. 8 », Colonia, Alemania, 2002.*

Referencia 4:

-[http://es.wikipedia.org/wiki/Metro\\_\(sistema\\_de\\_transporte\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Metro_(sistema_de_transporte))

Referencia 5:

-[WWW.alegsa.com.ar/dic/sistematizacion.php](http://WWW.alegsa.com.ar/dic/sistematizacion.php)

Referencia 6:

-[www.elprisma.com/planeacion](http://www.elprisma.com/planeacion)

Referencia 7:

-[www.elprisma.com/apuntes/...de.../planeación](http://www.elprisma.com/apuntes/...de.../planeación)

Referencia 8:

-STEINER, George A., Planeación Estratégica, lo que todo director debe saber, una guía paso a paso, editorial CECSA, México 1994.

Referencia 9:

-Tomas Miklos, Planeación Prospectiva: Una Estrategia para el Diseño del Futuro, Editorial Limusa, México 1991.

Referencia 10:

-[www.eumed.net/libros/2006b/voz/1j.htm](http://www.eumed.net/libros/2006b/voz/1j.htm)-planeación operativa

Referencia 11:

-Meyer Michael y Miller J. Eric. 2001. Urban Transportation Planning. 2a. edición. Mac Graw Hill.