

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA  
COMPUTARIZADO PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL  
MANTENIMIENTO DE EQUIPOS – SISTEMA METRO LIGERO**

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por el Br. Lovera S., Antonio J.  
para optar al Título de  
Ingeniero Mecánico

Caracas, 2004

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

# **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA COMPUTARIZADO PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS – SISTEMA METRO LIGERO**

TUTOR ACADÉMICO: Prof. José L. Perera

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por el Br. Lovera S., Antonio J.  
para optar al Título de  
Ingeniero Mecánico

Caracas, 2004

**Lovera S. Antonio J.**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA COMPUTARIZADO  
PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS –  
SISTEMA METRO LIGERO**

**Tutor Académico: Prof. José L. Perera. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería.  
Escuela de Ingeniería Mecánica. 2004, 109 pág.**

Mantenimiento, Metro Ligero, Administración, SCAM

**RESUMEN**

Para la ejecución del mantenimiento de los equipos del Metro de Valencia, se desarrolló un sistema computarizado que permite la incorporación, almacenamiento, procesamiento (análisis) y actualización de todos aquellos datos que se requieren para generar la información sobre los equipos, órdenes de trabajo, recursos humanos, así como materiales y herramientas, necesarios para la planeación, organización, ejecución y control del mantenimiento de la infraestructura operativa del sistema Metro de Valencia. Asimismo, es capaz de generar informes de costos, órdenes de trabajo, distribución de los trabajos de mantenimiento (cantidad y horas), horas hombres por supervisor y sistema, los cuales darán soporte a la toma de decisiones en materia de administración del mantenimiento en las mencionadas instalaciones.

La información oportuna y confiable que el sistema está en capacidad de suministrar, permitirá revisar y retroalimentar la planeación de las actividades de mantenimiento para periodos de un año, distribuir equitativamente las horas de trabajo del personal, identificar la carga que representa el trabajo de emergencia, controlar el uso de herramientas y materiales y en general mejorar la efectividad y calidad del servicio de mantenimiento. Adicionalmente se espera mejorar la relación cliente/usuario dentro de la empresa, es decir, entre operadores y supervisores de cualquier departamento y entre los diferentes departamentos.

El universo de equipos estudiados comprende los sistemas de energía, catenaria, seguridad, señalización y control, comunicación y telemando, equipos para el mantenimiento de la vía férrea y equipos para el taller integral de mantenimiento, existentes en las instalaciones del Metro de Valencia.

Desde el punto de vista metodológico, la estrategia adoptada para la estructuración del SCAM, así como la plataforma computacional utilizada para su implementación puede ser útil en el desarrollo de otros sistemas para la administración del mantenimiento de los equipos de otros sistemas de transporte masivo e incluso de otras organizaciones productivas y de servicio

El sistema se implementó a través de un programa diseñado en Microsoft Access 2002 y utiliza como herramienta complementaria Microsoft Project 2000.

## **DEDICATORIA**

A mi madre y a mi padre, los admiro!

A mis hermanos Isabel y Julian por su apoyo

A mi tía Dilia por su incondicional apoyo

A Aury por acompañarme en todo momento

A mi familia

## **AGRADECIMIENTOS**

A todo el personal de Leoper C.A. por su valiosa colaboración para la realización de este proyecto

A mis tíos Rosario y Domingo, por haberme mostrado la ciudad de Valencia

## ÍNDICE GENERAL

<b>Resumen .....</b>	<b>i</b>
<b>Dedicatoria .....</b>	<b>ii</b>
<b>Agradecimientos .....</b>	<b>iii</b>
<b>Índice General .....</b>	<b>iv</b>
<b>Índice de Figuras .....</b>	<b>vii</b>
<b>Índice de Tablas.....</b>	<b>ix</b>
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>4</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>4</b>
<b>El Sistema Metro Ligero de Valencia .....</b>	<b>4</b>
Material Rodante.....	8
Equipos para la Infraestructura Operativa del Metro de Valencia .....	9
<b>Importancia y Beneficios del Desarrollo de un Sistema para la Administración del Mantenimiento de Equipos – Sistemas de Metro Ligero.....</b>	<b>11</b>
<b>Objetivos .....</b>	<b>13</b>
General.....	13
Específicos .....	13
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>14</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>
<b>Consideraciones Generales.....</b>	<b>15</b>
<b>Sistemas de Mantenimiento.....</b>	<b>16</b>
<b>Estrategias para el Diseño de Sistemas de Mantenimiento .....</b>	<b>17</b>
<b>Mantenimiento Productivo Total (MPT) .....</b>	<b>18</b>

<b>Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC)</b> .....	<b>20</b>
<b>Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF)</b> .....	<b>22</b>
<b>Sistema de Operación y Control del Mantenimiento</b> .....	<b>23</b>
<b>Sistema de Órdenes de Trabajo de Mantenimiento</b> .....	<b>24</b>
Diseño de la Orden de Trabajo .....	26
<b>Control del Mantenimiento</b> .....	<b>27</b>
Coordinación y Planeación de las Órdenes de Trabajo .....	28
Procesamiento de Órdenes de Trabajo .....	28
Retroalimentación de Información y Acción Correctiva .....	28
<b>Sistemas Computarizados para la Administración del Mantenimiento (SCAM)</b> .....	<b>29</b>
<b>Propuesta para el Diseño e Implementación de una Herramientas para la Administración del Sistema de Mantenimiento de Equipos en Sistemas de Transporte Masivo</b> .....	<b>30</b>
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>32</b>
<b>METODOLOGÍA</b> .....	<b>32</b>
<b>Descripción del Tipo de Estudio Realizado</b> .....	<b>32</b>
<b>Descripción del Proceso para la Ejecución del Trabajo</b> .....	<b>33</b>
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>40</b>
<b>DESARROLLO DE UN SISTEMA COMPUTARIZADO PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENTENIMIENTO DE EQUIPOS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE RÁPIDO MASIVO - METRO DE VALENCIA</b> .....	<b>40</b>
<b>Estructura Básica del Sistema</b> .....	<b>40</b>
<b>Descripción del Programa</b> .....	<b>43</b>
Ventanas del Programa.....	43
<b>Operación del Programa</b> .....	<b>48</b>
Instalación del Programa .....	48
Opciones que Ofrece el Programa.....	53
<b>Previsiones para el Mejoramiento del Sistema – Incorporación de Avances Tecnológicos</b> .....	<b>74</b>
Cálculo de Disponibilidad, Tiempo Medio Entre Fallas - MTBF y Tiempo Consumido en Reparación - MTTR.....	74
Incorporación de Avances Tecnológicos .....	74

<b>Estimación Preliminar de Costos para la Implementación del SCAM</b>	
<b>Desarrollado .....</b>	<b>79</b>
Costo por Adquisición del Software .....	79
Costo de Infraestructura .....	80
Costo de Capacitación de Personal .....	81
Costo de Implementación.....	82
<b>Evaluación Preliminar del SCAM Desarrollado .....</b>	<b>82</b>
<b>CAPÍTULO 6.....</b>	<b>84</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>84</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>84</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>88</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>90</b>
<b>ANEXO 1 .....</b>	<b>91</b>
<b>CONCEPTOS BÁSICOS MICROSOFT ACCESS-2002.....</b>	<b>91</b>
<b>Base de datos.....</b>	<b>91</b>
<b>Archivos de base de datos Access.....</b>	<b>91</b>
<b>Tablas y relaciones.....</b>	<b>91</b>
<b>Consultas .....</b>	<b>93</b>
<b>Formularios.....</b>	<b>95</b>
<b>Informes .....</b>	<b>96</b>
<b>Macros .....</b>	<b>97</b>
<b>Relaciones en una base de datos.....</b>	<b>99</b>
<b>Páginas de acceso a datos.....</b>	<b>102</b>
<b>ANEXO 2 .....</b>	<b>106</b>
<b>EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL PROGRAMA.....</b>	<b>106</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Planteamiento del Sistema Metro de Valencia	5
Figura 2.2 Plano de Ubicación de las Estaciones – Primera Etapa del Metro de Valencia	7
Figura 2.3 Vista de un Ejemplar del Material Rodante – Metro de Valencia	9
Figura 3.1 Curva Típica de la “Tina de Baño”	21
Figura 3.2 Estructura Básica del AMEF	23
Figura 3.3 Esquema Conceptual para el Sistema de Mantenimiento de los Equipos del Metro de Valencia	31
Figura 4.1 Procesamiento de Datos	36
Figura 4.2 Esquema Básico para el Diseño e Implantación del Programa	38
Figura 5.1 Estructura del SCAM Diseñado	41
Figura 5.2 Red Básica para la Instalación del SCAM	43
Figura 5.3 Ventana Inicio	44
Figura 5.4 Ventana Equipos	45
Figura 5.5 Ventana Recursos Humanos	45
Figura 5.6 Ventana Órdenes de Trabajo	46
Figura 5.7 Ventana Materiales y Herramientas	47
Figura 5.8 Ventana Informes	48
Figura 5.9 Configuración de una Red y Carga del Programa	49
Figura 5.10 Asistente para Seguridad	49
Figura 5.11 Administrador de Grupos de Trabajo	50
Figura 5.12 Inicio de Sesión - Cuentas de Usuario y Grupo	51
Figura 5.13 Vista de Resultados – Planeación en Microsoft Project	52
Figura 5.14 Resultados de la Planeación en la Base de Datos	52
Figura 5.15 Sistemas	53
Figura 5.16 Ubicación de Equipos	54
Figura 5.17 Especificación de Equipos	54
Figura 5.18 Información	55
Figura 5.19 Piezas	56
Figura 5.20 Órdenes de Trabajo	56
Figura 5.21 Actividades	57
Figura 5.22 Documentos	58
Figura 5.23 Procedimientos	58
Figura 5.24 AMEF	59
Figura 5.25 Historia	59
Figura 5.26 Personal	60
Figura 5.27 Estado del Personal – Ingreso de Datos	60
Figura 5.28 Estado del personal – Actividades Realizadas	61
Figura 5.29 Control Diario	61
Figura 5.30 Orden de Trabajo	63

Figura 5.31 Código de Equipos Pertenecientes a un Mismo Sistema	63
Figura 5.32 Estados de la Orden de Trabajo	64
Figura 5.33 Actividades de Mantenimiento	65
Figura 5.34 Vista Preliminar de la Orden de Trabajo	65
Figura 5.35 Estado de Orden	66
Figura 5.36 Órdenes de Trabajo en Espera de Material	66
Figura 5.37 Solicitud de Material	67
Figura 5.38 Material Solicitado	68
Figura 5.39 Préstamo de Herramientas	68
Figura 5.40 Análisis ABC	69
Figura 5.41 Gráfica de la Demanda de Material	70
Figura 5.42 Informe de Costo	71
Figura 5.43 Informe de Ordenes de Trabajo	71
Figura 5.44 Distribución del Trabajo Durante Todo el Período de Mantenimiento (Cantidad)	72
Figura 5.45 Distribución del Trabajo Durante Todo el Periodo de Mantenimiento (Horas)	72
Figura 5.46 Informe de Hora Hombre al Mes por Supervisor	73
Figura 5.47 Informe de Hora Hombre por Sistema	73
Figura 5.48 Vista de una de las PALMs disponible en el Mercado - Pocket PC Hp h5550	75
Figura 5.49 Código de Barra LS 1900 Cobra	77
Figura 5.50 Posibilidad de Conexión a Internet	79

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 2.1 Características de los Trenes	9
Tabla 2.2 Datos de Operación Línea 1 – Tramo 1, Metro de Valencia	9
Tabla 2.3 Equipos para la Infraestructura Operativa del Metro de Valencia	10
Tabla 5.1 Especificaciones de una PALM Disponible en el Mercado	76
Tabla 5.2 Características del LS 1900 Cobra	78
Tabla 5.3 Requerimientos de Equipos para la Instalación del SCAM Desarrollado para el Metro de Valencia	80
Tabla 5.4 Resultados de la Evaluación Preliminar	83

## **CAPÍTULO 1**

### **INTRODUCCIÓN**

Los sistemas de comunicación férrea urbana han demostrado su efectividad en la solución de los problemas que en materia de transporte público enfrentan las grandes ciudades del mundo. Entre los principales beneficios que se pretenden lograr con estos sistemas cabe mencionar: proporcionar a los usuarios la posibilidad de un viaje cómodo, rápido y seguro mediante la oferta de un servicio confiable durante todo el año, disminuir el consumo de energía secundaria, contribuir a la transformación urbana de la ciudad, y en general, mejorar la calidad del ambiente urbano.

En Venezuela ya se cuenta con experiencia con este tipo de sistemas, tal es el caso del Metro de Caracas, y en estos momentos se encuentran en ejecución a nivel nacional proyectos que dan respuestas a la necesidad de transporte de otras ciudades, como son el Metro de Valencia, el Trolmérica, el Metro de Maracaibo y el Metro de los Teques, entre otros.

En el caso específico de la ciudad de Valencia, Estado Carabobo, por iniciativa del gobierno local, se está construyendo un sistema de transporte masivo, del tipo Trams and Light Rail Vehicles, también llamado "Metro Ligero", el cual se adoptó como una solución adecuada para esta ciudad, dada la topografía de la misma. Dicho sistema ha resultado exitoso en ciudades como Guadalajara, Túnez, Sacramento, Pittsburgh, St. Louis y Portland, por mencionar algunas.

De acuerdo a los planes de construcción del Metro de Valencia, la fase inicial de la primera línea del Metro contará con 7 estaciones en más de 6 km. Con una capacidad de transporte de más de 10 mil pasajeros por hora. En sólo 12 minutos será posible viajar desde la estación de Plaza de Toros a la de Cedeño. Para esta obra de 122 millones de dólares, la Compañía Anónima Metro de Valencia –VALMETRO ha

contratado a Siemens Transportation Systems Inc., que cuenta con una larga trayectoria en materia de sistemas de transporte, prueba de ello es que el primer tranvía eléctrico del mundo, el cual prestó servicios en Berlín en 1881, era marca Siemens [9].

La implantación de este sistema incluye además de la construcción de las obras civiles necesarias para su instalación, la dotación de una diversidad de equipos eléctricos, mecanismos estacionarios y material rodante que harán realidad tan importante servicio, el cual, como se mencionó anteriormente deberá estar caracterizado por la seguridad, confiabilidad y calidad del servicio que se pretende ofrecer.

Indiscutiblemente, el diseño racional de estos sistemas, la adecuada selección de los equipos, tanto de infraestructura como de superestructura del Sistema de Transporte Rápido Masivo para la ciudad de Valencia, así como la aplicación de las buenas prácticas de construcción, operación y mantenimiento, constituyen factores fundamentales para la prestación de un servicio confiable y seguro para sus usuarios, ello implica entre otros, contar con un plan de mantenimiento que asegure la vida útil de los equipos [18].

Ante esta realidad, la empresa encargada del mantenimiento de los equipos e instalaciones, así como de la operación, administración y explotación de dicho sistema de transporte requiere contar con un medio para que las decisiones sobre el mantenimiento se efectúen en forma rápida y acertada, preferiblemente automatizada, que facilite su planeación y control.

Con base en estos planteamientos, en este Trabajo Especial de Grado se desarrolla un sistema automatizado para la gestión del mantenimiento de los equipos del Sistema de Metro Ligerero de Valencia, Estado Carabobo, el cual puede ser aplicado, con los ajustes correspondientes a la administración del mantenimiento de otros sistemas de transporte férreos urbanos.

Para el desarrollo del estudio se contó con el apoyo de las firmas responsables de la dotación de los equipos y su mantenimiento, la empresa Siemens Transportation Systems Inc e Ingeniería Leoper CA, respectivamente.

Con el propósito de facilitar el seguimiento y comprensión del trabajo realizado, este documento se organiza en seis (6) capítulos cuyo contenido se describe a continuación:

Un primer capítulo introductorio donde se reseña la temática a tratar en el presente trabajo, así como su principal propósito.

En el segundo capítulo, planteamiento del problema, se describe el sistema de transporte para el cual se diseña e implementa el sistema de mantenimiento, la importancia y beneficios de su desarrollo, así como los objetivos, general y específicos que se pretenden lograr.

El marco teórico en el cual se fundamenta el sistema de gestión de mantenimiento desarrollado se presenta en el tercer capítulo, mientras que la metodología implementada para su ejecución, se describe en el cuarto capítulo.

En el quinto capítulo se muestran los resultados obtenidos. Allí se explica el contenido de los módulos que constituyen el programa, cómo se le introducen los datos, una visión hacia el futuro inmediato de este programa y los costos asociados a la implementación del sistema, también se incluye una evaluación preliminar del sistema desarrollado. Finalmente, en el sexto capítulo, se presentan las principales conclusiones y recomendaciones.

## **CAPÍTULO 2**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **El Sistema Metro Ligero de Valencia**

La situación actual del transporte público urbano de la ciudad de Valencia, Estado Carabobo es crítica. Esto es consecuencia del estado ineficiente de su infraestructura vial, de la obsolescencia generalizada y escasa calidad del servicio prestado por las operadoras de transporte, así como de un control operacional inexistente [8].

Además de esta situación, el proceso de urbanización y crecimiento de la ciudad acontecido hasta el presente y su tendencia a acelerarse en los próximos años, traerá como consecuencia la agudización de los problemas del sistema de transporte público urbano, especialmente en los principales corredores de circulación de la ciudad.

Tomando en consideración esta problemática, en 1991 se creó la C.A. Metro de Valencia, la cual inició sus estudios de factibilidad de un Sistema de Transporte Rápido Masivo (S.T.R.M.).

Una vez realizado la fase de estudios básico para la búsqueda de la solución a la problemática del transporte urbano en esa ciudad, se estableció que el sistema de transporte requerido correspondía al de un Metro Ligero (Light Rail Transit), el cual debía poseer su propia infraestructura, construido preferiblemente en vía exclusiva y subterráneo o elevado según el caso a fin de garantizar el nivel de confort del sistema escogido y minimizar interferencias con el tránsito existente en la ciudad. Fue así como se estableció la red de Metro en dos (2) líneas que abarcan un total de 22,2 km y 24 estaciones tal y como se muestra en la Figura 2.1.

La capacidad de diseño alcanza los 32.000 pasajeros por hora y por sentido, la cual está previsto lograr con el uso de vagones de aproximadamente 30 m de largo con capacidad de 250 personas por vagón y velocidad máxima de hasta 80 km/h.

De acuerdo con los estudios, el sistema en la primera etapa de la Línea 1 movilizaría aproximadamente 9.000 pasajeros por hora y por sentido en la hora pico, captando un 30% de la demanda existente en el corredor donde se inserta, realizando el recorrido de los 6,2 km en un tiempo aproximado de 9,5 minutos.



Tomado de [8]

**Figura 2.1 Planteamiento del Sistema Metro de Valencia**

La construcción del sistema estaba prevista para ser realizada en cinco (5) etapas:

La primera etapa comprendía la construcción del tramo: Línea 1, Parque Recreacional Sur – Cedeño, con una longitud de 6,22 km y 7 estaciones. La construcción dio inicio el cuarto (4º) trimestre de 1.994 y estaba prevista su conclusión para el cuarto (4º) trimestre de 2.000, incluidos los patios y talleres.

La segunda etapa comprendía: Línea 1, tramo Cedeño – Rectorado, con una longitud de 1,5 km y 2 estaciones. Línea 2, tramo Lara – La Quizanda, con una longitud de 4,2 km y 4 estaciones. La conclusión estaba prevista para el año 2005.

La tercera etapa comprendía: Línea 1, tramo Rectorado – Guaparo, con una longitud de 3,3 km y 4 estaciones. Línea 2, tramo La Quizanda – Bomberos, con una longitud de 2,3 km y 2 estaciones. La conclusión estaba prevista para el año 2010.

La cuarta etapa comprendía: Línea 2, tramo Lara – Hospital, con una longitud de 2,2 km y 2 estaciones. La conclusión estaba prevista para el año 2015.

La quinta etapa comprendía: Línea 2, tramo Hospital La Florida, con una longitud de 3,2 km y 3 estaciones. La conclusión estaba prevista para el año 2020.

Una vez comenzada la construcción del primer tramo de la Línea 1 se presentaron modificaciones tanto en la planificación como en el alcance de los trabajos propuestos inicialmente por VALMETRO.

Es así como para la presente fecha se ha incrementado el alcance propuesto para este primer tramo: se prevé que tenga una longitud de 7,1 km y 8 estaciones, igualmente se han renombrado algunas estaciones: la estación "Plaza de Toros" ha pasado a llamarse "Monumental" y la estación "Los Colorados" ha sido renombrada como estación "Miranda". La previsión actual para la culminación de esta fase es para el segundo semestre de 2.004.

En la actualidad se está realizando la construcción en forma simultánea de siete estaciones: Las Ferias, Palotal, Sta. Rosa, Michelena, Lara, Cedeño y Miranda; que junto con la Estación Monumental (ya concluida) conforman la primera etapa de la Línea 1.

La segunda etapa de la Línea 1 está en proyecto y comprenderá las estaciones: Rectorado, Los Sauces, El Viñedo, Polideportivo y Guaparo. Además, existen planes, no oficiales, respecto a la futura ampliación del sistema metro a otros municipios que

conforman el área metropolitana de Valencia, es así como se ha planteado llevarlo hasta la Universidad de Carabobo, ubicada en el Municipio Naguanagua.

Igualmente, se encuentra en proceso de proyecto la nueva red, a nivel de tranvía, que partirá desde la Estación Monumental pasando por Ciudad Plaza, Sta. Inés, Parque Valencia, Flor Amarillo, Zona Industrial y posible mente llegue hasta Los Guayos con la implantación de un terminal de transferencia intermodal.

La Figura 2.2 muestra el plano de ubicación de las estaciones construidas en esta primera de etapa.



Tomada de [7]

**Figura 2.2 Plano de Ubicación de las Estaciones – Primera Etapa del Metro de Valencia**

Para iniciar las operaciones de esta primera etapa se requiere la dotación y operación del material rodante (vagones) y una diversidad de equipos los cuales constituyen la infraestructura cuyo mantenimiento debe asegurar un servicio eficiente y confiable.

En este punto es necesario aclarar que aun cuando todo el equipamiento requiere de mantenimiento, la empresa que apoya el desarrollo del presente estudio (Ingeniería Leoper C.A.) no tiene bajo su responsabilidad el mantenimiento del material rodante, razón por la cual éste no se incluye en el sistema desarrollado, sin embargo el mismo podría abarcarlos sin mayores inconvenientes.

A continuación se describe el equipamiento señalado anteriormente utilizando la clasificación adoptada por la mencionada empresa y el proveedor de los mismos.

#### Material Rodante

El material rodante del sistema de metro ligero para Valencia ha sido suministrado por la empresa Siemens, se trata del modelo SD 460, de iguales presentaciones a los trenes empleados en el Metrolink de St. Louis, Missouri. Consta de un equipo con configuración "Body 2 Body", es decir, conformado por dos vagones pareados de 25 m de longitud y 2,65 m de ancho, con una configuración de suelo alto.

Las unidades son trenes ligeros de seis ejes con operación bidireccional. El acceso se realizará a través de un sistema de 4 puertas de apertura central ubicadas a cada lado del vehículo. Tiene capacidad para transportar 78 pasajeros sentados y 96 de pie. El sistema posee capacidad de ampliación mediante el enganche de otra unidad de características similares en cualquiera de sus extremos. la Tabla 2.1 resume las características de los trenes y la Figura 2.3 muestra una vista de uno de sus ejemplares. En la Tabla 2.2, se incluyen algunos datos operacionales de la Línea 1-Tramo 1, actualmente en construcción.

**Tabla 2.1 Características de los Trenes**

<b>Características de los Trenes</b>	
Capacidad máxima por vehículo	153 (4 pers/m <sup>2</sup> )
Altura de piso sobre el riel	990 mm
Velocidad máxima	89.5 km/h
Radio de curvatura	25 m
Ancho de vehículo	2.65 m
Longitud del vehículo	24.8 m

Tomada de [7]



Tomada de [8]

**Figura 2.3 Vista de un Ejemplar del Material Rodante – Metro de Valencia****Tabla 2.2 Datos de Operación Línea 1 – Tramo 1, Metro de Valencia**

<b>Datos de operación Línea 1- Tramo 1</b>	
La velocidad comercial:	32 km/h – 80 km/h
Cantidad de vehículos:	12
Cantidad de trenes:	6
Vehículos en reserva:	2
Demanda de pasajeros (2000):	10.356 pas/hr/sentido
Capacidad máxima del sistema:	35.000 pas/hr/sentido
Frecuencia de operación:	4 minutos
Tiempo de recorrido:	12 minutos

Tomada de [8]

**Equipos para la Infraestructura Operativa del Metro de Valencia**

Aquí se incluyen todos los equipos pertenecientes a los sistemas de energía, catenaria, seguridad, señalización y control, comunicación y telemando, equipos para el taller

integral de mantenimiento y equipos para el mantenimiento de la vía férrea. Ver Tabla 2.3

**Tabla 2.3 Equipos para la Infraestructura Operativa del Metro de Valencia**

<b>Sistemas</b>	<b>Descripción</b>
Energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Subestación de transformación principal (STP)</li> <li>- Subestación de tracción (SET)</li> <li>- Subestación de pasajeros (SEP)</li> </ul>
Catenaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema de catenaria en tunel</li> <li>- Sistema de catenaria en Patio y Talleres</li> </ul>
Seguridad, señalización y control	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Puestos de enclavamiento</li> <li>- Sistema de telemando</li> <li>- Centro de control de operaciones</li> <li>- Equipo de accionamiento de cambiavías</li> </ul>
Comunicación y telemando	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema de transmisión de fibra óptica</li> <li>- Sistema telefónico</li> <li>- Cobro de pasajes (opcional)</li> <li>- Sistema contra incendio (opcional)</li> <li>- Sistema de sonorización (opcional)</li> <li>- Sistema de aviso al conductor</li> <li>- Sistema de telemando</li> <li>- Relojes (opcional)</li> </ul>
Equipos para el taller integral de mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Torno subterráneo de ruedas con transportador y depósito de virutas</li> <li>- Juego de 8 gatos móviles de 8 ton</li> <li>- Grúa puentes viajeras 2 y 8 ton</li> <li>- Banco de montaje de bogie</li> <li>- Mesa de medición y ajuste para bastidor de bogie</li> <li>- Sierra de arco para separación de ruedas doble</li> <li>- Prensa de juegos de ruedas</li> <li>- Banco de pruebas para resortes de goma y metal</li> <li>- Banco de pruebas para amortiguadores</li> </ul>
Equipos para el mantenimiento de la vía férrea	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipos Modern Track Machinery, Inc</li> <li>- Planta de emergencia diesel</li> </ul>

**Importancia y Beneficios del Desarrollo de un Sistema para la Administración del Mantenimiento de Equipos – Sistemas de Metro Ligero.**

La construcción y operación de un Sistema de Metro Ligero, en este caso para la ciudad de Valencia, u otro sistema de transporte masivo para cualquier ciudad, se concibe como una estrategia para la prestación de un servicio público y como tal debe estar caracterizado por la calidad del servicio que ofrece, su confiabilidad y seguridad, toda vez que de ello depende la comodidad e incluso la vida de sus usuarios. Tales características están inevitablemente asociadas a la calidad del mantenimiento que se le da a las unidades que conforman su equipamiento, en consecuencia se hace necesario que el responsable de esta actividad desarrolle programas que permitan el control sobre la administración de las acciones de mantenimiento para todos estos equipos, cumpliendo las exigencias necesarias para su funcionamiento y asegurando el máximo tiempo de vida de los mismos.

Si bien es cierto que existe una tendencia a proponer que el ente responsable del mantenimiento no debe escatimar esfuerzos ni recursos para llevar a cabo esta actividad, también lo es que a fin de contribuir a la sostenibilidad del servicio, éste debe lograr sus objetivos en forma eficaz, es decir, oportunamente con la menor inversión de recursos y esfuerzo posible.

Es por ello que las empresas u organizaciones dedicadas al mantenimiento de estas instalaciones requieren de un software de gerencia, y especialmente buscan un sistema que se aplique en esta área. En el mercado, el nombre común para este tipo de programas es Computerized Maintenance Management Software System (CMMS), lo que en español se traduciría como Sistema Computarizado para la Administración del Mantenimiento (SCAM).

Debido a la gran cantidad de equipos necesarios para el funcionamiento de un sistema de transporte rápido masivo (ver Tabla 2.3), se propone desarrollar un sistema computarizado que realice las funciones administrativas del plan de mantenimiento. Para ello, se utilizará la gestión SCAM, definida como un sistema de información que

ayuda en el proceso de recopilación de datos, registros, almacenamiento, actualización, procesamiento, comunicación y pronóstico, esenciales para la planeación, programación y control de las actividades de mantenimiento [2]. El sistema a desarrollar deberá contar con subsistemas para el control de equipos, recursos humanos, materiales y herramientas, trabajo e informes.

Llevar toda esta información a mano, o en papel, resulta además de tedioso, un esfuerzo poco productivo, sin embargo, el uso de técnicas manuales sirve de respaldo a la gestión que se lleve en el sistema computarizado.

La creación de una base de datos donde se almacene todos los parámetros, características e información necesaria para cumplir con los objetivos de mantenimiento, proporcionará un medio para que las decisiones sobre el mantenimiento de los equipos se efectúen de forma rápida y acertada.

Con la finalidad de automatizar el sistema de mantenimiento, se exige que la plataforma sea amigable con el usuario, satisfaga los requerimientos del mantenimiento y que genere informes que se utilicen para el mejoramiento continuo.

Entre las funciones que se esperan de este desarrollo, se encuentran:

- Identificación del equipo y lista de materiales
- Mantenimiento preventivo
- Administración de las órdenes de trabajo
- Planeación y programación
- Control de inventarios y compras
- Mano de obra y estándares de trabajo
- Historia del equipo
- Costos y presupuestos
- Informes de desempeño
- Informes de calidad

Una vez logrado el diseño e implementación de un sistema para la administración del mantenimiento de equipos aplicable al Metro Ligerero de Valencia, se espera estar en capacidad de desarrollar estrategias de mantenimiento eficaces derivadas de las condiciones e historia del equipo, contar con técnicas eficientes para planear y programar las órdenes de trabajo y la utilización de recursos, así como monitorear las actividades de mantenimiento y recopilar datos e informes de desempeño que apoyen la mejora continua del sistema de mantenimiento.

Con base en lo expuesto anteriormente, los objetivos planteados en este Trabajo Especial de Grado son los expuestos a continuación:

### **Objetivos**

#### General

Diseñar e implementar un sistema computarizado para la administración del mantenimiento para los equipos de un sistema de metro ligero.

#### Específicos

- Elaborar las fichas técnicas de los equipos sujetos al plan de mantenimiento.
- Clasificar los equipos sujetos al plan de mantenimiento.
- Establecer los requerimientos de mantenimiento recomendado por el fabricante.
- Programar el mantenimiento de los equipos.
- Desarrollar un programa de computación que haga las funciones administrativas del plan de mantenimiento, asegurando el funcionamiento, control y planificación del plan.
- Proponer recomendaciones sobre la implementación del programa computacional en el plan de mantenimiento.

## **CAPÍTULO 3**

### **MARCO TEÓRICO**

En esta sección se presentan los principios básicos que respaldan la estrategia adoptada para el desarrollo del sistema computarizado para la administración del mantenimiento de los equipos que conforman la infraestructura operativa del Metro de Valencia.

Se inicia la sección resaltando la importancia del mantenimiento en el aseguramiento del desempeño exitoso de cualquier organización y se describe brevemente la evolución de los enfoques para abordar el mantenimiento, profundizando sobre el Mantenimiento Productivo Total (MTP) como enfoque gerencial para la gestión del mantenimiento en la actualidad.

Se reseñan las herramientas que en el marco de las tendencias actuales contribuyen a mejorar la eficiencia del mantenimiento (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad – MCC y el Análisis de Modos y Efectos de Fallas – AMEF).

Se enuncian y describen los elementos básicos de un sistema de mantenimiento, así como lo referente a las características e información que debe recoger el sistema de órdenes de trabajo y su integración a la estructura de control del mantenimiento.

Teniendo en cuenta que en el caso que nos ocupa, se trata de suministrar y administrar el mantenimiento a más de 500 equipos, se revisan las opciones tecnológicas para el manejo de la información (manual y computarizado) y se justifica la selección de la plataforma sobre la cual se diseñará el sistema propuesto.

Con base en el análisis y articulación de todos estos conceptos se plantea la propuesta conceptual para el diseño e implementación del sistema computarizado objeto del presente estudio.

### **Consideraciones Generales**

En general, el término mantenimiento se asocia a la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantiene en, o se restablece a, un estado en el que puede realizar las funciones designadas. [2], [14], [11].

Según esta definición, las actividades de mantenimiento y la entidad que se ocupa de su ejecución merece especial atención en cualquier organización (empresa de manufactura o de servicios) puesto que, de su desempeño dependerá en gran medida el logro de los objetivos de la firma, los cuales pueden resumirse en elevar al máximo las utilidades a partir de las oportunidades disponibles en el mercado y mediante la optimización del uso de los recursos que requiere para mantener y mejorar la producción o servicio que ofrece.

En este contexto el sistema de mantenimiento se plantea como una estrategia para el logro de los objetivos de la firma u organización. Ello es posible reduciendo al mínimo el tiempo muerto de las instalaciones y equipos, mejorando la calidad, incrementando la productividad y entregando oportunamente los productos o servicios a sus clientes. [13], [20].

Sin pretender ser exhaustivos, se puede afirmar que muchos autores coinciden en que las funciones de mantenimiento abarcan dos componentes básicos: uno técnico, asociado a las habilidades y destrezas adquiridas a través de procesos prácticos o teóricos-prácticos para ejecutar las acciones de mantenimiento, y otro organizativo, dirigido a prever, simplificar y controlar las acciones a fin de lograr un mantenimiento productivo [17].

En Venezuela, de acuerdo a la opinión de algunos expertos en esta área de la ingeniería, la problemática que se afronta en esta materia no es de carácter técnico, sino más bien de carácter administrativo, a pesar de los progresos logrados en los últimos años. Muchos opinan que el problema no es saber cómo arreglar un

determinado equipo, sino más bien aprender a organizarse de manera que se pueda evitar la falla, y si ocurre, se pueda enfrentar con eficiencia.

Reconocida la importancia de las funciones de mantenimiento en la producción de bienes y servicios se hace necesario desarrollar sistemas de mantenimiento que se adapten a sus necesidades y características. Para ello, se requiere revisar las fases o elementos necesarios para diseñar un sistema de esta naturaleza que son planeación, organización, ejecución y control. A continuación se describen estas fases tratando en la medida de lo posible de adaptarlas al caso que nos ocupa, el diseño e implementación de un sistema computarizado para la administración del mantenimiento de equipos para el Metro de Valencia.

### **Sistemas de Mantenimiento**

Las actividades que se deben realizar para desarrollar un sistema de mantenimiento funcional se pueden agrupar en cuatro categorías:

- Planeación
- Organización
- Ejecución
- Control

La *planeación* comprende la identificación de objetivos, políticas, procedimientos, programas y presupuestos necesarios para lograr los resultados esperados del sistema de mantenimiento que se pretende desarrollar.

Las actividades están dirigidas a identificar la filosofía del mantenimiento, pronosticar la carga de mantenimiento, establecer la capacidad de mantenimiento, organizar los recursos para satisfacer la demanda y programación del mantenimiento.

En la *organización* las acciones están centradas en el diseño del trabajo, es decir, describir el trabajo de cada tarea, el método que se va a utilizar, las herramientas especiales necesarias y los trabajadores calificados requeridos, estimar el tiempo

necesario para completar el trabajo (estándares de tiempo) y establecer las técnicas que permitan la administración del mantenimiento.

La *ejecución* pretende la realización de las actividades según lo planeado. Para que esto se logre en forma exitosa se hace necesario crear los mecanismos para motivar al personal, establecer una adecuada comunicación entre ellos que permita distribuir los esfuerzos (dirigir) con una buena coordinación del equipo de trabajo.

Finalmente, el *control* implica el seguimiento y cumplimiento de los trabajos programados (control del trabajo), asegurar que se cuente con los materiales requeridos (control de inventario), identificación y determinación de costos (control de costos) así como la medición de los atributos del servicio de mantenimiento (control de calidad).

Al momento de diseñar un sistema computarizado para la administración del mantenimiento de equipos, es importante verificar que el sistema de mantenimiento existente en la empresa abarque las actividades de planeación, organización, ejecución y control, descritas anteriormente.

### **Estrategias para el Diseño de Sistemas de Mantenimiento**

De acuerdo a la revisión del proceso evolutivo del mantenimiento se identifican tres etapas significativas que corresponden a lo que algunos autores [13],[20] denominan eras del mantenimiento:

- *La era del mantenimiento preventivo:* introducido en los años cincuenta (1950s) y que se mantuvo hasta los sesenta (1960s) donde el esfuerzo se dirigió hacia el establecimiento de funciones de mantenimiento. En esa era se introdujo el enfoque del mantenimiento preventivo, más tarde el mantenimiento productivo y luego el mejoramiento de la mantenibilidad.
- *La era del mantenimiento productivo (1960s – 1970s):* se reconoce la importancia de la confiabilidad, mantenimiento y eficiencia económica en el diseño de las plantas. En esta era se introducen los enfoques de la prevención

del mantenimiento, la ingeniería de la confiabilidad, la ingeniería de la mantenibilidad y la ingeniería económica.

- *La era del mantenimiento productivo total:* se logra la eficiencia del mantenimiento productivo a través de sistemas integrales basados en el respeto de las individualidades y la participación de todos los empleados. Se introducen herramientas de otras áreas del conocimiento, (social, ambiental, entre otras) para desarrollar tales sistemas.

Desde entonces se han desarrollado herramientas que facilitan la planeación de los sistemas de mantenimiento y lo hacen más eficientes. Ellas son el mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC) y el análisis de modos y efectos de fallas (AMEF), entre otras [15].

En la actualidad la tendencia entre quienes se dedican al diseño, implementación y administración de sistemas de mantenimiento es: enmarcados en los principios que sustentan el mantenimiento productivo total (MPT), utilizar las herramientas MCC y el AMEF para hacer sistemas funcionales, donde se minimizan costos y se mejora la calidad del servicio de mantenimiento.

A continuación se presenta un breve resumen de los principios en los cuales se basan el MPT y las herramientas MCC y el AMEF.

### **Mantenimiento Productivo Total (MPT)**

El mantenimiento productivo total (MPT) es un enfoque gerencial centrado en la participación de todos los empleados de una organización en la mejora del equipo.

Las metas claves para un mantenimiento productivo total son [2],[16]:

- Maximizar la eficacia global de equipo, que incluye disponibilidad, eficiencia en el proceso y calidad del producto.
- Aplicar un enfoque sistemático para la confiabilidad, la factibilidad del mantenimiento y los costos de ciclo de vida.

- Hacer participar a los departamentos de operaciones, administración de materiales, mantenimiento, ingeniería y administración en el control del equipo.
- Involucrar a todos los niveles, gerenciales y operadores.
- Mejorar el rendimiento del equipo mediante actividades de grupos pequeños y el desempeño del equipo de trabajadores.

Según la bibliografía consultada, en el MPT, siempre que un equipo funciona por debajo del nivel requerido, la pérdida de funcionamiento (falla) se registra y se monitorea.

Las fallas de los equipos se pueden agrupar en seis grandes categorías [13],[11]:

- *Fallas propiamente dichas:* representan el mayor porcentaje de las pérdidas totales, por tanto deben realizarse los mayores esfuerzos para evitarlas. Ello implica inducir un cambio en la actitud del personal en relación a que las fallas son inevitables
- *Tiempo muerto por preparación y ajustes:* se refiere al tiempo que permanece inactivo un equipo por cambios en su configuración para realizar su función.
- *Trabajo en vacío y paros menores:* pérdidas asociadas al mal funcionamiento del equipo o a tiempo ocioso del mismo.
- *Reducción de la velocidad:* la operación a velocidades menores a la de diseño, bien sea por problemas mecánicos o por temor de abusar del equipo, da como resultado pérdidas en la productividad.
- *Defectos del proceso:* son las pérdidas en la calidad del producto atribuibles a las condiciones de operación del equipo.
- *Rendimiento reducido:* pérdidas ocasionadas en el proceso de arranque del equipo.

El objetivo fundamental con respecto a los equipos es aumentar su eficiencia hasta su máximo potencial y mantenerlo en ese nivel. Ello puede lograrse detectando el origen de la falla, identificando su consecuencia y actuando sobre ella.

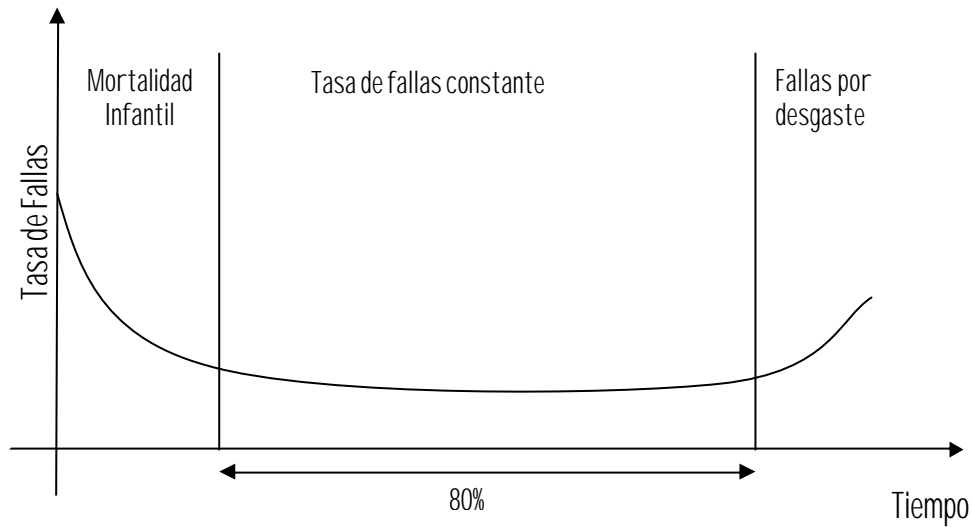
Esto implica determinar la disponibilidad, la eficiencia del desempeño y tasa de calidad, factores determinantes de la eficiencia global del equipo.

### **Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC)**

El mantenimiento centrado en confiabilidad se define como la técnica utilizada para determinar las necesidades de mantenimiento de plantas y equipos en su contexto operativo, es decir, las acciones de mantenimiento se identifican y programan con base en la función del equipo y no en el tiempo [1].

El MCC se desarrolla bajo el concepto de restablecer la función del equipo más que de llevar al equipo a una condición ideal.

La tasa de falla de un equipo o de sus componentes varía estadísticamente durante su ciclo de vida y muestra un patrón definido denominado la curva de la “tina de baño” tal como se ilustra en la Figura 3.1. Allí se identifican tres períodos de tiempo bien definidos. El primer período corresponde a fallas tempranas debido a material defectuoso o a un ensamblaje defectuoso (“mortalidad infantil”), en el segundo pueden aparecer fallas aleatorias las cuales ocurren por lo general a una tasa constante (tasa constante de fallas) y un tercer período donde las fallas se deben a la edad del equipo y a la fatiga de sus componentes.



Adaptado de [2]

**Figura 3.1 Curva Típica de la “Tina de Baño”**

Las reparaciones generales programadas, basadas en el tiempo, “restablecen” la edad del equipo a cero (0). Se considera que esta estrategia no contribuye a reducir la frecuencia de fallas y no resulta económico. Esta afirmación se basa en el comportamiento típico de los equipos, ilustrado en la Figura 3.1, según el cual, cada vez que se reestablezca la edad del equipo a cero (0), se estará incrementando la probabilidad de falla, quedando el equipo durante buena parte de su vida útil con alta probabilidad de fallas asociadas a eventos aleatorios. Estos eventos pueden monitorearse empleando técnicas de mantenimiento preventivo basado en las condiciones.

La aplicación del MCC implica el monitoreo permanente de las condiciones del equipo, lo cual podría estar asociado a una mayor inversión de recursos económicos y mayores niveles de capacitación del personal, sin embargo, la inversión que

representa la reposición de los equipos y el aseguramiento de la calidad del servicio que prestan, justifica la aplicación de esta estrategia.

El MCC ofrece un método estructurado para analizar la función del equipo y aportar una respuesta completa y verificable a cuáles han de ser los requerimientos de mantenimiento. El MCC se lleva a cabo respondiendo a siete (7) interrogantes:

- ¿Qué debe hacer el equipo y cuán bien ha de operar mientras cumple su función?
- ¿Cómo podría dejar de operar como se requiere?
- ¿Cuáles son las causas posibles de estas fallas?
- ¿Qué ocurre cuando el equipo falla?
- ¿Son importantes los efectos de estas fallas?
- ¿Qué puede hacerse para prevenir los efectos de falla que sí son importantes?
- ¿Qué debe hacerse en todos los otros casos y en todos aquellos que no es posible prevenir?

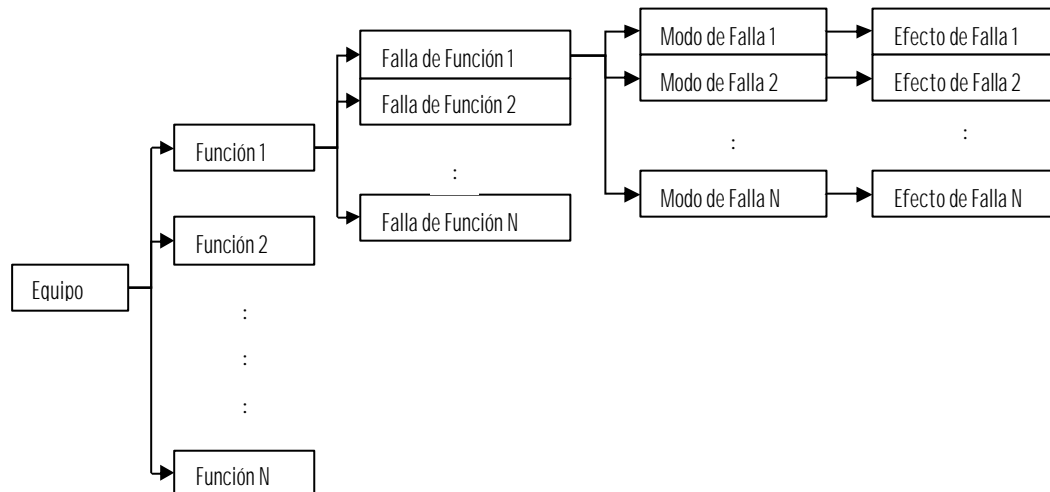
### **Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF)**

El AMEF, es un método de análisis de confiabilidad que permite identificar las razones de la posible falla de un elemento. Un elemento en este contexto significa cualquier nivel dentro de un complejo operativo: desde un sistema, pasando por una pieza de equipo hasta un componente. El AMEF genera un insumo para las predicciones de mantenibilidad mediante la identificación de las causas de una falla y su frecuencia; suministra una lista de las razones que generan la falla y que podrían prevenirse mediante acciones de mantenimiento. El AMEF también ayuda a identificar posibles cambios de diseño. En algunos casos, asiste en la definición de métodos rigurosos de diagnóstico de falla que pueden conducir al diseño de procedimientos automáticos de prueba y diagnóstico que reducirán al mínimo la necesidad de emprender actividades de mantenimiento correctivo [3], [15].

Los pasos básicos para la implementación de un AMEF son:

- Definir los requerimientos y normas de operación del elemento
- Especificar la manera en que el elemento puede dejar de satisfacer los requerimientos y normas
- Identificar las causas y frecuencia de la falla
- Identificar los efectos de cada causa de falla cuando ésta se presenta

El esquema metodológico para el estructurar el AMEF se resume en la Figura 3.2



**Figura 3.2 Estructura Básica del AMEF**

### **Sistema de Operación y Control del Mantenimiento**

Un sistema eficaz de operación y control del mantenimiento es la columna vertebral de una sólida administración del mantenimiento. El control del mantenimiento significa coordinar la demanda de mantenimiento y los recursos disponibles para alcanzar un nivel deseado de eficacia y eficiencia.

Un sistema eficaz de operación y control debe contar con características tales que permitan establecer:

- Qué trabajo tiene que hacerse y cuando (demanda de mantenimiento)
- Quién hará el trabajo y qué materiales y herramientas se necesitan (recursos de mantenimiento)
- Procedimientos y medios para coordinar, programar, despachar y ejecutar el trabajo
- Cuánto tiempo se requerirá para hacer el trabajo y las especificaciones aceptables (normas de rendimiento y calidad)
- El sistema para generar información y reportes para el control del costo de calidad y la condición del equipo; mecanismos para la recopilación de datos que faciliten el seguimiento para la retroalimentación y control del sistema (Retroalimentación, monitoreo y control).

El sistema de órdenes de trabajo es el vehículo para planear y controlar el trabajo de mantenimiento. También proporciona la información necesaria para vigilar e informar sobre el trabajo de mantenimiento. La implantación de un sistema de órdenes de trabajo y el control de las actividades de mantenimiento requiere del establecimiento de metas claras y procedimientos específicos para su elaboración.

En vista de la importancia que tiene el sistema de órdenes de trabajo en la implantación de un sistema de mantenimiento, en las secciones sucesivas se abunda en detalles sobre su propósito, requerimientos para el diseño de la orden de trabajo y su vinculación con el control del mantenimiento.

### **Sistema de Órdenes de Trabajo de Mantenimiento**

El primer paso en la planeación y el control del trabajo de mantenimiento se realiza mediante un sistema eficaz de órdenes de trabajo. La orden de trabajo es una forma donde se detallan las instrucciones escritas para el trabajo que se va a realizar y debe

ser llenada para todos los trabajos. El propósito del sistema de órdenes de trabajo es proporcionar los medios para:

- Solicitar por escrito el trabajo que va a realizar el departamento de mantenimiento
- Seleccionar por operación el trabajo solicitado
- Asignar el mejor método y los trabajadores más calificados para el trabajo
- Reducir el costo mediante una utilización eficaz de los recursos
- Mejorar la planeación y la programación del trabajo de mantenimiento
- Mantener y controlar el trabajo de mantenimiento
- Mejorar el rendimiento en general mediante los datos recopilados de la orden de trabajo que serán utilizados para el control y programas de mejora continua.

La administración del sistema de órdenes de trabajo es responsabilidad de las personas que están a cargo de la planeación y la programación. La orden de trabajo debe diseñarse con cuidado tomando en consideración dos puntos. El primero consiste en incluir toda la información necesaria para facilitar una planeación y una programación eficaz, y el segundo punto consiste en hacer énfasis en la claridad y facilidad de uso.

En los sistemas de mantenimiento hay dos tipos de órdenes de trabajo. El primer tipo es la orden de trabajo general, que se utiliza para pequeños trabajos de rutina y repetitivos, cuando el costo de procesar una orden de trabajo individual podría exceder el costo del trabajo mismo o cuando éste es un trabajo fijo o de rutina. La orden de trabajo general proporciona un costo global para las tareas genéricas en los costos acumulados hasta la fecha y anuales [2].

El segundo tipo es la orden de trabajo especial que se elabora para todos los demás trabajos individuales, para los cuales es necesario reportar todos los hechos acerca del trabajo.

Cuando el sistema de mantenimiento se administra en forma manual, el costo asociado a la generación de órdenes de trabajo puede ser significativo (el costo de la orden es mayor al costo del trabajo a realizar), sin embargo en el caso de los sistemas computarizados esta situación se hace irrelevante.

#### Diseño de la Orden de Trabajo

La orden de trabajo, cuando se emplea en toda su extensión, puede ser utilizada como una forma de solicitud de trabajo, un documento de planeación, una gráfica de asignación de trabajos, un registro histórico, una herramienta para monitoreo y control, y una notificación de trabajo completado.

La orden de trabajo debe contener dos tipos de información: la requerida para planear y programar y la información necesaria para el control.

La información requerida para la planeación y programación incluye lo siguiente:

- Número de inventario, descripción de la unidad y ubicación
- Persona o departamento que solicita el trabajo
- Descripción del trabajo y estándares de tiempo
- Especificación del trabajo y número de código
- Prioridad del trabajo y fecha en la que se requiere
- Habilidades y conocimientos requeridos
- Refacciones y materiales requeridos
- Herramientas especiales requeridas
- Procedimientos de seguridad

- Información técnica

La información necesaria para el control incluye:

- Tiempo real consumido
- Códigos de costos para las habilidades y conocimientos
- Tiempo muerto u hora en que se terminó el trabajo
- Causa y consecuencias de la falla

Para facilitar la sistematización de las órdenes de trabajo se suelen aplicar las siguientes recomendaciones:

- Todos los departamentos de mantenimiento deben contar con una orden de trabajo para la planeación y ejecución de su trabajo de mantenimiento.
- Las órdenes de trabajo deberán numerarse y se requiere por lo menos de tres copias para el control del mantenimiento.
- Las solicitudes de órdenes de trabajo pueden ser iniciadas por cualquier persona en la organización y deben ser examinadas por el planificador o coordinador del mantenimiento.

### **Control del Mantenimiento**

El control del mantenimiento comprende tres importantes funciones:

- Coordinación y planeación de las órdenes de trabajo
- Procesamiento de órdenes de trabajo
- Retroalimentación de información y acción correctiva

En todas ellas el elemento fundamental lo constituye la orden de trabajo por constituir, como se mencionó anteriormente, el vehículo para hacer fluir la información relacionada con el sistema de mantenimiento.

Las funciones inherentes al control de mantenimiento se pueden describir en los siguientes términos:

#### Coordinación y Planeación de las Órdenes de Trabajo

La función de coordinación de las órdenes de trabajo planea y coordina los diferentes tipos de solicitudes de mantenimiento con base en las restricciones de operación, la disponibilidad de recursos y la prioridad. La coordinación de las órdenes de trabajo comprende cuatro funciones de decisión:

- Planeación del mantenimiento preventivo
- Clasificación del mantenimiento correctivo
- Aceptación del mantenimiento adaptable
- Ajuste de la capacidad de mantenimiento

#### Procesamiento de Órdenes de Trabajo

El procesamiento de órdenes de trabajo se concentra en la realización de las órdenes de trabajo según los acuerdos y los objetivos que deben alcanzarse, tomando en consideración el programa de producción a corto plazo. Consta de las siguientes tres funciones de control:

- Liberación de órdenes de trabajo
- Programación de las órdenes de trabajo
- Despacho de las órdenes de trabajo

#### Retroalimentación de Información y Acción Correctiva

La función de retroalimentación de información y de acción correctiva se ocupa de la recopilación de datos acerca del estado de la ejecución del trabajo, disponibilidad del sistema, trabajo pendiente y calidad del trabajo realizado. Luego, esta información se analiza y se formula el curso de acción apropiado. Este curso de acción y las decisiones correspondientes están encaminados a mejorar lo siguiente

- Control del trabajo
- Control de costos
- Control de calidad
- Control de la condición de la planta

### **Sistemas Computarizados para la Administración del Mantenimiento (SCAM)**

El volumen de información que es necesario recopilar, procesar y utilizar para la toma de decisiones en el proceso de administración del mantenimiento puede ser de tal magnitud, que resulte complejo, costoso e incluso riesgoso implantar sistemas manuales para ello, especialmente cuando se trata de suministrar y administrar el mantenimiento de una amplia y diversificada gama de equipos, como es el caso de los requeridos para la operación de sistema de transporte rápido masivo.

Es por ello que con el apoyo del computador y las herramientas desarrolladas en el campo de la informática es posible diseñar un SCAM con características tales como: satisfacer los requerimientos de mantenimiento de la organización para la cual se diseña, suministrar información que contribuya a mejorar el mantenimiento, estar configurado en una plataforma tecnológica amigable con el usuario y que los requisitos de capacitación para su empleo no resulte fuera del alcance de la organización.

Para que un SCAM apoye el proceso de mantenimiento, debe estar diseñado de manera tal que, además de generar información confiable y oportuna sobre la gestión de mantenimiento (informes de mantenimiento), incorpore funciones de administración:

- Inventarios
- Mantenimiento Preventivo
- Órdenes de Trabajo
- Trabajadores

- Control de Calidad
- Evaluación de Proveedores

El diseño de un SCAM fundamentalmente se basa en la creación y actualización permanente de una base de datos, a partir de la cual, de acuerdo a los criterios que se adopten para la administración del mantenimiento, se podrá contar con la información necesaria para la realización de las funciones incluidas en el SCAM. Es por ello que la selección de la plataforma de programación constituye un elemento de particular importancia para lograr las características deseables del SCAM.

En el mercado están disponibles diversos software, de los cuales Microsoft Access es uno de los que ha demostrado mayor capacidad, flexibilidad y sencillez para desarrollar estos sistemas.

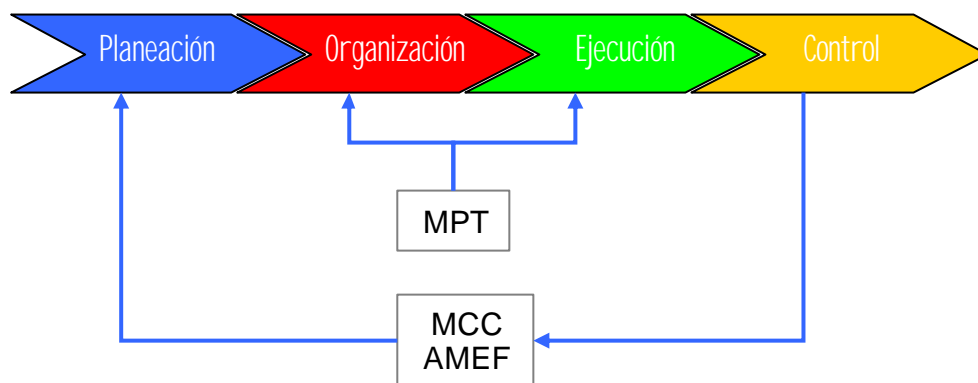
Para conocer los conceptos básicos de informática que explican o justifican las bondades del Microsoft Access como plataforma para el diseño del SCAM objeto del presente trabajo, en el Anexo 1 se incluyen estos conceptos. Esta información resumida y procesada podrá facilitar a los usuarios el uso del SCAM diseñado.

### **Propuesta para el Diseño e Implementación de una Herramienta para la Administración del Sistema de Mantenimiento de Equipos en Sistemas de Transporte Masivo**

Con base en la revisión de los conceptos básicos de mantenimiento realizada y tomando en cuenta que el sistema para la administración del mantenimiento deseado, abarca una diversidad de equipos con un amplio espectro de niveles de complejidad de funcionamiento, se propone diseñar e implementar un sistema computarizado que facilite su gestión.

La herramienta deberá estar diseñada basándose en los principios enmarcados en el mantenimiento productivo total e incorporar las técnicas del mantenimiento centrado en confiabilidad y del análisis de modos y efectos de fallas. Partiendo de este principio el esquema propuesto para el desarrollo de la herramienta se muestra en la

Figura 3.3. Se espera que su implementación proporcione las características de flexibilidad, seguridad y comunicación tan necesarias en la administración del mantenimiento de equipos en este tipo de sistemas de transporte.



**Figura 3.3 Esquema Conceptual para el Sistema de Mantenimiento de los Equipos del Metro de Valencia**

## **CAPÍTULO 4**

### **METODOLOGÍA**

#### **Descripción del Tipo de Estudio Realizado**

De acuerdo a los criterios de clasificación de las metodologías generales de investigación [19] el presente Trabajo Especial de Grado corresponde al tipo Proyectos Factible, pues consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar el problema de administración del mantenimiento en una organización como es la CA. Metro de Valencia, a través de Ingeniería Leoper C.A., empresa responsable del mantenimiento de los equipos que conformen el sistema de Transporte de Metro Ligero de la Ciudad de Valencia, Estado Carabobo.

El desarrollo del trabajo se apoya en una investigación del tipo mixto, es decir, documental y de campo. A través de la investigación documental (materiales impresos, libros, manuales técnicos, entre otros) se obtuvo información pertinente para elaborar el marco teórico que ha servido de base para la estructuración de la herramienta desarrollada en el presente trabajo: un sistema computarizado para la administración del mantenimiento de los equipos que conforman el sistema de Metro Ligero de la ciudad de Valencia.

El trabajo de campo abarcó la observación y levantamiento de información correspondiente a los equipos existentes en las instalaciones del Metro de Valencia, así como información de expertos en el área de mantenimiento.

Con respecto a las fuentes de información, se ubicaron fuentes primarias conformada por manuales de equipos suministrado por el proveedor de los mismos, observación directa de parámetros de interés para el mantenimiento de los equipos y entrevistas no estructuradas de diálogo directo, espontáneo y confidencial con expertos en la materia

adscritos a diversas empresas vinculadas al Mantenimiento de los equipos del Metro de Valencia: Siemens Transportation Systems Inc., Ingeniería Leoper C.A., así como expertos de la Universidad Central de Venezuela.

Respecto a la revisión bibliográfica, inicialmente se hizo un arqueo del material impreso existente en las Bibliotecas de la Escuela de Ingeniería Mecánica, la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería y la Biblioteca de PEQUIVEN S.A., entre otras, así como información obtenida a través de Internet, pudiéndose notar que existe una gran diversidad de material sobre el tema, en su mayoría coincidentes en los enfoques sobre la materia. Ello indujo a seleccionar y reducir el material bibliográfico utilizado, el cual fue procesado utilizando las técnicas de la investigación documental (preparación de fichas resumen, resumen analítico del material y análisis crítico). También se revisó el material bibliográfico relacionado con las herramientas computacionales aplicables al sistema que se pretende diseñar. Todo ello contribuyó a conformar la base informativa que sirvió de plataforma para el diseño del sistema objeto del presente trabajo.

### **Descripción del Proceso para la Ejecución del Trabajo**

La ejecución del trabajo se realizó en tres grandes fases

- Revisión del material bibliográfico relacionado con el tema
- Desarrollo del proceso de diseño e implementación del sistema
- Evaluación preliminar

*Revisión del material bibliográfico relacionado con el tema:* Ello permitió establecer la estrategia para abordar el problema planteado, así como seleccionar las técnicas y herramientas a utilizar para el diseño del sistema computarizado para la administración del mantenimiento de los equipos del sistema Metro de Valencia. Con base en la información obtenida a través de esta revisión y de consultas con los expertos se diseñó el esquema conceptual para el diseño del SCAM, objeto del presente trabajo.

*Desarrollo del proceso de diseño e implementación del sistema:* En esta fase fue necesario realizar una serie de actividades que permitieron en una primera etapa familiarizarse tanto con los equipos a los cuales es necesario suministrarles mantenimiento, como con las herramientas computacionales utilizadas para el desarrollo del SCAM. Asimismo fue necesario un análisis preliminar del sistema de mantenimiento que se estaba planeando, a fin de obtener sustento para la toma de decisiones al momento de organizar el trabajo a realizar. Ello implicó la ejecución de actividades, las cuales se pueden resumir en los siguientes términos, aunque no fueron realizadas e estricto orden secuencial:

- Revisión del inventario e inspección de los equipos que conforman la infraestructura operativa del Sistema Metro de Valencia
- Revisión y análisis del sistema de mantenimiento existente para la atención de estos equipos
- Revisión de la información disponible
- Selección de la plataforma computacional para la ejecución del programa
- Diseño del sistema de codificación de los equipos
- Diseño de las tablas para la elaboración de la base de datos
- Transcripción de la información existente
- Toma de decisiones para el análisis de los datos
- Diseño del sistema computarizado propiamente dicho

El programa se desarrollo en ambiente Windows. Las herramientas computacionales utilizadas para el diseño e implementación de la base de datos fue Microsoft Access 2002, y como herramienta complementaria, Microsoft Project 2000. El sistema se implementó en un computador portátil Pentium II, 300MHz.

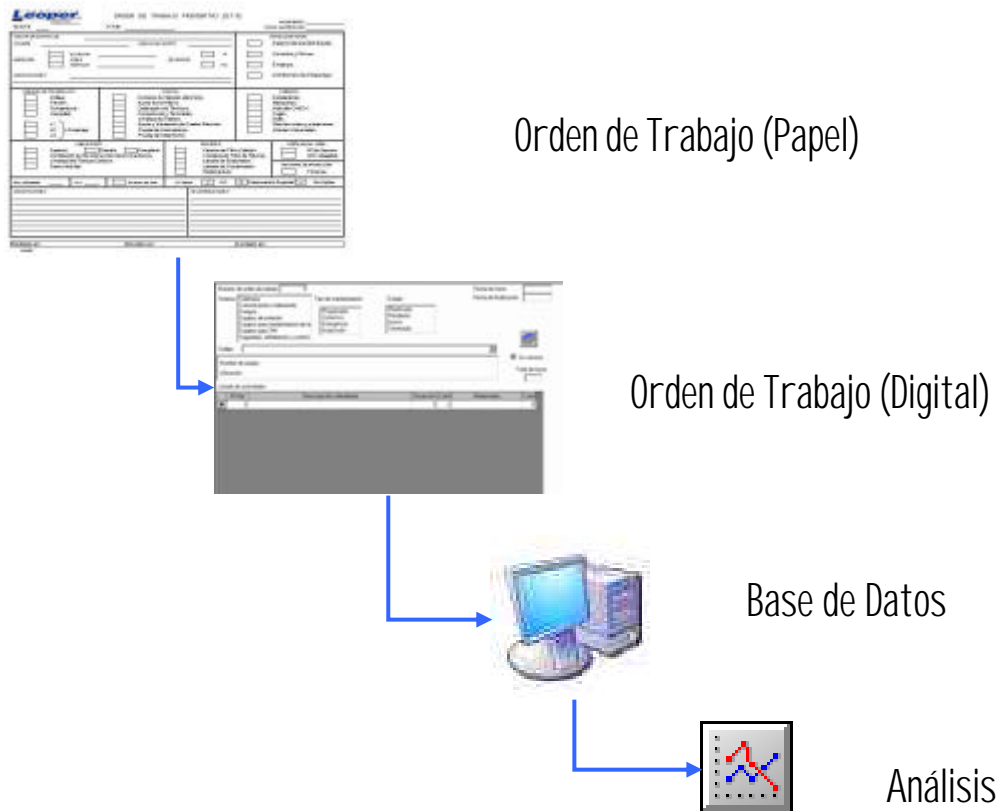
A continuación se describen brevemente los tres procesos que se consideran fundamentales para la ejecución del trabajo realizado: Organización y transcripción de la información, codificación de equipos y diseño conceptual del SCAM.

- Organización y transcripción de la información: Con base al análisis de la gestión de mantenimiento que se llevaba en el momento de afrontar el problema, se llegó a la conclusión de que se necesitaban transcribir los datos principales de todas las órdenes de trabajo emitidas con anterioridad, para ello se elaboró el formulario orden de trabajo donde se vació dicha información.

Una vez introducido todos los datos de las órdenes de trabajo, paralelamente, se fueron almacenando los datos de los materiales que se consumían en las actividades de mantenimiento durante el mes de enero y febrero del presente año.

También se introdujeron los datos de los equipos y del personal de mantenimiento. Como la cantidad de equipos es significativamente grande, alrededor de quinientos (500) equipos, y debido a las limitaciones tiempo disponible para la realización del proyecto (6 meses a dedicación exclusiva), a los efectos de la implementación del SCAM, se decidió elegir un equipo y se desarrollaron todos sus formularios. No obstante, se espera, a mediano plazo, completar todos los datos de todos los equipos.

El trabajo descrito se puede ilustrar como se muestra en la Figura 4.1



**Figura 4.1 Procesamiento de Datos**

Para el análisis de los datos, se seleccionaron y diseñaron los siguientes informes:

- Informe de costos
- Distribución de los trabajos de mantenimiento (cantidad)
- Distribución de los trabajos de mantenimiento (horas)
- Informe de horas hombres por supervisor
- Informe de horas hombres por sistema

Al respecto, vale la pena señalar que se emplaza a que estos informes sean revisados por la gerencia de mantenimiento a final de cada mes, con la

intención de conocer el desarrollo de la gestión de mantenimiento y mejorar la calidad del plan de mantenimiento.

- Codificación de equipos: La primera clasificación que se le dio a los equipos fue suministrada por la empresa Siemens y tal como se expuso en el Capítulo 1, ellas corresponden a: energía, catenaria, comunicación y telemando, seguridad, señalización y control, equipos para el mantenimiento de la vía férrea y equipos para el taller integral de mantenimiento. Además de esta clasificación se implementó un código alfanumérico de ubicación para los equipos que consta de siete caracteres: los tres primeros indican el sitio donde se encuentra, los dos siguientes, la fila y columna de la cuadrícula que representa la distribución del espacio en los galpones y los dos últimos el número de equipos similares en existencia. A manera de ejemplo se presenta el caso del equipo codificado como: PRSC201 Montacargas.

P R S C 2 0 1

--- -- --

Donde: PRS ubica al almacén (Parque Recreacional Sur)

C ubica la fila C

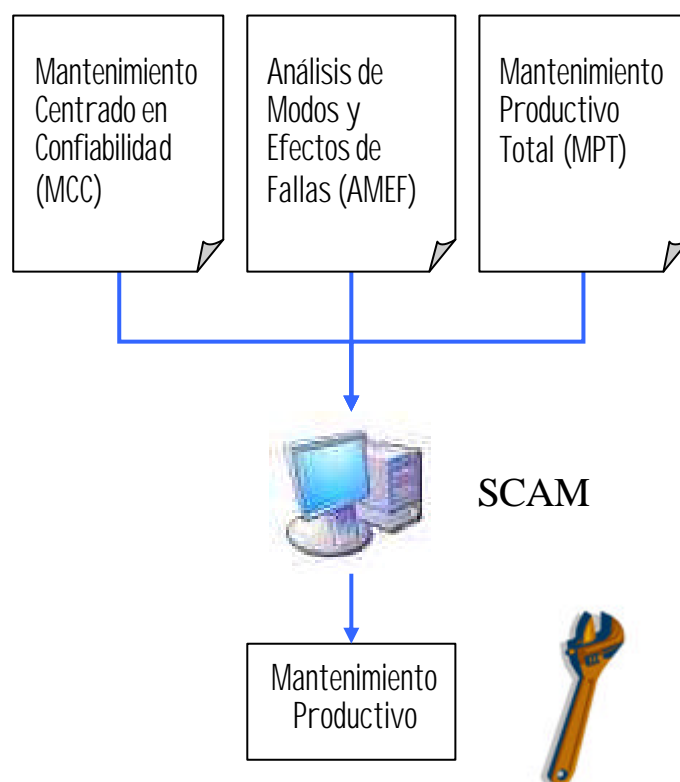
2 ubica la columna 2

01 indica el equipo 01

Es importante destacar que existe un código único para cada equipo, si existen varios equipos con el mismo nombre, debe colocárseles el mismo nombre pero distintos códigos. De esta manera el programa puede actualizar las órdenes de trabajo emitidas a un equipo que se le haya cambiado su código, conservando así el nombre de mismo.

- Diseño conceptual del SCAM: Aun cuando para el momento de desarrollar el proyecto el Metro de Valencia se encuentra en construcción, por tanto no existe información sobre el tiempo de producción o servicio programado del

equipo, El SCAM se concibe de tal manera que una vez iniciadas las operaciones se puedan calcular los variables necesarias (confiabilidad, tiempo promedio entre fallas y tiempo promedio para reparar) de forma tal que la gestión del mantenimiento incorpore los principios de MPT, MCC y AMEF. La Figura 4.2 intenta ilustrar este planteamiento.



**Figura 4.2 Esquema Básico para el Diseño e Implantación del Programa**

*Evaluación preliminar:* Teniendo en cuenta la resistencia al cambio que suelen presentar los responsables de las actividades de mantenimiento, especialmente cuando se trata de implantar SCAM, se consideró conveniente preparar un

instrumento sencillo (planilla de evaluación) que permitiera extraer una primera impresión sobre la aceptación del sistema desarrollado, al menos por parte de los expertos responsables del mantenimiento de los equipos del Metro de Valencia. Asimismo se plantea la oportunidad de extraer algunas ideas para su mejoramiento, El formato correspondiente se incluye en el Anexo 2.

## **CAPÍTULO 5**

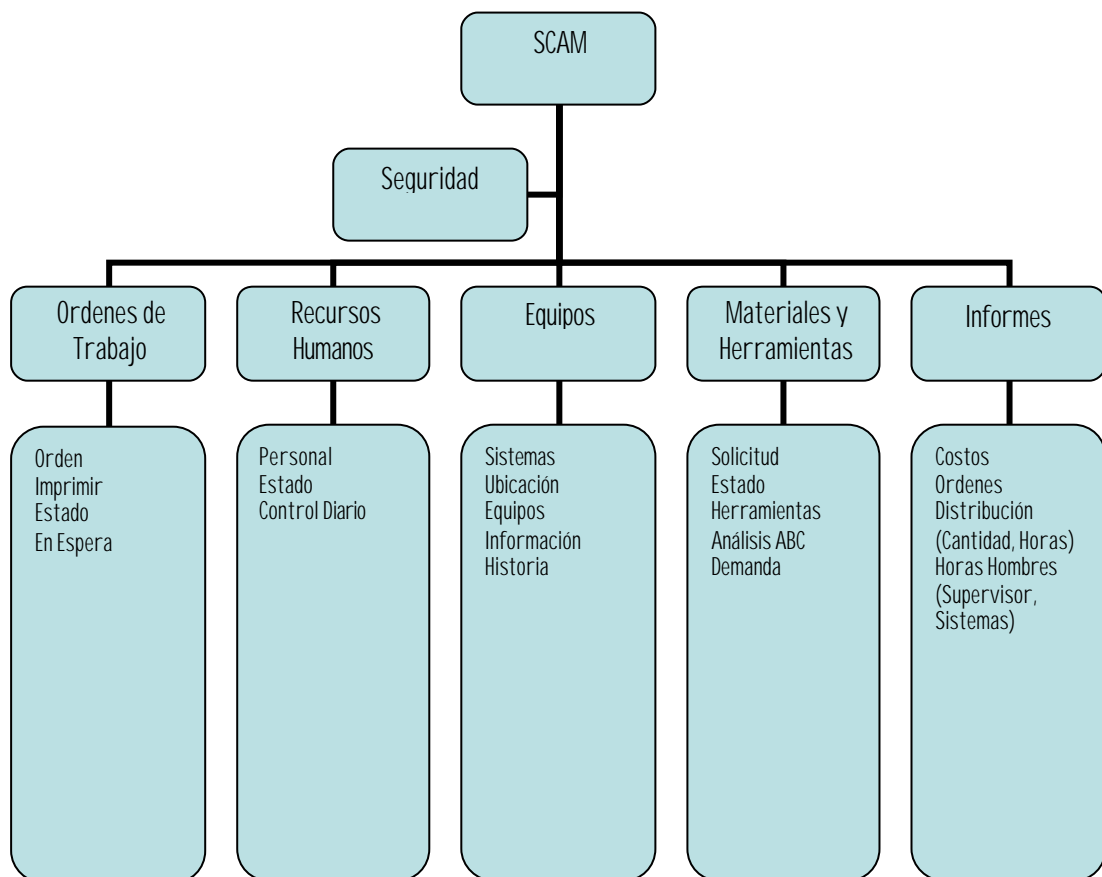
### **DESARROLLO DE UN SISTEMA COMPUTARIZADO PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE RÁPIDO MASIVO - METRO DE VALENCIA**

En este capítulo se presenta la estructura del SCAM diseñado e implementado en el marco del presente Trabajo Especial de Grado y se describe su operación. También se incluyen los avances tecnológicos que podrían ser incorporados al sistema en la medida en que se cuente con los recursos necesarios para ello (visión hacia el futuro inmediato del sistema), así como una estimación preliminar de costos para su implementación. Con el propósito de avalar la funcionalidad del sistema diseñado, así como su adaptabilidad en principio, al caso específico del mantenimiento de los equipos que conforman la plataforma operativa del Sistema Metro de Valencia, se presentan los resultados de una evaluación preliminar por parte de algunos expertos en el área de mantenimiento especialmente interesados en el desarrollo de este tipo de herramienta para el apoyo de su actividad.

#### **Estructura Básica del Sistema**

Para cumplir con los objetivos planteados en este trabajo y tomando en cuenta las funciones que debe realizar un SCAM para satisfacer las necesidades de sus usuarios, los requerimientos para la administración del mantenimiento de los equipos que conforman la infraestructura operativa del Sistema Metro de Valencia, la información recopilada en el campo, así como las bases conceptuales y estrategia metodológica presentadas en los Capítulos 3 y 4 respectivamente, se decidió estructurar el SCAM a utilizar como se describe en la Figura 5.1.

El SCAM diseñado se fundamenta en los principios gerenciales del Mantenimiento Productivo Total (MPT) e incorpora las técnicas del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) y Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF) como herramientas para lograr el mejoramiento continuo y eficiencia técnica y económica del sistema de mantenimiento implementado.

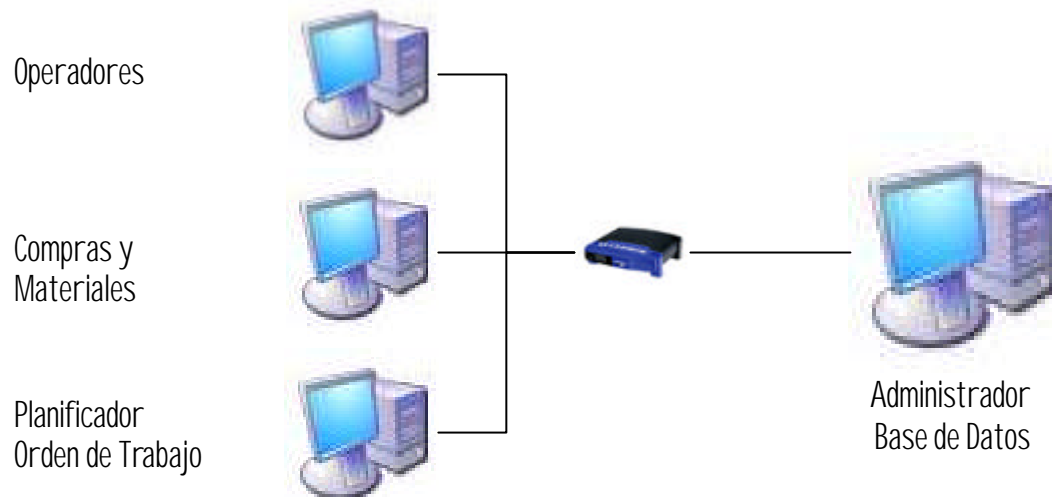


**Figura 5.1 Estructura del SCAM Diseñado**

El programa desarrollado para implementar este sistema permite la incorporación, almacenamiento, procesamiento (análisis) y actualización de todos aquellos datos que se requieren para generar la información sobre los equipos, órdenes de trabajo, recursos humanos, así como materiales y herramientas, necesarios para la planeación, organización, ejecución y control del mantenimiento de la infraestructura operativa del sistema Metro de Valencia. Asimismo es capaz de generar informes de costos, órdenes de trabajo, de la distribución de los trabajos de mantenimiento (cantidad y horas) y de horas hombres por sistema y por supervisor, los cuales darán soporte a la toma de decisiones en materia de administración del mantenimiento en las mencionadas instalaciones.

Adicionalmente, el programa incorpora archivos de seguridad a los efectos de asegurar la trazabilidad del desempeño del sistema.

Con el propósito de facilitar el uso y mejorar la capacidad y flexibilidad del programa éste se codifica en Microsoft Access 2002 [5]. Esta plataforma permite el acceso de los usuarios a la base de datos a través de la red entre computadoras que se haya conformado para la instalación del SCAM. El administrador del sistema puede asignar “permisos” a los operadores, responsable de compras y materiales y planificador de órdenes de trabajo para ingresar datos en el sector del módulo que considere conveniente. La configuración de la infraestructura necesaria para la instalación del SCAM se muestra en la Figura 5.2.



**Figura 5.2 Red Básica para la Instalación del SCAM**

### **Descripción del Programa**

El programa ha sido diseñado de tal manera que su uso sea dirigido a través de ventanas como se muestra a continuación:

#### Ventanas del Programa

**Inicio:** Esta ventana aparece cada vez que se ingresa al programa, aquí se encuentran todos los módulos que componen el SCAM. Permite navegar hacia los módulos Equipos, Recursos Humanos, Órdenes de Trabajo, Materiales y Herramientas e Informes. El botón *cerrar* le permite al usuario salir del programa. Ver Figura 5.3.



**Figura 5.3 Ventana Inicio**

**Modulo1. Equipos:** Contiene todo lo relacionado con los equipos. Haciendo clic en *sistemas* se obtendrá los nombres de la primera clasificación que se le da a los equipos. El botón *ubicación* permite visualizar un plano de los almacenes y/o ubicación de los equipos en las instalaciones del Metro de Valencia. El botón *información* reúne todas las especificaciones, piezas, documentos, procedimientos, órdenes de trabajo, actividades y análisis correspondientes a un equipo seleccionado por el usuario. El botón *historia* proporciona de manera rápida un resumen de todas las órdenes de trabajo emitidas para cada equipo. En la Figura 54 se visualiza el aspecto de esta ventana.



**Figura 5.4 Ventana Equipos**

**Modulo 2. Recursos Humanos:** La ventana recursos humanos contiene información sobre el personal de mantenimiento. Haciendo clic en el botón *personal* se obtendrá el formulario donde se podrá ver y adicionar información sobre los empleados de mantenimiento de la empresa. El botón de *estado* muestra una lista de las órdenes de trabajo que se hayan asignado a un empleado durante un período de tiempo. El botón de *control diario* proporciona una lista de las órdenes de trabajo emitidas en un día y su estado para todo el personal. Ver Figura 5.5.



**Figura 5.5 Ventana Recursos Humanos**

**Modulo 3. Órdenes de Trabajo:** Esta ventana maneja la información de las órdenes de trabajo. Haciendo clic en *orden*, se abrirá un formulario donde se podrá ver y adicionar las órdenes de trabajo. El botón *imprimir* abre una ventana con la vista preliminar de la orden de trabajo seleccionada lista para imprimir. El botón *estado* produce un listado de las órdenes que están planificadas y activas durante un período de tiempo. El botón *en espera* muestra un listado de las órdenes de trabajo planificadas que tienen un material con orden de compra abierta. Ver Figura 5.6



**Figura 5.6 Ventana Órdenes de Trabajo**

**Modulo 4. Materiales y Herramientas:** La ventana de materiales y herramientas se utiliza para controlar el uso de los insumos para el mantenimiento. Haciendo clic en el botón *solicitud*, se abrirá un formulario donde se especificará el material requerido para cualquier actividad de mantenimiento. El botón *estado* mostrará un listado de todas los materiales pedidos o con órdenes de compra abierta. El botón *herramientas* prepara y automatiza la configuración de un formato que puede ser impreso para controlar los préstamos de herramientas entre los distintos almacenes de las mismas. El botón *análisis ABC*, muestra una gráfica del peso, en porcentaje, que tiene en el presupuesto de materiales, cada uno de los tipos de materiales utilizados en las

actividades de mantenimiento. Con el botón *demanda*, se grafica la cantidad de material utilizado por mes durante un año de mantenimiento. Ver figura 5.7.



**Figura 5.7 Ventana Materiales y Herramientas**

**Modulo 5. Informes:** La ventana informes generará de forma inmediata reportes de la gestión del mantenimiento. Haciendo clic en el botón *costos* se obtendrá una tabla donde se observará el costo acumulado del equipo (mano de obra y materiales) y su total en el sistema. El botón *órdenes* prepara un listado de las órdenes que están terminadas o pendientes durante un período de tiempo establecido por el usuario. El botón *distribución* muestran el acumulado mensual del número de órdenes de trabajo y el tiempo total consumido en su ejecución, respectivamente. El botón *horas hombre* muestra las horas hombre consumidas por cada supervisor de mantenimiento. El botón *sistema* grafica las horas hombre consumidas por un sistema en una ubicación especificada por el usuario. Ver Figura 5.8.



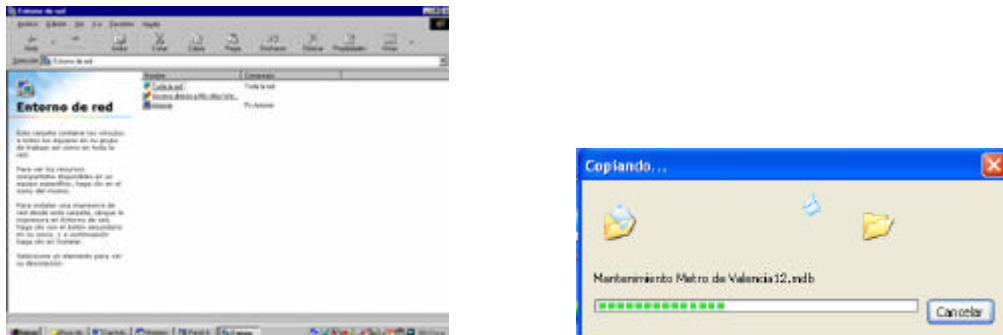
**Figura 5.8 Ventana Informes**

### **Operación del Programa**

A los efectos de presentar la operación del programa, se incluyen dos secciones. En la primera se describe el procedimiento para su instalación y en la segunda se detallan las acciones que el usuario puede realizar a través de su ingreso a cada uno de los módulos señalados anteriormente. Ello permite hacer un seguimiento del sistema diseñado y conocer las posibles opciones que ofrece el programa para facilitar la administración del mantenimiento de los equipos del sistema de transporte masivo Metro de Valencia.

#### **Instalación del Programa**

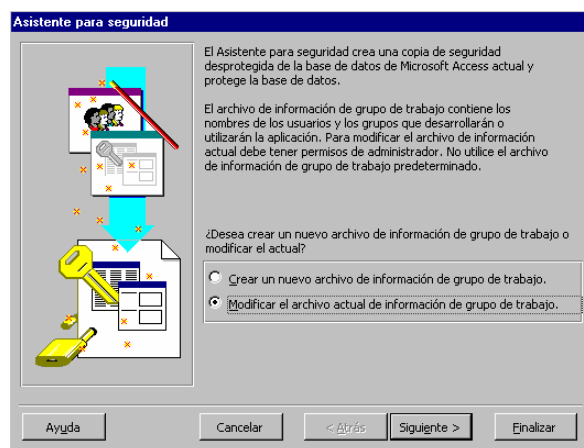
**Establecer una Red entre las Computadoras:** El administrador del SCAM deberá configurar una red entre las computadoras de las personas que vayan a utilizar el programa. En Windows XP se utilizan los procedimientos del asistente para configurar una red. Ver Figura 5.9. Seguidamente procederá a cargar el archivo de base da datos en blanco en el computador principal.



**Figura 5.9 Configuración de una Red y Carga del Programa**

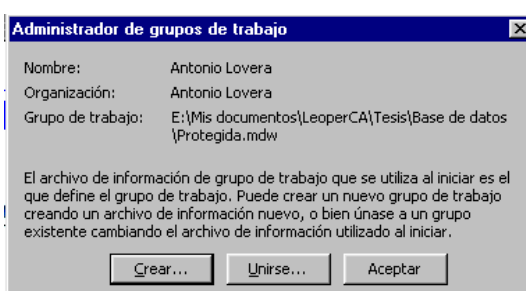
**Indicar la Ruta de Acceso a Cada Usuario:** El administrador del SCAM deberá indicarle a cada usuario la ruta de acceso al archivo de base de datos que podrá abrir para usar el programa.

**Configurar el Archivo de Seguridad:** El administrador del SCAM deberá configurar el archivo de seguridad, con ayuda del asistente para seguridad a fin de identificar los usuarios y asignarle su clave de acceso de origen, así como definir los “permisos” a los usuarios. Para realizar este proceso, el programa presenta una pantalla como la mostrada en la Figura 5.10.



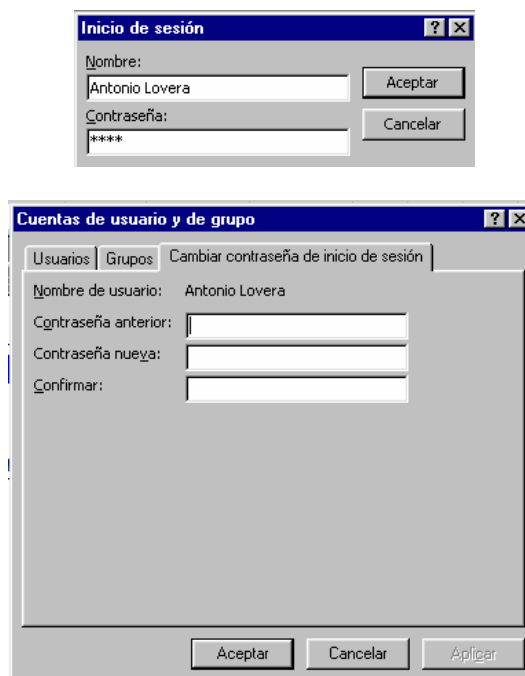
**Figura 5.10 Asistente para Seguridad**

**Unir a los Usuarios al Grupo de Trabajo:** El administrador del SCAM deberá unirse al grupo de trabajo en cada computador. Para ello va al menú *Herramientas*, selecciona el *Administrador de grupos de trabajo* y hace clic en el botón *unirse*, luego especifica la ruta de acceso al archivo de seguridad. Ver Figura 5.11.



**Figura 5.11 Administrador de Grupos de Trabajo**

**Personalizar Clave de Acceso:** Una vez unido al grupo de trabajo, cada usuario deberá personalizar su clave de acceso, cambiando la suministrada por el administrador del SCAM, por la que el usuario desee. Esto se realiza abriendo la base de datos, colocando el nombre y contraseña asignada por el administrador, luego se dirige al menú *Herramientas*, selecciona *cuentas de usuario y grupo*, hace clic en la ficha *cambiar contraseña de inicio de sesión* y llenar los datos correspondientes. Ver Figura 5.12

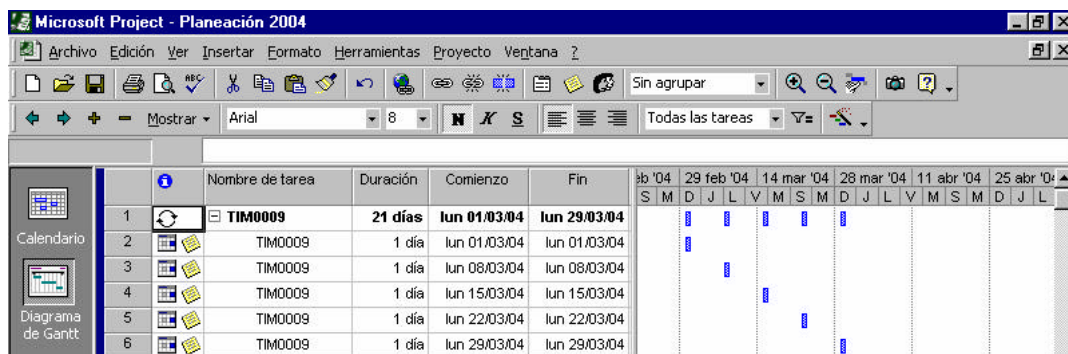


**Figura 5.12 Inicio de Sesión - Cuentas de Usuario y Grupo**

En este momento todos los usuarios tienen acceso al SCAM. Para iniciar su aplicación el próximo paso será ingresar los datos necesarios para la planeación del mantenimiento. Previamente será necesario que el administrador y su grupo, acuerden una primera clasificación de los equipos, en los tipos de sistemas que consideren conveniente. En el caso que nos ocupa, esta clasificación corresponde a las categorías energía, catenaria, seguridad, señalización y control, comunicación y telemando, equipos para el taller integral de mantenimiento y equipos para el mantenimiento de la vía férrea.

También es importante destacar que el responsable de la gestión de mantenimiento debe planear y estructurar el sistema de mantenimiento. Para ello el SCAM ofrece la posibilidad de realizar esta actividad utilizando la herramienta Microsoft Project 2000 [6]. El programa tiene la posibilidad de importar e incluir en la base de datos los

resultados correspondientes. A partir de los resultados de la planeación realizada en el Microsoft Project, se genera una tabla de datos cuyo contenido, pasa a formar parte de la base del sistema. Las Figuras 5.13 y 5.14 muestran una vista del resultado obtenido en la planeación aplicando Microsoft Project y la tabla de datos con los resultados de la planeación, respectivamente.



**Figura 5.13 Vista de Resultados – Planeación en Microsoft Project**

Código	Fecha_de_inicio	Fecha_de_finalización	Tipo_de_mantenimiento	Estado
TIM0009	01/03/2004	01/03/2004	Programada	Planificada
TIM0009	08/03/2004	08/03/2004	Programada	Planificada
TIM0009	15/03/2004	15/03/2004	Programada	Planificada
TIM0009	22/03/2004	22/03/2004	Programada	Planificada
TIM0009	29/03/2004	29/03/2004	Programada	Planificada
TIM0009	30/04/2004	30/04/2004	Correctivo	Planificada

**Figura 5.14 Resultados de la Planeación en la Base de Datos**

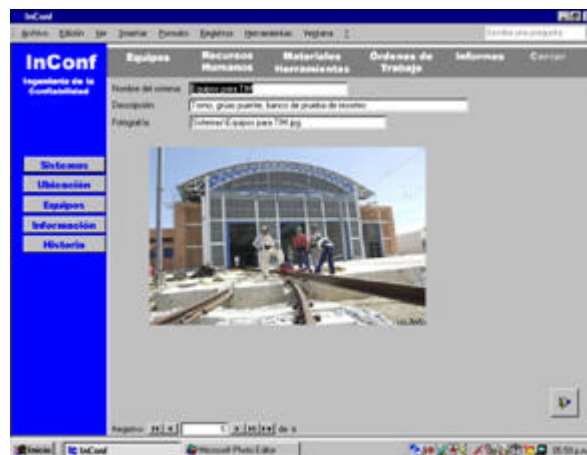
Adicionalmente se considera conveniente señalar que el sistema puede ser utilizado bien sea para iniciar el proceso de implementación de un sistema de mantenimiento por primera vez y realizar su administración posterior ó administrar un sistema de mantenimiento existente.

Las facilidades (formularios del programa) con las que el usuario cuenta para ejecutar las actividades inherentes a la administración del sistema de mantenimiento, se describen a continuación.

### Opciones que Ofrece el Programa

#### *Módulo Equipos*

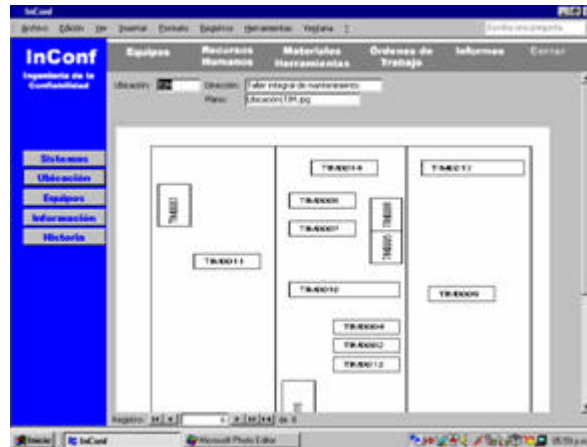
**Sistema:** Permite ver, modificar y anexar las características de los sistemas existentes en la instalaciones. Si se introduce alguna modificación en el tipo de sistema, automáticamente se actualizan todos los registros correspondientes. Ver Figura 5.15



**Figura 5.15 Sistemas**

Para introducir la fotografía del sistema, solo es necesario colocar en el cuadro de texto Fotografía la ruta de acceso y nombre específico del archivo, por ejemplo: C:\Mis documentos\Fotografías\pra410.jpg

**Ubicación:** Este formulario permite introducir las locaciones y/o almacenes donde estén ubicados los equipos, también puede agregar un plano en formato jpg, gif, etc, introduciendo la fotografía de la misma forma que se hizo para el sistema. Ver Figura 5.16



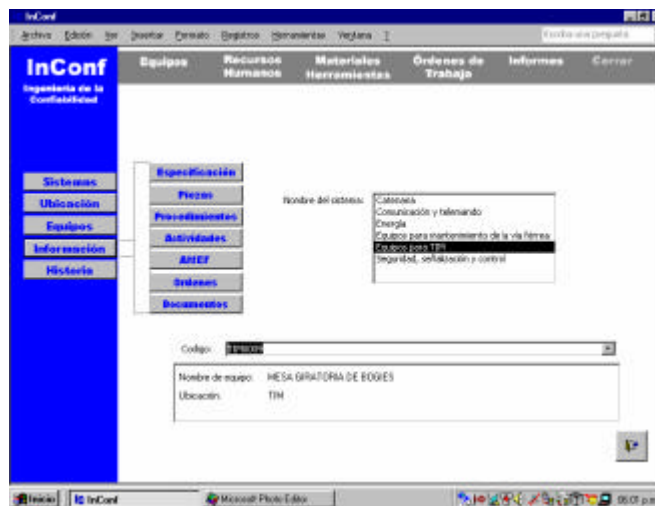
**Figura 5.16 Ubicación de Equipos**

**Equipos:** A través de este formulario el usuario puede introducir los códigos de los equipos a mantener. Es importante que cada equipo tenga un código diferente, este código puede ser alfanumérico. Luego se completan los datos en el formulario suministrado en pantalla. Ver Figura 5.17



**Figura 5.17 Especificación de Equipos**

**Información:** Si se desea conocer toda la información sobre algún equipo en particular, esto se puede lograr a través del formulario *información*. Al ingresar a este menú, el programa presenta una pantalla desde donde es posible visualizar la información relacionada con el equipo seleccionado a través de los botones: especificación, piezas, órdenes, actividades, documentos, procedimientos, y AMEF. Ver Figura 5.18. El contenido o función que realiza cada uno de estos botones, se describe a continuación:

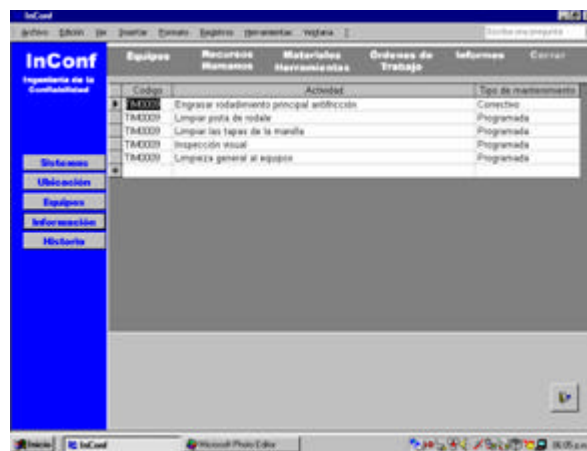


**Figura 5.18 Información**

- *Especificación:* Retorna a el formulario equipos que se acaba de describir (Ver Figura 5.17) y permite mostrar toda la información registrada acerca del equipo de interés.
- *Piezas:* Permite visualizar, incorporar o modificar la descripción de las piezas de los equipos. La barra de desplazamiento que se ubica en la parte de abajo permite ver y adicionar todas las partes del equipo. Ver Figura 5.19



mantenimiento preestablecidas por el fabricante o actividades provenientes de un análisis de mantenimiento centrado en confiabilidad, haciendo clic en el botón actividades, se pueden introducir las mismas. Los tipos de mantenimiento que pueden ser introducidos son: programada (preventivo), correctivo, emergencia, inspección. Es importante introducir el mismo código. Ver Figura 5.21



The screenshot shows the InConf software interface. The main window displays a table with the following data:

Código	Actividad	Tipo de mantenimiento
TM0001	Engrase rodamiento principal dirección	Correctivo
TM0002	Limpieza jirón de motor	Programada
TM0003	Limpieza los tapas de la manilla	Programada
TM0004	Inspección visual	Programada
TM0005	Limpieza general al equipo	Programada

The interface includes a menu bar at the top with options like 'Inicio', 'Edición', 'Imprimir', 'Cerrar', 'Ayuda', 'Parámetros', 'Ayuda', and 'Cerrar en pantalla'. Below the menu bar are tabs for 'Equipos', 'Recursos Humanos', 'Materiales Herramientas', 'Órdenes de Trabajo', 'Informes', and 'Cerrar'. On the left side, there is a vertical navigation pane with buttons for 'Inicio', 'Ubicación', 'Equipos', 'Información', and 'Historia'. The table is the central focus, showing a list of maintenance activities with their respective codes and types.

**Figura 5.21 Actividades**

- *Documentos*: Si al equipo le corresponde un archivo de información adicional (.exe, .doc, .ppt, .pdf, etc) ésta puede ser introducir a través del formulario documentos, y la forma de insertarlo es a través de un hipervínculo. Ver Figura 5.22. Haciendo clic en el título del documento que interese, éste aparece facilitando su consulta.



Figura 5.22 Documentos

- *Procedimientos*: En esta ventana se pueden insertar los procedimientos técnicos de mantenimiento que le permiten al operador documentarse sobre cómo ha de realizar su trabajo en las instalaciones. Ver Figura 5.23

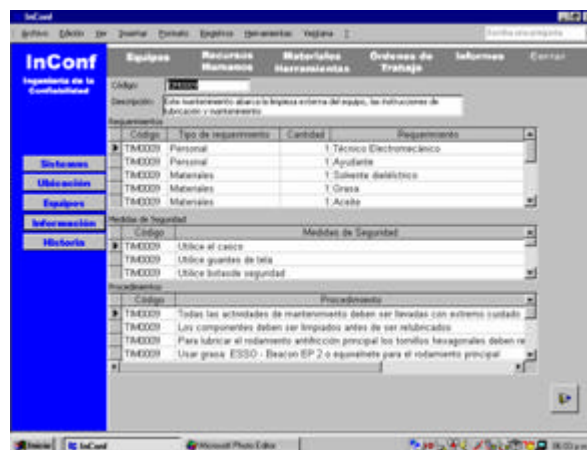


Figura 5.23 Procedimientos

- *Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF)*: En esta pantalla se visualiza la tabla que describe el AMEF realizado para el equipo que se esté



### Módulo Recursos Humanos

**Personal:** Este formulario muestra los datos de interés sobre el personal de la empresa. Al igual que en todos los casos, se puede agregar y modificar datos. Para ingresar un nuevo personal. Ver Figura 5.26

The screenshot shows the 'Personal' form in the InConf system. The form is divided into several sections with the following fields:

- Nombre:** [Text input]
- Cardex de identidad:** [Text input]
- Fecha de nacimiento:** [Date input]
- Especialidad:** [Text input]
- Salario por hora:** [Text input]
- Puesto:** [Text input]
- Ciudad de especialidad:** [Text input]
- E-mail:** [Text input]
- Teléfono habitación:** [Text input]
- Teléfono celular:** [Text input]
- Descripción/Observación:** [Text area]
- Ciudad:** [Text input]
- Estado de la especialidad:** [Dropdown menu]
- Número de cuenta:** [Text input]

Additional fields on the right include 'Fotografía' with a photo of a man and 'Especialidad' with a dropdown menu. The interface includes a sidebar with 'Personal', 'Estado', and 'Control de Ingreso' buttons, and a top navigation bar with 'Equipos', 'Recursos Humanos', 'Materiales', 'Ordenes de Trabajo', 'Informes', and 'Control'.

Figura 5.26 Personal

**Estado:** Muestra las actividades a realizar por un empleado de mantenimiento durante un período de tiempo específico y el tiempo estimado en las mismas. Ver Figura 5.27 y 5.28

The screenshot shows the 'Estado' form in the InConf system. The form is mostly empty, with a few input fields visible:

- Referencia:** [Text input]
- Fecha Ingreso:** [Text input]
- Fecha Salida:** [Text input]

The interface includes the same sidebar and top navigation bar as seen in Figure 5.26.

Figura 5.27 Estado del Personal – Ingreso de Datos

Realizado por	Horas	Fecha de inicio
Ricardo Chumella	2	Martes, 19 de Diciembre de 2003
Ricardo Chumella	2.5	Viernes, 16 de Enero de 2004
Ricardo Chumella	4	Lunes, 25 de Enero de 2004

Figura 5.28 Estado del personal – Actividades Realizadas

**Control Diario:** Muestra las actividades realizadas o por realizar por el personal de mantenimiento en un día específico. Suministra información sobre el equipo mantenido y el tipo y estado de mantenimiento realizado. Ver Figura 5.29.

Fecha de inicio	Ora	Codigo	Realizado por	Tipo de mantenimiento	Estado
08/01/2004	21:36	TMX030	Ricardo Chumella	Programada	Terminada
08/01/2004	21:36	TMX030	Ricardo Chumella	Programada	Activa
08/01/2004	21:37	TMX030	Ricardo Chumella	Programada	Terminada
08/01/2004	21:38	TMX030	Ricardo Chumella	Programada	Terminada
08/01/2004	21:39	TMX030	Ricardo Chumella	Programada	Terminada
08/01/2004	21:40	TMX030	Ricardo Chumella	Programada	Terminada
08/01/2004	21:41	TMX030	Ricardo Chumella	Programada	Terminada
08/01/2004	21:42	TMX030	Ricardo Chumella	Programada	Terminada
08/01/2004	21:43	TMX030	Ricardo Chumella	Programada	Terminada
08/01/2004	21:44	TMX030	Ricardo Chumella	Programada	Terminada

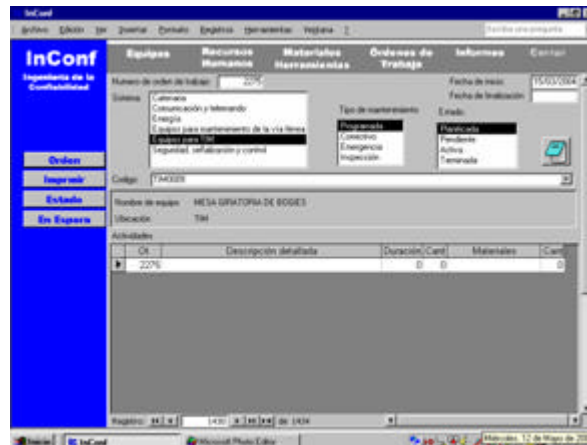
Figura 5.29 Control Diario

### *Módulo Órdenes de Trabajo*

**Orden:** El principal instrumento que utiliza el programa en su gestión, es la orden de trabajo, por lo que es importante que la información que se introduzca por esta vía sea correcta. Para introducir una orden de trabajo se hace clic en el módulo de *órdenes de trabajo* y luego en *orden*. El programa mostrará la primera orden realizada. Para agregar una orden nueva se deberá hacer clic en el botón \* en la barra de desplazamiento ubicada en la parte inferior de la pantalla. Inmediatamente el cursor se posicionará en el número de la orden de trabajo, este número identificará la orden y debe ser distinto para cada orden de trabajo, no obstante, un equipo puede tener tantas órdenes como sean necesarias. Una vez introducido el número de la orden de trabajo, al presionar la tecla Enter o TAB en el teclado, el cursor se situará en la fecha de inicio, el usuario debe proporcionar la fecha de inicio de la orden de trabajo. Los demás campos deberán llenarse según la ejecución del mantenimiento. Para mayor comodidad se ha implementado el siguiente orden de tabulación. Ver Figura 5.30.

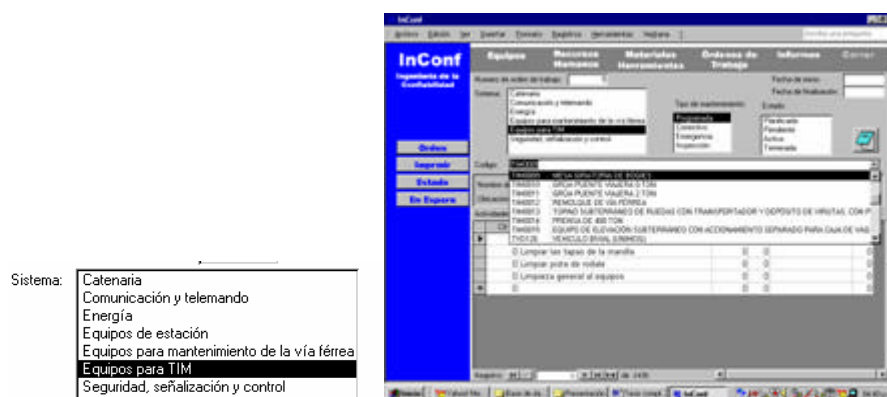
- Fecha de inicio
- Fecha de finalización
- Número de orden de trabajo
- Tipo de mantenimiento
- Estado
- Sistema
- Código
- En servicio
- Observaciones
- Recomendaciones
- Realizado por
- Revisado por
- Aprobado por

Este procedimiento también sirve en el caso de emisión de una orden trabajo cuyo tipo de mantenimiento sea emergencia.



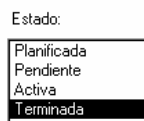
**Figura 5.30 Orden de Trabajo**

En este mismo formulario (orden de trabajo), al elegir el sistema donde se encuentra el equipo, el programa muestra en el campo de código, los equipos pertenecientes a ese sistema. Una vez seleccionado el equipo, el programa muestra el nombre y la ubicación del mismo. Ver Figura 5.31.




**Figura 5.31 Código de Equipos Pertenecientes a un Mismo Sistema**

La orden de trabajo pasa por cuatro estados durante su ejecución, el primero es *planificada*, una vez obtenido los materiales requeridos, la orden pasa a *pendiente*. Cuando el operador recibe la orden, ésta entra en *activa*, y cuando el operador concluye el trabajo, la orden pasa a *terminada*. Cuando el usuario abre el formulario orden de trabajo, aparece un campo donde se señala el estado de la orden que esté consultando Ver Figura 5.34



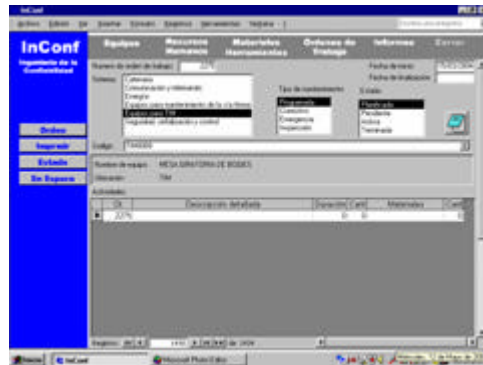
**Figura 5.32 Estados de la Orden de Trabajo**

Mediante el icono , se puede ingresar de manera inmediata, a las actividades de mantenimiento correspondiente a un equipo en particular, las cuales fueron establecidas con anterioridad en el módulo *equipos*, en el formulario *información*, específicamente haciendo clic en el botón *actividades*. Las actividades de mantenimiento están asociadas en la base de datos tanto al código del equipo como al tipo de mantenimiento (programado, correctivo, emergencia e inspección). Ver Figuras 5.32

Cabe mencionar que en el formulario *orden de trabajo* es posible registrar las actividades realmente realizadas con sus respectivos tiempos de ejecución, material y personal realmente utilizado. Eso puede implicar eliminar acciones planificadas pero no realizadas o agregar actividades realizadas pero no planificadas. De esta manera se puede hacer un seguimiento más detallado a las actividades de mantenimiento realizadas a un determinado equipo.

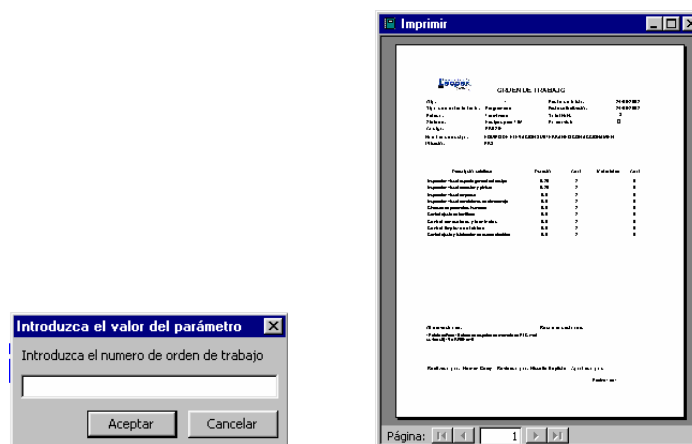
Tipo de mantenimiento:

- Programada
- Correctivo
- Emergencia
- Inspección



**Figura 5.33 Actividades de Mantenimiento**

**Imprimir:** El programa permite imprimir cualquier orden de trabajo para efectos de archivos y presentación. Para ello se debe hacer clic en el botón *imprimir*. Ver Figura 5.33



**Figura 5.34 Vista Preliminar de la Orden de Trabajo**

**Estado:** Presenta un resumen de las órdenes de trabajo que estén planificadas o activas durante un período de tiempo determinado por el usuario. Ver Figura 5.35



**Figura 5.35 Estado de Orden**

**En Espera:** Una vez planificadas las órdenes de trabajo, el programa es capaz de identificar las órdenes cuyos materiales requeridos no estén en almacén ó estén en pedido. Ver Figura 5.36



**Figura 5.36 Órdenes de Trabajo en Espera de Material**

### *Módulo Materiales y Herramientas*

**Solicitud:** Presenta un formulario que permite introducir todas las características de un material solicitado. En este momento la orden de compra se encuentra abierta, es decir, el material está pedido y se espera su llegada a las instalaciones. Ver Figura 5.37

The screenshot shows the 'InConf' software interface. The main window is titled 'InConf' and has a menu bar with options: Archivo, Cliente, por, General, Estado, Operación, Operaciones, Herramientas. Below the menu bar, there are several tabs: Equipos, Materiales, Herramientas, Ordenes de compra, Inventario, and Estado. The 'Materiales' tab is active. On the left side, there is a blue sidebar with the following menu items: InConf, Inventario de la Compañía, Subcontratado, Estado, Operaciones, Estado ABC, and Operación. The main area contains a form for 'Solicitud de Material'. The form has the following fields: 'Descripción del producto' (with a dropdown menu), 'Precio unitario' (with a dropdown menu), 'Cantidad por unidad' (with a dropdown menu), 'Categoría' (with a dropdown menu), 'Marca' (with a dropdown menu), 'Modelo' (with a dropdown menu), 'Fecha de compra' (with a date picker), 'Proveedor' (with a dropdown menu), 'Número de factura' (with a dropdown menu), and 'Orden de compra' (with a dropdown menu). The 'Orden de compra' field is currently set to 'Abierta'. At the bottom of the window, there is a status bar showing 'InConf' and 'Microsoft Windows'.

**Figura 5.37 Solicitud de Material**

**Estado:** Esta ventana permite saber cuales materiales tienen orden de compra abierta. Al momento de llegar el material al almacén se cambia su estado a cerrada en el campo orden de compra. Esto último sólo puede ser realizado por el responsable de compras Ver Figura 5.38



Figura 5.38 Material Solicitado

**Herramientas:** Permite llevar un control de las herramientas. Saber quién tiene una herramienta y cuando la va a devolver al almacén. Se puede generar un registro digital e imprimir el físico del uso de las herramientas y las personas autorizadas para ello, a fin de controlar el uso de las herramientas. Ver Figura 5.39

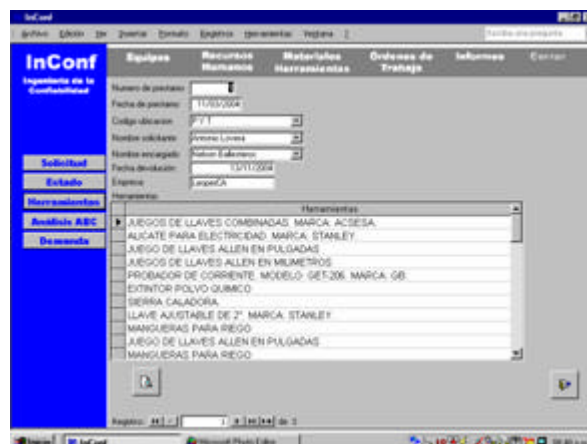
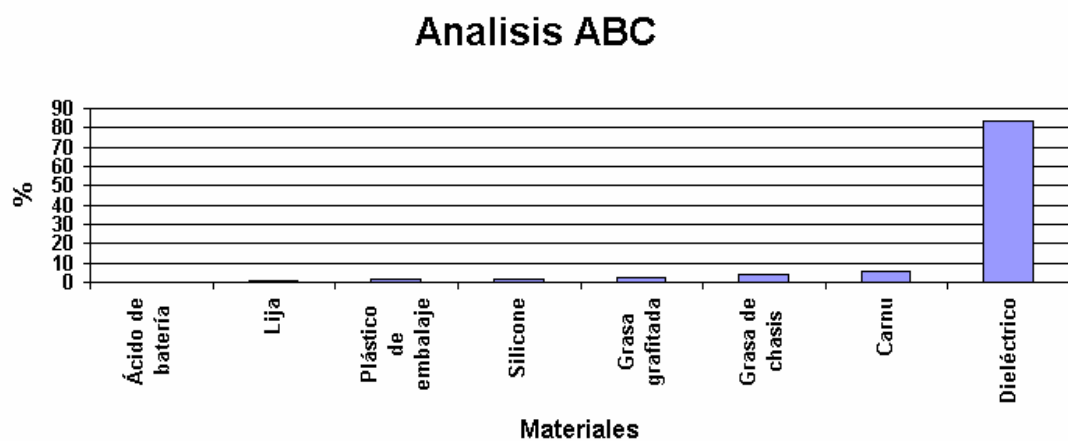


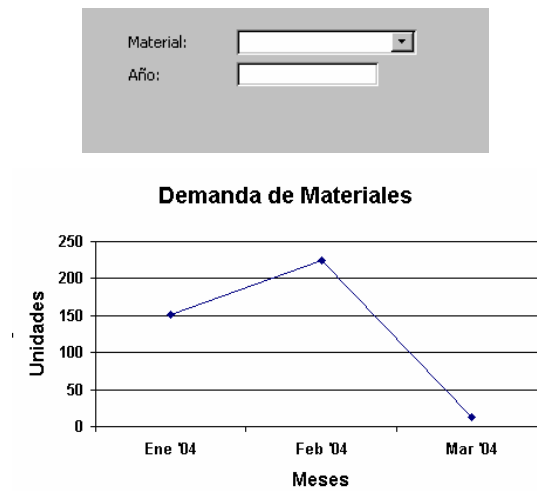
Figura 5.39 Préstamo de Herramientas

**Análisis ABC:** El análisis ABC permite, con base en los consumos de materiales en la ejecución de actividades de mantenimiento, identificar los tipos de materiales calificados en las categorías A, B o C [12], los tipo (A) corresponden aproximadamente al 10% de los artículos totales, pero representan entre el 60% al 80% del costo total; los tipo (B), constituyen aproximadamente el 20% de los artículos totales y representan entre el 20% al 30% del costo total, y los tipo (C), aquellos que conforman aproximadamente el 60% de los artículos totales y representan el 10% del costo total. Un análisis de esta naturaleza suministra apoyo en las actividades relacionadas con el control de inventario. Ver Figura 5.40



**Figura 5.40** Análisis ABC

**Demanda:** Produce una grafica de la demanda de un material en particular, durante un período de tiempo de un año, previa especificación del material y año de interés. Ver Figura 5.41



**Figura 5.41 Gráfica de la Demanda de Material**

### *Módulo Informes*

El programa automáticamente generará los siguientes informes:

**Costos:** Una vez seleccionado el botón correspondiente, se genera un informe donde se reporta el costo acumulado de mano de obra y materiales o repuestos que han sido consumidos por el equipo. También suministra el costo total del sistema que se desea revisar. Ver Figura 5.42

Codigo	Marca	Monto de obra	Materiales	Ordenes
PR020-0	7.78	37500	30000	Equipos para TM
PR020	11.6	195000	20000	Equipos para TM
PRR	1	10000	2000	Equipos para TM
PR030-20	1	10000	2000	Equipos para TM
PR040-20	6.6	50000	4000	Equipos para TM
PR040-20	12	120000	2000	Equipos para TM
PR040-20	8	80000	4000	Equipos para TM
PR040-20	8	80000	4000	Equipos para TM
PR050-20	8	80000	4000	Equipos para TM
PR060-20	18	180000	2000	Equipos para TM
PR070-20	2	20000	2000	Equipos para TM

**Figura 5.42 Informe de Costo**

**Órdenes:** Presenta un resumen de las órdenes de trabajo durante un período de tiempo especificado. Discrimina entre órdenes terminadas y órdenes pendientes. El resultado se puede imprimir seleccionando el botón de impresión. Ver Figuras 5.43

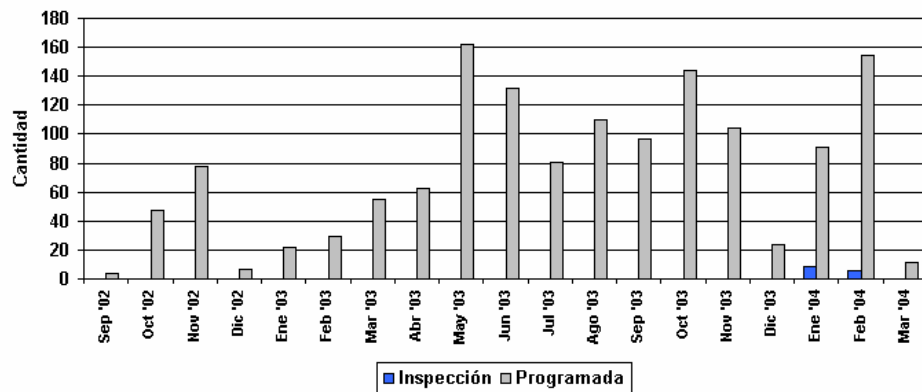
Cd	Codigo	Fecha de inicio	Estado	Tipo de mantenimiento
2143	TM4000	05/03/2004	Terminada	Programada
2142	TM4000	05/03/2004	Terminada	Programada
2141	TM4004	05/03/2004	Terminada	Programada
2140	TM4008	05/03/2004	Terminada	Programada
2139	TM4008	05/03/2004	Terminada	Programada
2138	TM4000	05/03/2004	Terminada	Programada
2137	TM4000	05/03/2004	Terminada	Programada
2136	TM4000	05/03/2004	Terminada	Programada

Fecha inicial: 01/03/2004  
Fecha final: 30/03/2004

**Figura 5.43 Informe de Ordenes de Trabajo**

**Distribución del Trabajo de Mantenimiento (Cantidad):** Grafica la cantidad de órdenes de trabajos en estado terminada durante todo el período de mantenimiento. Ver Figura 5.44

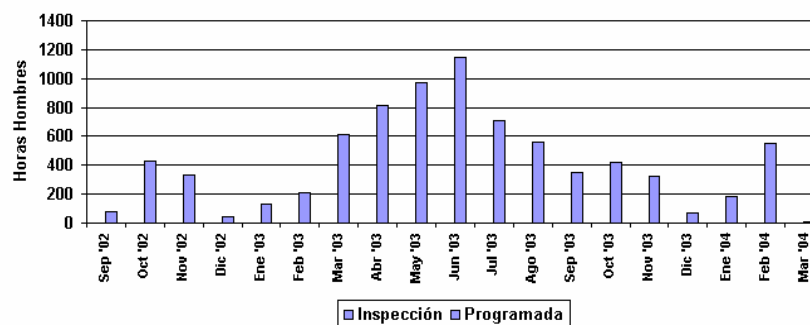
### Distribucion del Trabajo de Mantenimiento (Cantidad)



**Figura 5.44 Distribución del Trabajo Durante Todo el Período de Mantenimiento (Cantidad)**

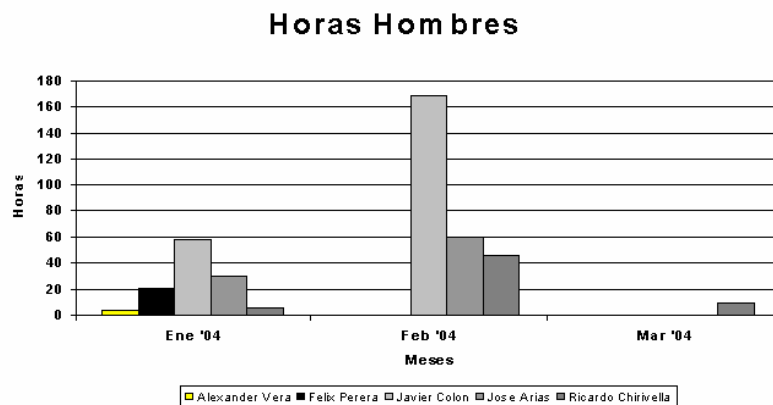
**Distribución del Trabajo de Mantenimiento (Horas):** Grafica la cantidad de horas empleadas en las órdenes de trabajo en estado terminada durante todo el periodo de mantenimiento. Ver Figura 5.45

### Distribución del Trabajo de Mantenimiento (Horas Hombres)



**Figura 5.45 Distribución del Trabajo Durante Todo el Periodo de Mantenimiento (Horas)**

**Hora Hombre por Supervisor:** Genera un gráfico donde se muestran las horas acumuladas de los supervisores de mantenimiento en cada mes. Ver Figura 5.46



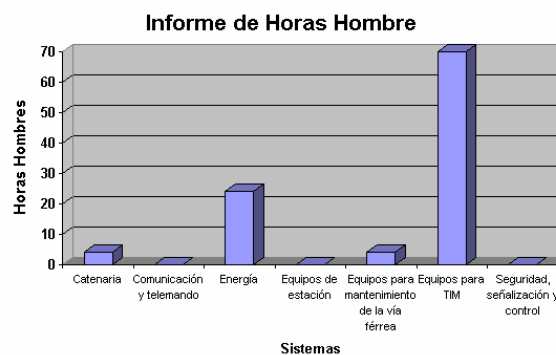
**Figura 5.46 Informe de Hora Hombre al Mes por Supervisor**

**Hora Hombre por Sistema:** Proporciona las horas hombres trabajadas por sistemas, especificando el mes, año y ubicación donde se encuentran los equipos. Ver Figura 5.47.

Mes:

Año:

Ubicación:



**Figura 5.47 Informe de Hora Hombre por Sistema**

### **Previsiones para el Mejoramiento del Sistema – Incorporación de Avances Tecnológicos**

#### Cálculo de Disponibilidad, Tiempo Medio Entre Fallas - MTBF y Tiempo Consumido en Reparación - MTTR

Como habrá podido notarse, el SCAM diseñado e implementado para la administración del mantenimiento de los equipos del Sistema de Transporte Masivo – Metro de Valencia, solo ha incorporado y procesado información proveniente de los manuales del fabricante y de la planeación del sistema de mantenimiento, puesto que el Metro Ligero de Valencia aun se encuentra en construcción.

Una vez en funcionamiento el sistema de metro ligero, el SCAM, comienza a obtener los datos correspondientes a tiempo de producción planeada de cada equipo, por lo que el cálculo de la disponibilidad, tiempo medio entre fallas y el tiempo para reparación, puede efectuarse sin ningún inconveniente para cada equipo y mostrarlos mensualmente.

#### Incorporación de Avances Tecnológicos

Sin duda, la capacidad y flexibilidad del SCAM diseñado e implementado, podrá mejorarse significativamente en la medida que se incorporen las herramientas que en el mundo de la informática y las telecomunicaciones se han desarrollado últimamente. Aun cuando escapa a los objetivos del presente trabajo, se consideró conveniente diseñar el SCAM de tal manera que pudieran acoplarse en un futuro inmediato a ciertos adelantos tales como: uso de Handhelds, lectores de código de barras, posibilidades de ampliación de la red y uso de una conexión a Internet, entre otros. A continuación se describe brevemente las posibilidades de incorporación de estos adelantos en el SCAM diseñado

**Uso de las Handhelds (PALMs):** En la actualidad, se cuenta con una herramienta poderosa que casi iguala a la capacidad de información que puede manejar una PC, sólo que su dimensión es del tamaño de la palma de la mano (PALMs).

En el caso específico de un SCAM, el uso de esta herramienta está comenzando su incorporación especialmente en aquellas organizaciones cuya política de mantenimiento está dirigida, entre otras, a lograr hacer de las actividades de mantenimiento, una actividad más fácil y remota, colocando así información de primera mano proveniente del técnico o supervisor, de forma rápida en la base de datos.

El programa diseñado tiene la flexibilidad de poder, en un futuro trabajar con estas unidades debido a que se desarrolló en ambiente Windows y las PALMs tienen conexión a redes.

A manera de ejemplo, en la Tabla 5.1 se presentan las especificaciones de una de las PALMs disponibles en el mercado. Ver Figura 5.48



**Figura 5.48 Vista de una de las PALMs disponible en el Mercado - Pocket PC Hp h5550**

**Tabla 5.1 Especificaciones de una PALM Disponible en el Mercado**

<b>Hp iPAQ Pocket PC HP h5550</b>	
Seguridad	Reconocimiento de huellas digitales a través de sensor térmico
Bluetooth	Bluetooth integrado para conexión wireless.
Procesador	400 MHz XScale basado en tecnología de procesadores Intel®
Memoria ram	128 MB RAM
Memoria rom	48MB ROM
Pantalla	Pantalla de cristal liquido TFT Transflective, sensible al tacto. 65,536 colores de 16 bits, tamaño de imagen: 5,76 x 7,68 cm
Sistema operativo	Microsoft Windows Mobile 2003 Premium
Alarma	4 Tipos de Alarma de sonido
Audio	Reproduce música MP3 y programas de audio del Internet
Botones	5 botones frontales
Conexión wireless	Conexión wireless e interface Bluetooth.
Batería	Batería removible de Litio-polímero de 1250 mAh
Interfaces	1 puerto USB/serial, interface p/Cuna, conector A/C
Software pre-instalado	Calendario; contactos; grabadora de voz, Pocket PC Word, Excel y Explorer
Software en cd	MSOutlook; MSActiveSync3.5; Windows Media Player 8
Software hp	Task Manager; Image Viewer; control remoto universal; file store
Slots de expansión	Ranura para tarjeta de memoria SD/MMC(Secure Digital)
Dimensiones	Dimensiones: 13.8 x 8.4 x 1.59 cm Peso: 206,8 g. Incluye batería
Garantía	Limitada Compaq mundial de 1 año

Tomada de [4]

**Uso de Lectores de Códigos de Barras:** En los puntos de ventas, es muy común la utilización de estos dispositivos para realizar la factura al cliente, cuando las ventas y la variedad de productos aumenta, el lector de códigos de barras es indispensable para prestar un buen servicio al cliente. De manera análoga, en un sistema de mantenimiento, lo concerniente a los materiales y herramientas se pueden llevar a cabo con la utilización de un lector de códigos de barra.

En este caso la cuadrilla de mantenimiento sería el cliente y la gerencia sería el vendedor. El servicio prestado por la gerencia hacia la cuadrilla de mantenimiento, además de representar un control absoluto sobre los activos de la empresa, ayudan a que la calidad de las acciones de mantenimiento aumente.

El siguiente modelo, entre muchos existentes en el mercado, cumple con las especificaciones requeridas. Ver Figura 5.49. En la Tabla 5.2 se presenta sus principales características.



Tomada de [10]

**Figura 5.49 Código de Barra LS 1900 Cobra**

**Tabla 5.2 Características del LS 1900 Cobra**

<b>Características</b>	<b>Ventajas</b>
Configuraciones con gatillo (apuntar y disparar) y sin gatillo (siempre activo)	Elija la mejor configuración para facilitar al máximo el manejo de sus aplicaciones
Diseño ergonómico	La línea elegante y equilibrada reduce la incomodidad del usuario durante la lectura
LED de dos colores y emisor de pitidos con volumen regulable	Los diversos modos de confirmación aseguran al usuario una retroalimentación positiva
Diversas interfaces incorporadas	Conectividad flexible que permite “comprobaciones futuras” del host
Formateo avanzado de datos (ADF)	Permite a los usuarios modificar los datos antes de enviarlos al ordenador host
Memoria flash	Facilita las actualizaciones y la personalización del producto en campo
Lee simbología de espacios reducidos (RSS)	Compatible con esta nueva simbología para aprovechar su inversión en hardware
Elementos de lectura Mylar	Rendimiento inigualable de lectura sin desgaste, ni fricción con garantía de por vida
Soporte de manos libres	Permite lectura de presentación automática
Cables universales	Comparte cableado con otros scanners Symbol para facilitar las sustituciones y actualizaciones

**Ampliación de Redes:** Cuando la demanda de acciones de mantenimiento crece, en cualquier organización, en este caso en el sistema de metro ligero, la gestión de mantenimiento debe ofrecer soluciones a la creciente demanda para cumplir con los objetivos, por lo que si todos sus operadores o supervisores tienen acceso a la base de datos, todas estas órdenes de trabajo hechas son recopiladas y analizadas por el programa.

Para llevar a cabo este intercambio de información, es necesario ampliar el sistema de red concebido para la instalación del SCAM desarrollado en el presente Trabajo (Ver Figura 5.2 de este mismo capítulo)

**Uso de una Conexión a Internet:** Una de las ventajas de digitalizar una orden de trabajo, es que una vez introducida en la base de datos, la información puede ser

manejada con toda la capacidad que presta la PC. Entre estas capacidades está la de poder transmitir a cualquier distancia información al instante.

El SCAM desarrollado, permite introducirse a la Web a través de las páginas de acceso a datos, presentando una pantalla como la mostrada en la Figura 5.50



**Figura 5.50** Posibilidad de Conexión a Internet

## **Estimación Preliminar de Costos para la Implementación del SCAM Desarrollado**

### Costo por Adquisición del Software

Actualmente en el mercado existen varios programas desarrollados para cumplir con las necesidades de las empresas en cuanto a mantenimiento. En primer lugar tenemos a MAXIMO, creado por MRO Solutions, también se encuentra Maintimizer, creado por Ashcom Technologies Inc y por último dentro de muchos otros programas se encuentra Expressmaintenance desarrollado por Express Technology Inc, cuyo costo mínimo es de alrededor de 1400 \$ americanos con solo una licencia para un usuario.

En nuestro caso particular, el programa fue diseñado específicamente para el mantenimiento de los equipos del Metro de Valencia, ahorrándose así la empresa ese primer costo inicial de adquisición de un software de mantenimiento.

### Costo de Infraestructura

El costo de infraestructura requerida para la instalación e implementación del sistema desarrollado serán los asociados a la adquisición de los equipos señalados en la Tabla 5.3.

**Tabla 5.3 Requerimientos de Equipos para la Instalación del SCAM Desarrollado para el Metro de Valencia**

<b>Cant.</b>	<b>Artículo</b>	<b>Especificación</b>	<b>Unid (Bs)</b>	<b>Total (Bs)</b>
4	Computadoras	Celeron 1800 Mhz Mother Board Biostar Socket 478 8668 S/V/F/LAN Memoria de 256MB DDR PC333 Mhz Disco Duro Maxtor 40 GB 7200rpm Floppy Drive 1.44 MB CD Samsung 52X Case ATX 214W Only Case Monitor Samsung 15" SVGA 551V 0.24MM 1024 X768 Mouse Genius 3 Botones PS2 Teclado Español W/98 PS/2	1136800	4547200
1	Impresora	Tecnología de impresión Inyección térmica de tinta HP Calidad de impresión (negro, calidad óptima) texto en negro de hasta 1.200 ppp de reproducción Velocidad de impresión (ppm) Velocidad de impresión (negro, calidad normal, A4) 7,5 Velocidad de impresión (negro, calidad óptima, A4) 0,8 Velocidad de impresión (negro, calidad de borrador, A4) 14 Velocidad de impresión (negro, calidad de borrador, A4) 14	200000	200000
1	Concentrador de redes	Rj-45 (100base-tx): Categoría 5 de UTP Rj-45 (10BaseT): Categoría 3.4 Y 5 de UTP Emisión: FCC Clkass A, CE Interfaz: Puertos Duales De la	58000	58000

		Velocidad Rj-45x8 10/100 Un puerto de Uplink Indicaciones del LED: Sistema Energía x1 Colisión x2 (1 para 10Mbps) Puerto 10 M (velocidad para la conexión de red) Actividad Del Acoplamiento Humedad De Funcionamiento: 10% a 90% Temperatura De Funcionamiento: 0 a 55 grados centígrado (32 a 131 grados F)		
300m	Cable 4 pares	CAT 5	300000	300000
20	Conectores	RJ-45	500	10000
20	CD virgen (para respaldos)	CD-R	1500	30000

Los artículos mencionados anteriormente constituyen actualmente los requerimientos mínimos de una oficina de cualquier empresa, por lo que la justificación de la adquisición de los artículos, además de controlar el mantenimiento, es una herramienta para el desarrollo del personal de la empresa.

De acuerdo a los precios del mercado, estos equipos representan una inversión de un monto en el orden de 5.145.200 Bs.

#### Costo de Capacitación de Personal

Teniendo en cuenta el programa fue desarrollado en ambiente Windows, es fácil de conseguir personal que con la mínima experiencia en este ambiente, pueda manejar con eficacia el programa, sin embargo, para aquellas personas que necesiten de un entrenamiento previo, medio y/o avanzado, existe la posibilidad de recurrir a los servicios de empresas especializadas en el servicio de capacitación de personal por un costo accesible.

Nuevamente, de acuerdo a los precios de mercado, esta actividad se estima en el orden de 500US\$ por persona capacitada.

### Costo de Implementación

Para la implementación del SCAM desarrollado en este caso particular, se estima que se necesitará un año de gestión para la complementar esta actividad utilizando los recursos humanos existentes en la empresa. Para ello se hace necesario la contratación de un Asesor en Mantenimiento cuyo costo anual se estima en el orden de 36 Millones de Bolívares.

La información antes presentada permitirá a la empresa responsable de la administración del mantenimiento de los equipos que conforman la infraestructura operativa del Metro de Valencia, estimar, al menos en forma preliminar, la inversión y gastos que representa la implementación de este sistema

### **Evaluación Preliminar del SCAM Desarrollado**

Con el propósito de obtener una primera impresión sobre la aceptación del sistema desarrollado, especialmente por parte de los expertos responsables del mantenimiento de los equipos del Metro de Valencia, así como extraer algunas ideas para su mejoramiento, se consideró conveniente elaborar un cuestionario cuyo formato se presenta en el Anexo 2.

Los resultados de esta evaluación preliminar (Ver Tabla 5.4) refleja que el SCAM diseñado e implementado se puede considerar aceptable según los criterios de los encuestados para atender las necesidades de mantenimiento, específicamente en lo relacionado con las expectativas sobre la administración del mantenimiento preventivo, calidad y utilidad de los informes de mantenimiento y administración de inventario. Aún cuando para este último sugiere introducir mejoras. En cuanto la administración de las órdenes de trabajo y la evaluación del proveedor del software, los encuestados consideran que superaron sus expectativas con relación a estos aspectos. Por último, calificaron de excelente la facilidad de uso y confianza en el software.

**Tabla 5.4 Resultados de la Evaluación Preliminar**

<b>Evaluación</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>No aplica</b>
Administración de las órdenes de trabajo				X		
Administración del mantenimiento preventivo			X			
Administración de inventario			X			
Administración del control de calidad						X
Informes de mantenimiento			X			
Evaluación del proveedor del software				X		
Consideraciones generales:					X	
Confianza en el software					X	
Facilidad de uso					X	

**Principales Observaciones**

- Especificar en detalle el rol de cada empleado en el uso del programa
- Requerimientos necesarios para apoyar a la empresa en la obtención del certificado ISO 9000
- Definir el tiempo entre los respaldos de la información
- ¿En cuánto tiempo se implementaría el programa al 100 %?

## **CAPÍTULO 6**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En esta sección se presentan las principales conclusiones y recomendaciones del trabajo realizado. El orden de aparición obedece, más que a un nivel de importancia predeterminado, al seguimiento del esquema utilizado para la presentación del trabajo realizado.

#### **Conclusiones**

1. La revisión y análisis de las necesidades de mantenimiento de los equipos que conforman la infraestructura operativa del sistema de transporte masivo – Metro de Valencia permite afirmar:
  - El sistema de transporte Metro de Valencia, al igual que otros sistemas de comunicación férrea urbana, se concibe como una estrategia para la prestación de un servicio al público y como tal debe estar caracterizado por su calidad, confiabilidad y seguridad, toda vez que de ello depende la comodidad e incluso la vida de sus usuarios. Tales características están inevitablemente asociadas a su vez, a la calidad del mantenimiento que se le suministre a las unidades que conforman su equipamiento, en consecuencia se hace necesario que el responsable de esta actividad desarrolle programas que permitan el control sobre la administración de las acciones de mantenimiento para todos estos equipos, cumpliendo las exigencias necesarias para su funcionamiento y asegurando el máximo tiempo de vida de los mismos.
  - El universo de equipos que conforman los sistemas de energía, catenarias, seguridad, señalización y control, comunicación y telemando, equipos para el mantenimiento de la vía férrea y equipos para el taller integral de mantenimiento, abarca un número significativo (en el orden de 500), así como

una amplia diversidad de tipos. Esta realidad obliga a que el ente responsable del mantenimiento se apoye en algún medio que le permita su planeación, organización, ejecución y control en forma rápida y acertada, optimizando el uso de los recursos requeridos para ello.

- Siendo la calidad del mantenimiento que se le suministre a los equipos, uno de los factores que sin duda condicionan la calidad del servicio, el sistema que se diseñe e implemente para su gestión deberá desarrollarse con una visión sistémica e integral fundamentada en los principios modernos de eficiencia y productividad.
- Una opción para asegurar que la gestión del mantenimiento de los equipos que conforman la infraestructura operativa del Metro de Valencia en particular, y de cualquier sistema urbano de comunicación férrea, en general, es el diseño e implementación de un sistema computarizado para la administración de esta importante actividad. Es decir, se requiere diseñar un SCAM que permita, entre otros:
  - Almacenar las actividades rutinarias de mantenimiento para cada equipo
  - Almacenar, organizar y manejar, en forma rápida y confiable la información de los equipos, órdenes de trabajo, recursos humanos y materiales y costos asociados a la ejecución de las actividades de mantenimiento.
  - Aumentar la capacidad de planeación del mantenimiento, al incrementar la capacidad de manejo de información, especialmente en lo relativo a las órdenes de trabajo.
  - Facilitar la toma de decisiones orientadas a reducir costos de mantenimiento sin que ello implique comprometer la calidad del servicio.

2. Atendiendo a las necesidades de mantenimiento en el caso que se está considerando, se diseñó e implementó un SCAM basado en los principios enmarcados en el mantenimiento productivo total (MPT) y que incorpora las técnicas del mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC) y el análisis de modos y efectos de fallas (AMEF), el cual puede competir con otros SCAM existentes en el mercado actual. Todo ello con el fin de proporcionar las características de flexibilidad, seguridad y comunicación tan necesarias en la administración del mantenimiento de equipos en este tipo de sistemas de transporte.

El MCC asegura que se emprendan acciones correctas de mantenimiento preventivo o predictivo y elimina aquellas tareas que no producen ningún impacto en la frecuencia de fallas. Debido al enfoque riguroso para definir las funciones, normas, mecanismos de falla, efectos y grado crítico, el sistema del equipo que está bajo revisión se entiende mucho mejor que antes de la revisión. El resultado de cada estudio del mantenimiento centrado en confiabilidad del sistema de un equipo es una lista de acciones de mantenimiento, programas y responsabilidades. Éstas, a su vez, dan por resultado una mejor disponibilidad, confiabilidad y rendimiento operativo del equipo y eficacia en costos.

El resultado del AMEF será una lista de las posibles fallas que podrían presentarse, además de una descripción de los efectos que estas fallas podrían generar. El proceso de mantenimiento centrado en confiabilidad analizará éstas fallas y, de ser necesario, seleccionará una tarea de mantenimiento para evitar, no la falla “per se”, sino los efectos de la misma.

3. El programa desarrollado para implementar este sistema permite la incorporación, almacenamiento, procesamiento (análisis) y actualización de todos aquellos datos que se requieren para generar la información sobre los equipos, órdenes de trabajo, recursos humanos, así como materiales y herramientas, necesarios para la planeación, organización, ejecución y control del mantenimiento de la

infraestructura operativa del sistema Metro de Valencia. Asimismo, es capaz de generar informes de costos, órdenes de trabajo, de la distribución de los trabajos de mantenimiento (cantidad y horas), horas hombres por supervisor y sistema, los cuales darán soporte a la toma de decisiones en materia de administración del mantenimiento en las mencionadas instalaciones.

4. La información oportuna y confiable que el sistema está en capacidad de suministrar, permitirá revisar y retroalimentar la planeación de las actividades de mantenimiento para periodos de un año, distribuir equitativamente las horas de trabajo del personal, identificar la carga que representa el trabajo de emergencia, controlar el uso de herramientas y materiales y en general mejorar la efectividad y calidad del servicio de mantenimiento. Adicionalmente se espera mejorar la relación cliente/usuario dentro de la empresa, es decir, entre operadores y supervisores, y cualquier departamento.
5. De acuerdo a los resultados obtenidos en la evaluación preliminar del SCAM diseñado e implementado, éste se puede considerar aceptable según los criterios de los encuestados para atender las necesidades de mantenimiento, específicamente en lo relacionado con las expectativas sobre la administración del mantenimiento preventivo, calidad y utilidad de los informes de mantenimiento y administración de inventario. Aún cuando para este último sugiere introducir mejoras. En cuanto la administración de las órdenes de trabajo y la evaluación del proveedor del software, los encuestados consideran que superaron sus expectativas con relación a estos aspectos. Por último, calificaron de excelente la facilidad de uso y confianza en el software.
6. Desde el punto de vista metodológico, la estrategia adoptada para la estructuración del SCAM, así como la plataforma computacional utilizada para su implementación puede ser útil en el desarrollo de otros sistemas para la administración del mantenimiento de los equipos de otros sistemas de transporte masivo e incluso de otras organizaciones productivas y de servicio.

### **Recomendaciones**

1. Actualizar y completar la base de datos con la información correspondiente a los equipos según las especificaciones del fabricante o de acuerdo a la experiencia adquirida en su utilización con el fin de afinar las acciones de mantenimiento.
2. Adelantar las acciones necesarias para asegurar que al momento del inicio de operaciones del sistema para el cual fue desarrollado el SCAM, se cuente con las condiciones necesarias para aprovecharlo al máximo. Si bien es cierto que en esta etapa de recepción, instalación y prueba de los equipos existe un plan de mantenimiento cuya administración ha podido ser realizada en forma exitosa con los medios existentes y que de acuerdo a la opinión de los expertos que hasta ahora han evaluado el SCAM desarrollado, satisface sus expectativas con relación a la gestión del mantenimiento a futuro, una vez que el Metro de de Valencia entre en funcionamiento rutinario, la carga de mantenimiento se hará mucho más compleja y la carga de trabajo será mucho mayor. Las condiciones mínimas a las cuales se hace referencia son:
  - Contar con un equipo de trabajo motivado y comprometido con las nueva estrategia de administración del mantenimiento
  - Contar con el equipamiento mínimo requerido para la instalación del sistema
3. En estrecha relación con lo planteado anteriormente, se recomienda iniciar acciones que contribuyan a preparar la organización responsable del mantenimiento para enfrentar las implicaciones que representa incorporar la herramienta diseñada a su gestión. Ellas incluyen:
  - Prepara una descripción de las funciones y normas de operación de los equipos a los cuales se requiere suministrar mantenimiento, lograr el consenso entre los involucrados.
  - Establecer un orden prioritario entre las equipos pertenecientes a cada sistema, teniendo en cuenta su función y el número de ejemplares existentes.

- Capacitar al personal gerencial y operativo en las estrategias y herramientas incorporadas en las cuales se apoya el SCAM desarrollado: MPT, MCC y AMEF.
  - Entrenar al personal en la aplicación de las técnicas MCC y AMEF. Esto es asegurarse de que adquieran destrezas en: preparar cronogramas de análisis, ejecutar los análisis, presentar los resultados, convertir las tareas de MCC en rutinas de mantenimiento planificado y procedimientos operativos, incorporar los resultados al sistema de mantenimiento.
4. En cuanto al SCAM desarrollado, se recomienda introducir formularios que apoyen la actividad control de inventario, así como la administración del control de calidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Bloch, H.P., 1999, *Use Equipment Failure Statistics Properly*, Hydrocarbon Processing, 49-53.
- [2] Duffuaa, S., 2000, *Sistemas de Mantenimiento. Planeación y Control*, Limusa Wiley, D.F., México.
- [3] Eldon, K., 2002, *Competitive Advantage in Plant Reliability*, PTQ, 119-123.
- [4] <http://h30092.www3.hp.com/store/config.asp?cModel=LAVE%2DFA107A%23B16&mode=tech>.
- [5] <http://office.microsoft.com/assistance/topcategory.aspx?TopLevelCat=CH79001800&CTT=6&Origin=ES790020013082>
- [6] <http://office.microsoft.com/assistance/topcategory.aspx?TopLevelCat=CH79001810&CTT=6&Origin=ES790020013082>
- [7] <http://www.metrodevalencia.com.ve>
- [8] <http://www.mipagina.cantv.net/alexzeuss/Default.htm>
- [9] <http://www.siemensandina.com/prensa25.htm>
- [10] [http://www.symbol.com/products/barcode\\_scanners/barcode\\_hh\\_ls1900\\_data.html](http://www.symbol.com/products/barcode_scanners/barcode_hh_ls1900_data.html).
- [11] Japan Institute of Plant Maintenance, 1996, *TPM for Every Operator*, Productivity Press, Oregon, EEUU.
- [12] Mosquera, G., 1994, *Gerencia de Logística Industrial*, Academia Nacional de Ciencias Económicas, Caracas.
- [13] Nakajima, S., 1989, *TPM Development Program. Implementing Total Productive Maintenance*, Productivity Press, Massachusetts, EEUU.
- [14] Newbrough, E.T., 1976, *Administración de Mantenimiento Industrial*, Editorial Diana, México.
- [15] Pradhan, H.P., 1993, *Apply Reliability Centered Maintenance to Sealless Pumps*, Hydrocarbon Processing, 43-47.
- [16] Productivity Press Development Team, 1992, *TPM for Supervisors*, Productivity Press, Oregon, EEUU.
- [17] Salazar, V., 1989, *Técnicas del Mantenimiento Organizado*.
- [18] Sendelbach, S., 2002, *Knowledge Management to Improve Performance*, PTQ, 107-117.
- [19] Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Vicerrectorado de Investigación y Posgrado, 2003, *Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales*, Caracas.
- [20] Villanueva, E., 2000, *La Productividad en el Mantenimiento Industrial*, Compañía Editorial Continental, México.

## ANEXO 1

### CONCEPTOS BÁSICOS MICROSOFT ACCESS-2002

#### **Base de datos**

Una base de datos es una recopilación de información relativa a un asunto o propósito particular, como el seguimiento de pedidos de clientes o el mantenimiento de una colección de música. Si la base de datos no está almacenada en un equipo, o sólo están instaladas partes de la misma, puede que deba hacer un seguimiento de información procedente de varias fuentes en orden a coordinar y organizar la base de datos.

#### **Archivos de base de datos Access**

Por medio de Microsoft Access, puede administrar toda la información desde un único archivo de base de datos. Dentro del archivo, puede utilizar:

- Tablas para guardar los datos.
- Consultas para buscar y recuperar únicamente los datos que necesita.
- Formularios para ver, agregar y actualizar los datos de las tablas.
- Informes para analizar o imprimir los datos con un diseño específico.
- Páginas de acceso a datos para ver, actualizar o analizar los datos de la base de datos desde Internet o desde una intranet.

#### **Tablas y relaciones**

Para almacenar los datos, se crea una tabla para cada tipo de información de la que se hace el seguimiento. Para reunir los datos de varias tablas en una consulta, formulario, informe o página de acceso a datos, se definen relaciones entre las tablas.

##### *Almacenar y administrar los datos*

Una tabla es una colección de datos sobre un tema específico, como productos o proveedores. La utilización de una tabla diferente para cada tema significa que se almacenan los datos sólo una vez. Ello da lugar a una base de datos más eficaz y menos errores de entrada de datos.

##### *Organización de los datos en tablas*

Las tablas organizan datos en columnas (denominadas campos) y filas (denominadas registros).

##### *Vista Diseño de la tabla*

En la vista *diseño de la tabla*, se puede crear una tabla entera desde el principio, o agregar, eliminar o personalizar los campos en una tabla existente.

- Si se desea hacer un seguimiento de otros datos de una tabla, agregue más campos. Si el nombre de un campo existente no es suficientemente descriptivo, se puede cambiar.
- La configuración del tipo de datos de un campo define el tipo de valores que puede escribir en el mismo.
- Se utiliza una etiqueta única, denominada clave principal, para identificar los registros de la tabla. La clave principal de una tabla se utiliza para referirse a registros relacionados de otras tablas.
- Las propiedades de campo son un conjunto de características que proporcionan un control adicional sobre la manera de guardar, introducir o mostrar los datos en un campo. Las propiedades disponibles depende del tipo de datos de un campo.

#### *Relaciones entre dos tablas*

Un campo común relaciona dos tablas de manera que Microsoft Access puede combinar los datos de las dos tablas para ver, modificar o imprimir. En una tabla, el campo es una clave principal que se establece en la vista *diseño de la tabla*. Ese mismo campo también existe en la tabla relacionada como una clave externa.

#### *Vista hoja de datos de la tabla*

En una tabla o una consulta, la vista *hoja de datos* proporciona las herramientas necesarias para trabajar con los datos.

- **Barras de herramientas. Hoja de datos de la tabla y hoja de datos de la consulta.** Las barras de herramientas *hoja de datos de la tabla* y *hoja de datos de la consulta* proporcionan muchas de las herramientas necesarias para buscar, modificar e imprimir registros.
  - o Imprimir u obtener una vista previa de los datos
  - o Comprobar ortografía
  - o Cortar, copiar o pegar el texto seleccionado, campos, registros completos o toda la hoja de datos
  - o Ordenar registros
  - o Filtrar registros, y buscar o reemplazar valores
  - o Agregar o eliminar registros
- **Trabajar con columnas, filas y hojas secundarias de datos.** Se puede encontrar herramientas para trabajar con columnas, filas y subhojas de datos en la propia hoja de datos, o haciendo doble clic en un selector de columna.

- Utilizar el selector de columna para mover u ocultar una columna, o cambiar su nombre.
  - Cambiar de tamaño filas o columnas.
  - Utilizar hojas secundarias de datos para ver datos relacionados.
  - Inmovilizar la primera columna por la izquierda para que se muestre a medida que se desplaza hacia la derecha.
- **Desplazarse por los registros.** Puede utilizar la barra de herramientas de exploración para desplazarse por los registros en una hoja de datos.
- Ir al primer registro.
  - Ir al registro anterior.
  - Escribir un número de registro al que desea desplazarse.
  - Ir al registro siguiente.
  - Ir al último registro.
  - Ir a un registro en blanco (nuevo).

### **Consultas**

Para buscar y recuperar sólo los datos que cumplen las condiciones especificadas, incluyendo datos de varias tablas, se crea una consulta. Una consulta puede también actualizar o eliminar varios registros al mismo tiempo, y realizar cálculos predefinidos o personalizados en los datos.

Se utilizan consultas para ver, modificar y analizar datos de formas diferentes. También pueden utilizarse como origen de registros para formularios, informes y páginas de acceso a datos. Existen varios tipos de consultas en Microsoft Access.

#### *Consulta de selección*

Una consulta de selección es el tipo de consulta más habitual. Este tipo de consulta obtiene los datos de una o más tablas y muestra los resultados en una hoja de datos en la que puede actualizar los registros (con algunas restricciones). También se puede utilizar una consulta de selección para agrupar los registros y calcular sumas, cuentas, promedios y otros tipos de totales.

#### *Consultas de parámetros*

Una consulta de parámetros es una consulta que, cuando se ejecuta, muestra su propio cuadro de diálogo que solicita información, como por ejemplo criterios para recuperar registros o un valor que desea insertar en un campo. Se puede diseñar la consulta para que solicite más de un dato; por ejemplo, puede diseñarla para que solicite dos fechas. Access puede entonces recuperar todos los registros que quedan entre esas dos fechas.

Las consultas de parámetros también son útiles cuando se emplean como base para los formularios, informes y páginas de acceso a datos.

#### *Consultas de tabla de referencias cruzadas*

Las consultas de tabla de referencias cruzadas se utilizan para calcular y reestructurar datos de manera que su análisis sea más sencillo. Las consultas de tablas de referencias cruzadas calculan una suma, una media, un recuento u otros tipos de totales de los datos, que se agrupan en dos tipos de información: uno hacia abajo, en el lado izquierdo de la hoja de datos y otro a lo largo de la parte superior.

#### *Consulta de acción*

Una consulta de acción es una consulta que realiza cambios o desplazamientos de muchos registros en una sola operación. Hay cuatro tipos de consultas de acción:

- **Consultas de eliminación** Una consulta de eliminación elimina un grupo de registros de una o más tablas. Con las consultas de eliminación, siempre se eliminan registros enteros, no sólo campos seleccionados dentro de los registros.
- **Consultas de actualización** Una consulta de actualización realiza cambios globales en un grupo de registros de una o más tablas. Con una consulta de actualización, puede cambiar los datos de las tablas existentes.
- **Consultas de datos anexados** Una consulta de datos anexados agrega un grupo de registros de una o más tablas al final de una o más tablas.
- **Consultas de creación de tablas** Una consulta de creación de tabla crea una tabla nueva a partir de la totalidad o una parte de los datos de una o más tablas. Las consultas de creación de tabla son útiles para crear una tabla que se desee exportar a otra base de datos de Microsoft Access o una tabla histórica que contenga registros antiguos.

#### *Consultas SQL*

Una consulta SQL es una consulta creada con una instrucción SQL. Se puede utilizar el Lenguaje de consulta estructurado (SQL o Structured Query Language) para consultar, actualizar y administrar bases de datos relacionales, como Access.

Cuando se crea una consulta en la vista *diseño de la consulta*, Access construye en segundo plano las instrucciones SQL equivalentes. De hecho, la mayoría de las propiedades de consulta de la hoja de propiedades de la vista *diseño de la consulta* tienen cláusulas y opciones equivalentes a las que están disponibles en la vista SQL. Si se desea, se puede ver o editar la instrucción SQL en la vista SQL. Sin embargo, después de hacer cambios en una consulta en la vista SQL, puede que su aspecto no sea el que tenía en la vista *diseño*.

Algunas consultas SQL, denominadas consultas específicas de SQL, no se pueden crear en la cuadrícula de diseño. En el caso de las consulta paso a través, consultas de definición de datos y consultas de combinación, se debe crear las instrucciones SQL directamente en la vista SQL. En el caso de las subconsultas, la instrucción SQL se escribe en la fila campo o en la fila criterios de la cuadrícula de diseño de la consulta.

### **Formularios**

Para ver, escribir y cambiar datos de manera sencilla directamente en una tabla, se crea un *formulario*. Al abrir un formulario, Microsoft Access recupera los datos de una o más tablas, y los muestra en la pantalla con el diseño elegido en el *asistente para formularios*, o con un diseño que cree usted mismo en la vista de diseño.

- Una tabla muestra muchos registros al mismo tiempo, pero puede que sea necesario desplazarse para ver todos los datos de un solo registro. Por otra parte, cuando se visualiza una tabla, no se pueden actualizar los datos de más de una tabla al mismo tiempo.
- Un formulario sitúa el enfoque en un registro cada vez, pero puede mostrar los campos de más de una tabla. También puede mostrar imágenes y otros objetos.
- Un formulario puede incluir un botón que imprima o abra otros objetos, o puede realizar otras tareas automáticamente.

#### *Exponer datos de aspecto agradable*

Un formulario es un tipo de objeto de base de datos que se utiliza fundamentalmente para introducir o mostrar datos en una base de datos. También puede utilizar un formulario como un panel de control que abre otros formularios e informes de la base de datos, o como un cuadro de diálogo personalizado que acepta las entradas del usuario y realiza una acción basada en las entradas.

- Un formulario de entrada de datos
- Un formulario de panel de control
- Un cuadro de diálogo personalizado

La mayoría de los formularios están enlazados a una o varias tablas y consultas de la base de datos. El origen de registros de un formulario hace referencia a los campos de las tablas y consultas base. No es necesario que un formulario contenga todos los campos de cada una de las tablas o consultas en las que está basado.

Un formulario dependiente almacena o recupera los datos del origen de registros base. Otra información del formulario, como título, fecha y número de página se guarda en el diseño del formulario.

- Los elementos gráficos como, por ejemplo, líneas y rectángulos, se almacenan en el diseño del formulario.

- Los datos proceden de los campos del origen de registros base.
- Un cálculo procede de una expresión almacenada en el diseño del informe.
- El texto descriptivo se almacena en el diseño del formulario.

El vínculo entre un formulario y su origen de registros se crea por medio de objetos gráficos denominados controles. El tipo de control más comúnmente utilizado para mostrar y escribir datos es un cuadro de texto.

#### *Personalizar un formulario*

En la vista *diseño*, se puede personalizar un informe de las siguientes maneras:

- **Origen del registro** Se puede cambiar las tablas y consultas en las que está basado un formulario.
- **Controlar y ayudar al usuario** Se puede establecer las propiedades del formulario para permitir o impedir a los usuarios que agreguen, eliminen o modifiquen los registros mostrados en un formulario. También se puede agregar ayuda personalizada a un formulario para ayudar a los usuarios a utilizar el formulario.
- **Ventana Formulario** Se puede agregar o quitar los botones *maximizar* y *minimizar*, cambiar los menús contextuales y otros elementos de la ventana formulario.
- **Secciones** También se puede agregar, eliminar, ocultar o cambiar de tamaño las secciones encabezado, pie y detalles de un formulario, así como establecer propiedades de sección para controlar la presentación de un informe y el resultado que se obtiene al imprimirlo.
- **Controles** Se puede mover, cambiar el tamaño o establecer las propiedades de fuente de un control. También se puede agregar controles para mostrar los valores calculados, totales, la fecha y hora actuales, así como otro tipo de información que sea de utilidad en un formulario.

### **Informes**

Para analizar los datos o presentarlos de cierta manera al imprimirlos, se crea un informe. Se utilizan un informe para mostrar totales en un gráfico, para calcular totales, entre otras acciones.

#### *Presentación de datos*

Un informe es un método eficaz de presentar los datos en formato impreso. Dado que tiene el control sobre el tamaño y el aspecto de todo el informe, puede mostrar la información en la manera que se desee verla.

La mayoría de los informes están enlazados a una o más tablas y consultas de la base de datos. El origen de registros de un informe hace referencia a los campos de las

tablas y consultas base. No es necesario que un informe contenga todos los campos de cada una de las tablas o consultas en las que está basado.

Un informe dependiente obtiene los datos del origen de registros base. Otra información acerca del formulario, como el título, la fecha y el número de página, se almacena en el diseño del informe.

- El título y los encabezados de columna del informe se almacenan en el diseño del informe.
- La fecha procede de una expresión almacenada en el diseño del informe.
- Los datos proceden de campos de la tabla, consulta o instrucción SQL base.
- Los totales proceden de expresiones almacenadas en el diseño del informe.

El vínculo entre un formulario y su origen de registros se crea mediante objetos gráficos denominados controles. Los controles pueden ser cuadros de edición que muestren nombres y números, etiquetas que muestren títulos, o líneas decorativas que organicen los datos gráficamente y mejoren la presentación del informe.

#### *Personalizar un informe*

Se puede personalizar un informe de las siguientes formas:

- **Origen del registro** Se puede cambiar las tablas y consultas en que está basado un informe.
- **Ordenar y agrupar datos** Se pueden ordenar los datos en orden ascendente o descendente. También se puede agrupar los registros de uno o más campos, y mostrar subtotaes y totales en un informe.
- **Ventana Informe** Se puede agregar o quitar los botones *maximizar* y *minimizar*, cambiar el texto de la barra de título y otros elementos de la ventana *informe*.
- **Secciones** Se puede agregar, quitar, ocultar o cambiar de tamaño los encabezados, pies y las secciones de detalles de un informe. También se puede establecer propiedades de sección para controlar la presentación de un informe y el resultado que se obtiene al imprimirlo.
- **Controles** Se puede mover, cambiar el tamaño o establecer las propiedades de fuente de un control. También se puede agregar controles para mostrar valores calculados, totales, la fecha y hora actuales, y otra información que sea de utilidad en un informe.

#### **Macros**

Una macro es un conjunto de una o más acciones que cada una realiza una operación determinada, tal como abrir un formulario o imprimir un informe. Las macros pueden ayudar a automatizar las tareas comunes.

### *Grupo de macros*

Cuando se tienen muchas macros, el reunir las que estén relacionadas en grupos de macros puede simplificar la administración de la base de datos.

El nombre de la columna *nombre de macro* identifica a cada macro. Cuando se ejecuta una macro en un grupo de macros, Microsoft Access lleva a cabo la acción de la columna acción y cualquier otra acción que siga inmediatamente con una columna *nombre de macro blanco*.

Para ejecutar una macro de un grupo de macros en un evento o procedimiento de evento, se escribe el nombre del grupo de macros seguido de un punto y del nombre de la macro.

### *Acciones condicionales*

En algunos casos, puede desear llevar a cabo una acción o serie de acciones en una macro solamente si se cumple una condición en particular. Por ejemplo, si se está utilizando una macro para validar los datos de un formulario, puede desear presentar un mensaje en respuesta a un conjunto de valores introducidos en un registro y otro mensaje en respuesta a otro conjunto diferente de valores. En casos como éstos, se puede utilizar las condiciones para controlar el flujo de la macro.

Una condición es una expresión lógica que se evalúa como Verdadero/Falso o Sí/No. La macro sigue trayectorias diferentes dependiendo de si la condición es verdadera o falsa.

Cuando ejecuta la macro, Microsoft Access evalúa la primera expresión condicional. Si la condición es verdadera, Microsoft Access lleva a cabo la acción en esa fila y cualquiera de las acciones inmediatamente posteriores que vayan precedidas por puntos suspensivos (...) en la columna condición

Microsoft Access ejecuta entonces cualquier acción adicional en la macro que tenga una columna de *condición en blanco*, hasta que alcance otra expresión, un nombre de macro o el final de la macro.

Si la condición es falsa, Microsoft Access omite la acción y cualquier otra acción inmediatamente posterior que vaya precedida por puntos suspensivos en la *columna condición* y se desplaza a la siguiente fila de acción que contenga otra condición o una columna *condición en blanco*.

### *Argumentos de acción*

Los *argumentos de acción* son datos adicionales necesarios para algunas acciones de macro, por ejemplo, el objeto que se verá afectado por la acción o las condiciones especiales en las que la acción se ejecuta. Después de agregar una acción a una macro, se establecen los argumentos de la acción en la parte inferior de la ventana macro. Estos argumentos dan a Microsoft Access información adicional sobre cómo llevar a cabo la acción.

Sugerencias para establecer argumentos de acción:

- En general, es una buena idea establecer los argumentos de la acción en el orden en el que están listados, porque las opciones de un argumento pueden determinar las opciones de los argumentos que le siguen.
- Si agrega una acción a su macro arrastrando un objeto de base de datos desde la ventana *base de datos*, Microsoft Access establece de forma automática los argumentos apropiados para esa acción.
- Si una acción tiene un argumento que requiere el nombre de un objeto de la base de datos, puede establecer de forma automática el argumento y el tipo de objeto correspondiente arrastrando el objeto desde la ventana Base de datos al cuadro del argumento.
- Puede utilizar una expresión precedida de un signo igual (=) para establecer muchos argumentos de acción.

### **Relaciones en una base de datos**

Una vez creadas tablas diferentes para cada tema de la base de datos de Microsoft Access, se necesita una forma de indicarle a Microsoft Access cómo debe volver a combinar esa información. El primer paso de este proceso es definir relaciones entre las tablas. Una vez realizada esta operación, puede crear consultas, formularios e informes para mostrar información de varias tablas a la vez.

#### *Funcionamiento de las relaciones*

Una relación hace coincidir los datos de los campos clave (normalmente un campo con el mismo nombre en ambas tablas). En la mayoría de los casos, estos campos coincidentes son la clave primaria de una tabla, que proporciona un identificador único para cada registro, y una clave externa de la otra tabla.

#### *Relación una a varios*

La *relación uno a varios* es el tipo de relación más común. En este tipo de relación, un registro de la Tabla A puede tener muchos registros coincidentes en la Tabla B, pero un registro de la Tabla B sólo tiene un registro coincidente en la Tabla A.

#### *Relación varios a varios*

En una *relación varios a varios*, un registro de la Tabla A puede tener muchos registros coincidentes en la Tabla B y viceversa. Este tipo de relación sólo es posible si se define una tercera tabla (denominada tabla de unión) cuya clave principal consta de dos campos: las claves externas de las Tablas A y B. Una relación varios a varios es en realidad una relación uno a varios con una tercera tabla.

#### *Relación uno a uno*

En una relación uno a uno, cada registro de la Tabla A sólo puede tener un registro coincidente en la Tabla B y viceversa. Este tipo de relación no es habitual, debido a que la mayoría de la información relacionada de esta forma estaría en una sola tabla. Puede utilizar la relación uno a uno para dividir una tabla con muchos campos, para aislar parte de una tabla por razones de seguridad o para almacenar información que sólo se aplica a un subconjunto de la tabla principal.

#### *Definición de relaciones*

El tipo de relación que crea Microsoft Access depende de cómo están definidos los campos relacionados.

- Una relación de uno a varios se crea si sólo uno de los campos relacionados es una clave principal o tiene un índice exclusivo
- Se crea una relación uno a uno si ambos campos relacionados son claves principales o tienen índices únicos.
- Una relación de varios a varios es, en realidad, dos relaciones de uno a varios con una tercera tabla cuya clave principal consta de dos campos: las claves externas de las otras dos tablas.

También se puede crear una relación entre una tabla y los elementos que contiene. Esto es útil en situaciones en que deba realizar una búsqueda dentro de la misma tabla.

**Nota** Si arrastra un campo que no es una clave principal y que no tiene un índice único a otro campo que tampoco es una clave principal ni tiene un índice único, se crea una relación indeterminada. En las consultas que contienen tablas con una relación indeterminada, Microsoft Access muestra una línea de combinación predeterminada entre las tablas, pero no se exige la integridad referencial y no hay garantías de que los registros sean únicos en ninguna tabla.

#### *Integridad referencial*

La *integridad referencial* es un sistema de reglas que utiliza Microsoft Access para garantizar que las relaciones entre los registros de tablas relacionadas son válidas y que no se eliminan ni modifican accidentalmente datos relacionados. Puede establecer la integridad referencial cuando se cumplen todas las condiciones siguientes:

- El campo coincidente de la tabla principal es una clave principal o tiene un índice único.
- Los campos relacionados tienen el mismo tipo de datos. Hay dos excepciones. Un campo autonumérico puede estar relacionado con un campo numérico con la propiedad Tamaño del campo (Field Size) establecida en entero, largo, y un campo autonumérico con la propiedad tamaño del campo (FieldSize) establecida en Id. de réplica puede estar relacionado con un campo numérico con la propiedad Tamaño del campo (Field Size) establecida en Id. de réplica.

- Ambas tablas pertenecen a la misma base de datos de Microsoft Access. Si las tablas son tablas vinculadas, deben ser tablas en el formato de Microsoft Access y debe abrir la base de datos en la que están almacenadas para poder establecer la integridad referencial. La integridad referencial no puede exigirse para tablas vinculadas procedentes de bases de datos en otros formatos.

Cuando se utiliza la integridad referencial, se aplican las reglas siguientes:

- No puede introducir un valor en el campo de clave externa de la tabla relacionada que no exista en la clave principal de la tabla principal. No obstante, puede introducir un valor Nulo en la clave externa, especificando que los registros no están relacionados.
- No puede eliminar un registro de una tabla principal si existen registros coincidentes en una tabla relacionada.
- No puede cambiar un valor de clave principal en la tabla principal si ese registro tiene registros relacionados.

#### *Actualizaciones y eliminaciones en cascada*

Para las relaciones en las que se exige la integridad referencial, puede especificar si desea que Microsoft Access actualice en cascada y elimine en cascada automáticamente los registros relacionados. Si se establece estas opciones, las operaciones de eliminación y actualización que normalmente impediría la integridad referencial se permiten ahora. Al eliminar registros o al cambiar los valores de clave principal de una tabla principal, Microsoft Access realiza los cambios necesarios en las tablas relacionadas con el fin de conservar la integridad referencial.

Si se activa la casilla *verificación actualizar* en cascada, los campos relacionados al definir una relación, siempre que cambie la clave principal de un registro de la tabla principal, Microsoft Access actualizará automáticamente la clave principal con el nuevo valor en todos los registros relacionados.

**Nota** Si la clave principal de la tabla principal es un campo autonumérico, la activación de la casilla *verificación Actualizar* en cascada los campos relacionados no tendrá ningún efecto, porque no se puede cambiar el valor de un campo autonumérico.

Si se selecciona la casilla de *verificación eliminar* en cascada los registros relacionados al definir una relación, siempre que elimine registros de la tabla principal, Microsoft Access eliminará automáticamente los registros relacionados de la tabla relacionada. Al eliminar registros de un formulario u hoja de datos con la casilla de verificación Eliminar en cascada los registros relacionados activada, Microsoft Access le avisa que es posible que también se eliminen los registros relacionados. No obstante, al eliminar registros mediante una consulta de eliminación,

Microsoft Access elimina automáticamente los registros de las tablas relacionadas sin mostrar un aviso.

### **Páginas de acceso a datos**

Para que los datos estén disponibles en Internet o en una intranet con el fin de hacer informes, escribir datos o analizar datos de manera interactiva, se utiliza una página de acceso a datos. Microsoft Access recupera los datos de una o más tablas, y los muestra en la pantalla con el diseño creado en la vista diseño o con el diseño que haya elegido en el asistente para páginas.

#### *Publicación de los datos en la Web*

Una página de acceso a datos es un tipo especial de página Web diseñada para ver datos y trabajar con ellos desde Internet o desde una intranet, datos que están almacenados en una base de datos de Microsoft Access o en una base de datos de Microsoft SQL Server. La página de acceso a datos también puede incluir datos de otros orígenes como, por ejemplo, Microsoft Excel.

#### *Página de acceso a datos mostrada en la vista Página o en Microsoft Internet Explorer 5 o posterior*

La utilización de una página de acceso a datos es similar a la utilización de un formulario: se pueden ver, insertar, modificar y eliminar datos en una base de datos. No obstante, también se puede utilizar una página fuera de una base de datos de Microsoft Access; de este modo, los usuarios pueden actualizar o ver los datos a través de Internet o una intranet.

#### *Partes de una página de acceso a datos*

- **El cuerpo** El cuerpo es la superficie de diseño básica de una página de acceso a datos. En una página que admite la inserción de datos se puede utilizar para mostrar texto informativo, controles dependientes de datos y secciones.
- **Secciones** Las secciones se utilizan para mostrar texto, datos de una base de datos y barras de herramientas.

Normalmente, se utilizan dos tipos de secciones en las páginas que admiten la inserción de datos: secciones de encabezado de grupo y de exploración de registros. Una página también puede contener secciones de pie y título.

- **Encabezado y pie de grupo** Se utilizan para mostrar datos y calcular valores.
- **Exploración de registros** Se utiliza para mostrar el control de exploración de registros correspondiente al nivel de grupo. Una sección de exploración de registros correspondiente a un grupo aparece a continuación de la sección de

encabezado de grupo. No se pueden colocar control enlazado en una sección de exploración de registros.

- **Título** Se utiliza para mostrar títulos correspondientes a cuadros de texto y otros controles. Aparece inmediatamente delante del encabezado de grupo. No se pueden colocar controles dependientes en una sección de título.

Cada nivel de grupo de una página de acceso a datos tiene un origen de registros. El nombre del origen de registros se muestra en la barra de sección correspondiente a cada una de las secciones utilizadas para un nivel de grupo.

#### *Diseño de diferentes tipos de páginas de acceso a datos*

Se puede diseñar páginas de acceso a datos en la vista diseño de página de Microsoft Access. La página es un archivo independiente que se almacena fuera de Access; sin embargo, cuando se crea el archivo, Access agrega automáticamente un acceso directo al archivo en la ventana *base de datos*. El diseño de páginas de acceso a datos es similar al diseño de formularios e informes se puede utilizar una lista de campos, el cuadro de herramientas, controles, etc. Sin embargo, hay algunas diferencias importantes en el modo de diseñar e interactuar con páginas de acceso a datos en contraposición con formularios e informes. El modo de diseñar la página dependerá de cuál vaya a ser su utilización.

- **Informe interactivo** Este tipo de página de acceso a datos se utiliza con frecuencia para consolidar y agrupar información almacenada en la base de datos, y para publicar posteriormente resúmenes de los datos. La página de acceso a datos puede proporcionar botones de barra de herramientas para ordenar y filtrar los datos, así como para agregar, modificar y eliminar los datos de algunos o de todos los niveles de grupo.
- **Análisis de datos** Este tipo de página de acceso a datos puede incluir una lista de tabla dinámicas, similar a un informe de tablas dinámicas de Microsoft Excel, que permite reorganizar los datos para analizarlos de diferentes maneras. La página puede contener un gráfico que se puede utilizar para analizar tendencias, detectar modelos y comparar datos en la base de datos. O bien, la página puede contener una hoja de cálculo en la que se pueden escribir y modificar datos, y utilizar fórmulas para realizar cálculos al igual que en Excel.

#### *Utilización de páginas de acceso a datos en Internet Explorer*

Una página de acceso a datos está conectada directamente a una base de datos. Cuando los usuarios muestran la página de acceso a datos en Microsoft Internet Explorer, están viendo su propia copia de la página. Esto significa que las operaciones de filtrar y ordenar, así como los cambios que se efectúen en la forma de presentar los datos, incluidos los cambios que se realicen en una lista de tabla dinámica o en una componentes Spreadsheet sólo afectarán a las respectivas copias

de la página de acceso a datos. Sin embargo, los cambios que se efectúen en los propios datos como, por ejemplo, modificar valores, y agregar o eliminar datos se almacenarán en la base de datos principal y, por lo tanto, estarán disponibles para todos los usuarios que estén viendo la página de acceso a datos.

Los usuarios pueden obtener ayuda sobre cómo trabajar con la página en Internet

Explore haciendo clic en el botón *ayuda* de la barra de herramientas de exploración de registros. El archivo de ayuda que se muestra se incluye automáticamente con cualquier página de acceso a datos publicada con una barra de herramientas de exploración de registros. Si se elimina la barra de herramientas de exploración de registros o si se deshabilita el botón *Ayuda* de la misma, se debe proporcionar instrucciones para los usuarios que vayan a utilizar la página.

**Nota** Para ver y trabajar con la página de acceso a datos en Internet o en una intranet, los usuarios necesitan tener Internet Explorer 5 o una versión posterior.

#### *Utilización de páginas de acceso a datos en Microsoft Access*

También se puede trabajar con una página de acceso a datos en la vista *página* de Access. Las páginas de acceso a datos pueden ser un complemento de los formularios e informes que se utilizan en la aplicación de base de datos en uso. A la hora de decidir si se diseña una página de acceso a datos, un formulario o un informe, se toman en cuenta las tareas que se desean ejecutar.

Se puede obtener ayuda sobre cómo trabajar con la página en la vista *página* haciendo clic en el botón *ayuda* de la barra de herramientas vista *página*, para mostrar la Ayuda de Access. Si se hace clic en el botón *ayuda* de una barra de herramientas de exploración de registros situada en la página, se mostrará la ayuda para trabajar con la página en Microsoft Internet Explorer. Este archivo de ayuda se incluye automáticamente con cualquier página de acceso a datos publicada con una barra de herramientas de exploración de registros. Se puede eliminar el botón *ayuda* en las páginas que se utilicen exclusivamente en Access, o se puede modificar el botón para proporcionar Ayuda personalizada.

#### *Tipos de orígenes de datos para una página de acceso a datos*

Base de datos de Microsoft Access o una base de datos de Microsoft SQL Server, versión 6.5 o posterior. Para diseñar una página utilizando datos de una de estas bases de datos, la página debe estar conectada a la base de datos en cuestión. Si ya ha abierto una base de datos de Access, o un proyecto de Access que está conectado a una base de datos de Microsoft SQL Server, la página de acceso a datos que se crea se conectará automáticamente con la base de datos actual y almacenará la ruta de acceso en la propiedad Connection String de la página de acceso a datos. Cuando un usuario examina la página en Internet Explorer 5 o presenta la página en la vista *página*, muestra los datos actuales de la base de datos principal utilizando la ruta de acceso definida en la propiedad ConnectionString. Si la página de acceso a datos se

diseña mientras la base de datos está en una unidad local, Access utilizará la ruta de acceso local, lo que significa que los datos no serán accesibles a otros usuarios. Por este motivo, es importante mover o copiar la base de datos a una ubicación de la red que sea accesible a los usuarios que deseen utilizar la página. Una vez que esté en el recurso de red, abra la base de datos utilizando la dirección UNC. Si se mueve o copia la base de datos una vez diseñada la página, se tendrá que actualizar la ruta de acceso en la propiedad `ConnectionString` para apuntar a la nueva ubicación.

En lugar de tener que actualizar por separado la propiedad `ConnectionString` de cada página en la base de datos, se puede crear un archivo de conexión. Un archivo de conexión almacena la información de conexión de una página de acceso a datos y se puede compartir entre varias páginas de este tipo. Cuando se abre una página de acceso a datos que utiliza un archivo de conexión, la página lee este archivo y conecta con la base de datos adecuada. Después de crear el archivo de conexión, si mueve o copia la base de datos, todo lo que se tendrá que hacer será modificar la información de conexión en dicho archivo.

#### *Tipos de orígenes de datos para Microsoft Office Web Components en una página de acceso a datos*

Aunque la página de acceso a datos obtiene los datos de una base de datos de Microsoft Access o de una base de datos de Microsoft SQL Server, los controles de Microsoft Office Web Component de la página pueden mostrar datos de cualquiera de estas bases de datos o de otros orígenes. Por ejemplo, la página puede contener una lista de tabla dinámica, una hoja de cálculo o un gráfico con datos de una hoja de cálculo de Microsoft Excel o de una base de datos que no sea de Access o de SQL Server. Dependiendo del origen de datos, los datos de estos controles pueden ser una instantánea de los datos originales o pueden ser datos activos mostrados a través de una conexión independiente del control con su origen de datos.

Para crear un componente Office Web Component con datos de un origen que no sea la base de datos activa, puede que se deba utilizar un programa distinto de Access para publicar primero los datos en una página Web. Por ejemplo, para crear una Lista de tablas dinámicas que contenga datos de una hoja de cálculo de Excel, se debe publicar los datos desde Excel. A continuación, en Access, se abre la página Web y se convierte en una página de acceso a datos agregando controles que sean dependientes de una base de datos de Access o de SQL Server. Además, se puede personalizar la página agregando etiquetas, imágenes u otras funciones para mejorar el aspecto de la página. Desde Access, puede crear una Lista de tablas dinámicas que utilice datos de un origen externo que no sea Excel.

## ANEXO 2

### EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL PROGRAMA

Con el propósito de obtener su primera impresión sobre la calidad del sistema desarrollado, por favor, califique con una puntuación del 1 al 5 los aspectos señalados a continuación.

A los efectos de su evaluación, la puntuación se describe de la siguiente manera:

- 1 Deficiente
- 2 Requiere cambios significativos
- 3 Aceptable
- 4 Supera sus expectativas
- 5 Excelente

Por favor, marque con una x, la evaluación que Ud le asigna a cada uno de

<b>Evaluación</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>No aplica</b>
Administración de las órdenes de trabajo						
Administración del mantenimiento preventivo						
Administración de inventario						
Administración del control de calidad						
Informes de mantenimiento						
Evaluación del proveedor del software						
Consideraciones generales:						
Confianza en el software						
Facilidad de uso						

Por favor, si tiene alguna observación y/o sugerencia, escríbalas en este espacio


Gracias

### ADMINISTRACIÓN DE LAS ÓRDENES DE TRABAJO

- Se pueden producir ordenes de trabajo para mantenimiento correctivo
- Se pueden producir ordenes de trabajo para mantenimiento preventivo
- Da seguimiento automáticamente a los costos de mano de obra
- Da seguimiento automáticamente a los costos de materiales
- La orden de trabajo emplea códigos de seguridad
- La orden de trabajo emplea códigos de estado
- Clasifica los trabajos pendientes por trabajador y prioridad
- Produce una lista de órdenes activas
- Mantiene una historia activa del equipo
- Permite la entrada manual de estimaciones de costo de ordenes de trabajo
- Produce una lista de ordenes de trabajo listas para programación
- Proporciona cálculos de capacidad neta para compensar las interrupciones de trabajo
- Permite la planeación compleja como la de trabajadores, materiales, herramientas, etc.
- Proporciona algoritmos eficaces para programación

### ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

- El sistema programará el mantenimiento preventivo por fecha del calendario
- Permite más de una orden de mantenimiento preventivo por equipo
- Imprime órdenes de trabajo individuales de mantenimiento preventivo
- Proporciona una descripción detallada de las tareas de mantenimiento por realizar
- Imprime un pronóstico de la carga de trabajo de mantenimiento preventivo para cualquier semana o semanas dadas
- Permite tiempo de adelanto o atraso para programar la orden de trabajo de mantenimiento preventivo
- Permite un listado detallado de las tareas de mantenimiento preventivo por realizar
- Produce un informe de órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo vencidas
- Proyecta el impacto de la carga de trabajo de mantenimiento preventivo en el programa semanal
- Produce un informe de los resultados de inspección del mantenimiento preventivo

### ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIO

- Produce un informe de reorden del inventario
- Mantiene información de precios unitarios para todas las refacciones
- Identifica la ubicación de los contenedores de todas las refacciones
- Produce un informe de todas las órdenes de trabajo que están en espera de material
- Anexa los costos de todos los materiales a la orden de trabajo
- Mantiene un registro histórico del consumo de todos los artículos de los almacenes
- Mantiene el tamaño de lote económico para reordenar existencias
- Mantiene el registro de las cantidades máximas y mínimas de las existencias

Produce un informe del costo del inventario en existencia  
 Produce un catálogo completo de existencias en el almacén  
 Produce información en línea del inventario de piezas  
 Permite introducir nuevamente los materiales no utilizados al inventario de los almacenes

#### ADMINISTRACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD

Están disponible las técnicas estadísticas utilizadas  
 El sistema mantiene registros de capacitación en calidad  
 El sistema mantiene los registro de calidad  
 El sistema mantiene un registro de quejas de los clientes  
 Datos disponibles para análisis de fallas en calidad  
 Capaz de rastrear los datos que corresponden a la calidad

#### INFORMES DE MANTENIMIENTO

Produce informes de control diario  
 Produce un informe de historia del equipo  
 Produce informes gerenciales en forma mensual  
 Puede producir informes gerenciales cuando se soliciten  
 Produce informes que dan seguimiento a los trabajos pendientes del sistema por especialidad  
 Produce informes de análisis de fallas  
 Produce informes de empleo de trabajadores  
 Produce informes cuando se rebasa el presupuesto  
 Informes de todas las órdenes de trabajo no completadas por prioridad  
 Capaz de realizar análisis estadísticos y de tendencias

#### EVALUACIÓN DE PROVEEDORES

El proveedor puede proporcionar soporte para la instalación  
 El proveedor tiene un programa de instalación con documentación  
 El proveedor proporcionará una lista de referencias de instalación  
 Los proveedores proporcionarán guía durante la entrada de datos  
 El proveedor tiene un consultor de mantenimiento para proporcionar asistencia sobre los formatos de los datos para su entrada al sistema  
 El proveedor proporciona documentación de instalación, manuales de usuario y manuales de capacitación  
 El software puede autoinstalarse  
 El proveedor puede proporcionar capacitación en el lugar o en sus instalaciones  
 El proveedor ofrece mejoras planeadas y un programa de apoyo para su software actual y futuro

#### CONSIDERACIONES GENERALES

El sistema es amigable con el usuario

El sistema funciona a través de menús

El sistema funciona en línea y está integrado

El sistema tiene un programa de apoyo permanente

El sistema mantiene registros históricos hasta que son dados de baja del sistema

El sistema cuenta con contraseña de seguridad y protección de claves

El sistema corre en hardware que ya se encuentra en el sitio

El sistema requiere la compra de hardware especial