

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO USANDO TÉCNICAS DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL MEDIANTE LA ADMINISTRACIÓN DEL SAP**

Presentado ante la ilustre  
Universidad Central de Venezuela,  
por los Brs:  
Matos Q., Tamanaco J  
Torres, Junior J  
para optar al  
Título de Ingeniero Mecánico.

Caracas 2004

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO USANDO TÉCNICAS DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL MEDIANTE LA ADMINISTRACIÓN DEL SAP**

TUTOR ACADÉMICO: Prof. José Perera.

TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Antonio Medina.

Presentado ante la ilustre  
Universidad Central de Venezuela,  
por los Brs:  
Matos Q., Tamanaco J  
Torres, Junior J  
para optar al  
Título de Ingeniero Mecánico.

Caracas 2004

Caracas, 02 de Noviembre de 2004

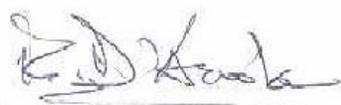
Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de la Escuela de Ingeniería Mecánica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por los Bachilleres Matos Q, Tamanaco J. y Torres, Junior J., titulado:

**“DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO USANDO TÉCNICAS DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL MEDIANTE LA ADMINISTRACIÓN DEL SAP”**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Mecánico.

  
Prof. Alfonso Quiroga  
Jurado

  
Prof. José Perera  
Tutor Académico

  
Prof. Raffaele D'Andrea  
Jurado

Caracas, 02 de Noviembre de 2004

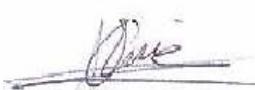
Los abajo firmantes, miembros del jurado examinador designado por el Consejo de la Escuela de Ingeniería Mecánica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por los Bachilleres: Matos Q, Tamanaco J. C.I.: 15.701.380 y Torres, Junior J. C.I.: 14.314.353, titulado:

**“DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO  
USANDO TÉCNICAS DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL  
MEDIANTE LA ADMINISTRACIÓN DEL SAP”**

Decidimos conferirle una

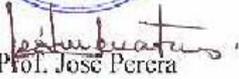
***MENCIÓN HONORÍFICA***

Por la excelencia mostrada en la realización y defensa del Trabajo Especial de Grado.

  
Prof. Alfonso Quiroga  
Jurado



  
Prof. Raffaele D'Andrea  
Jurado

  
Prof. José Perera  
Tutor Académico

## DEDICATORIA

*Este trabajo especial que representa el ocaso de mi carrera de pregrado y el amanecer de mi carrera profesional lo dedico a:*

*A mi **Altísimo Dios Todopoderoso y Misericordioso**, padre celestial guardián del universo...general del bien en la lucha eterna contra el mal. Tu palabra es arte exquisito, tu espíritu es reflejo de bondad, tu esencia es la paz.*

*A mis padres, **Carmen y Alexis**; quienes me enseñaron que la educación es lo que sobrevive cuando todo lo que se ha aprendido sea ha olvidado.*

*A mis hermanos, **Alexis y Tamara**; destellos de mi alegría. ¡Son parte de este logro!*

*A mi abuelita **Chalia**, mi linda vieja que representa mi mayor querer.*

*A mi difunta **abuela Marcelina**, mujer llena de bondad y alegría, quién nos acompaña sentimentalmente y quién estaría contenta por los éxitos y buenaventuranzas de los miembros de la familia. ¡Dios te tenga en su gloria vieja!*

*A toda mi **familia**.*

*A mis **amigos de siempre**.*

*Por todos aquellos **Principios, Valores e Ideales** en los cuales creo profundamente y que tengo arraigados en mi alma, en mi mente y en mi corazón; y por los cuales me siento siempre comprometido estar a la altura de las responsabilidades que les debo a mi persona, a mi familia, y sobretodo, a mi patria.*

*Tamanaco*

Deseo especialmente dedicarle este trabajo a **mi madre Migdalia** y a **mi abuela Pastora** por consagrar sus vidas a cuidar de mí, de mis hermanos y de toda su familia. Aunque no lo digo frecuentemente, siempre han sido los pilares sobre los que me he apoyado y sé que no existe nada sobre este mundo terrenal con lo que pueda pagarles toda su dedicación. *¡Ustedes son las mejores personas que Dios me ha permitido conocer!*

Este trabajo también va dedicado a una de las personas que más entusiasmo mostró en mi preparación intelectual y moral, **mi tío Medino**. Sé que aunque ya no estás entre nosotros, nos acompañas y te alegras desde el lugar donde te encuentras de nuestro bienestar. *¡Mis logros y los de tu familia también serán los tuyos!*

Finalmente quisiera dedicar este trabajo a **mis familiares**. *¡Todas mis acciones las hago pensando en ustedes!*

**Junior.**

## AGRADECIMIENTOS

*A mi **Altísimo Dios Todopoderoso y Misericordioso**.*

*A nuestro profesor guía y amigo, **José Luis Perera**, quién participó en la realización de este trabajo, y quién en los caminos del saber y del conocimiento siempre a ilustrado a este eterno aprendiz de ingeniería. Eternamente agradecido estaré con usted.*

*Al Sr. **Antonio Medina**, nuestro tutor industrial, quién con su inmensurable atención, paciencia y bondad compartió con nosotros su sabiduría, la cual nos guió en desarrollo de este trabajo y me permitió conocer de muchas otros aspectos, los cuales me enriquecieron profesionalmente y personalmente. Eternamente agradecido estaré con usted.*

*A **Petróleos de Venezuela, S.A.** por haberme apoyado en la elaboración de este trabajo.*

*A **Rafael Fuentes, Alexander Sayago, Juan Reina, Máximo Hernández, Jorge Lozada, Dudney Bolivar, Alexander Molina**, y a todos quienes con su valiosa colaboración nos ayudaron en la elaboración de este trabajo.*

*A la **Universidad Central de Venezuela**, como ese océano infinito del conocimiento, universo de gloria académica y espacio que representa la diversidad social de nuestro país. ¡Ucevista Hoy, Ucevista Siempre!*

*A la Escuela de Ingeniería Mecánica y a la Facultad de Ingeniería, por haberme aleccionado en ese maravilloso mundo de la ingeniería y por haberme ayudado a obtener un espíritu crítico y de responsabilidad.*

*A la Prof. Carmen Rosa y al Prof. Raffaele D'Andrea, a los cuales tengo mucha estima por su agradable personalidad y cordialidad hacia mi persona.*

*A los compañeros y amigos que siempre me han ayudado y que compartieron conmigo durante estos inolvidables años, en especial a: Alvaro, Antonio, Vicente, Irene, Elianita, Jessica, Carlos Julio, Delfín, Marvin, Pedro, Hegat, David, Oswaldo, Aurimar (mi negra), José Alfredo (Pichón), Rafael, Luis Velásquez, Lobo, Marian, Andriuska, Betsy, Hanz, Guillermo, Celso, Cherrez, Diego (El Gallego), Fernando, José Miguel, Michelle, Maricely, Jesús, Aniflor, Kike, Henry, Orfer (Pinky), Gerónimo (Cerebro); y a los cuales les recuerdo que el éxito es la máxima utilización de sus habilidades. Aunque sean personas exitosas, manténgase siempre primero como personas valiosas. Espero que siempre dejen huellas a su paso.*

*A Junior Torres, amigo y co-autor de este trabajo. Gracias por tu enorme sentido de responsabilidad y dedicación, y muy importante, por haberme soportado.*

*A mi familia en general; tías, tíos, primos, primas y a mi madrina; quienes siempre han estado atentos a mis acciones.*

*Tamanaco*

*A Dios, por ser mi principal guía durante mi carrera y mi vida y por ser el artífice de todos mis logros.*

*A la Universidad Central de Venezuela, a la Facultad de Ingeniería y a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por todos los conocimientos impartidos.*

*A el Sr. Antonio Medina, por haberme ofrecido la oportunidad de realizar este trabajo bajo su tutoría y por todos los valiosos conocimientos y consejos que me dió. siempre le estaré agradecido por su gran aporte a mi formación como profesional.*

*A el Prof. José Luís Perera, por guiarme en la elaboración de este trabajo y por su gran disposición de ayudar.*

*A Petróleos de Venezuela y a todo el personal perteneciente a la corporación que de alguna u otra forma prestó su invaluable colaboración para la realización de este trabajo. no menciono nombres por el temor a olvidar alguno.*

*A mi compañero y amigo Tamanaco Matos, por ser la persona que me ayudó a realizar este trabajo y por su gran disposición al intercambio de conocimientos.*

*A mis amigos, por el solo hecho de serlo.*

**Junior.**

**Matos Q, Tamanaco J.**

**Torres, Junior J.**

**DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE PROGRAMAS DE  
MANTENIMIENTO USANDO TÉCNICAS DE CONFIABILIDAD  
OPERACIONAL MEDIANTE LA ADMINISTRACIÓN DEL SAP.**

**Tutor Académico: Prof. José Perera. Tutor Industrial: Ing. Antonio Medina.  
Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica.**

**2004. N° Pág: 137**

**Palabras Claves:** Mantenimiento, Criticidad, Confiabilidad, Gestión, SAP.

**RESUMEN**

Enmarcado dentro de los alcances del Proyecto SAPPMM de la Gerencia Corporativa de Logística de PDVSA, bajo los lineamientos de la teoría del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad y en la búsqueda de las mejores prácticas, se adoptó una técnicas para la generación y/o adecuación de los programas de mantenimiento preventivo de los equipos críticos del edificio PDVSA La Campiña, punto piloto del proyecto. Dicha técnica se enfoca en jerarquizar mediante un análisis de criticidad los equipos de la edificación según su impacto sobre las actividades laborales, la higiene, el ambiente, la seguridad y los costos de mantenimiento; esto permitirá con el apoyo de los criterios del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC) generar los programas de mantenimiento preventivo que minimizan la ocurrencia de fallas. Estos programas se aplicaron con el soporte del SAP R/3, que permite integrar todos los aspectos de mantenimiento, materiales y costos involucrados en la gestión de mantenimiento, siendo este trabajo la reseña de la implantación del modelo de gestión propuesto.

---

---

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTOS.....	iii
RESUMEN .....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvi
LISTA DE ANEXOS .....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	xix

### **CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

1.1.- Planteamiento del problema.....	1
1.2.- Objetivos.....	2
1.2.1.- Objetivos generales.....	2
1.2.2.- Objetivos específicos.....	2
1.3.- Alcances.....	3
1.4.- Limitaciones.....	3

### **CAPITULO II: MANTENIMIENTO Y CONFIABILIDAD OPERACIONAL**

2.1.- Mantenimiento.....	5
2.2.- Clasificación del mantenimiento.....	5
2.2.1.- Clasificación general.....	5
2.2.2.- Clasificación según el nivel de aplicación.....	6
2.3.- Mantenimiento preventivo.....	7
2.3.1.- Generalidades.....	7
2.3.2.- Ventajas del mantenimiento preventivo.....	8
2.4.- Mantenimiento predictivo.....	10
2.5.- Ciclo de mantenimiento.....	12
2.5.1.- Aviso o demanda.....	12
2.5.2.- Planificación.....	13
2.5.3.- Organización.....	13

2.5.4.- Ejecución. ....	13
2.5.5.- Control. ....	14
2.6.- Mantenimiento de edificios. ....	14
2.6.1.- Concepto de mantenimiento de edificios. ....	15
2.6.2.- Naturaleza del mantenimiento de edificios. ....	15
2.6.3.- Políticas del mantenimiento de edificios. ....	15
2.6.4.-Planificación, presupuesto y control de los costos de mantenimiento. ....	16
2.7.- Gestión de activos de Clase Mundial. ....	18
2.7.1.- Generalidades. ....	18
2.7.2.- Gestión de Confiabilidad Operacional. ....	19
2.7.3.- Técnicas de Confiabilidad Operacional. ....	20

### **CAPITULO III: MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD**

3.1.- Generalidades. ....	23
3.2.- Conformación del grupo de trabajo. ....	24
3.3.- Selección del sistema. ....	25
3.4.- Diagrama funcional del sistema. ....	26
3.5.- Análisis de criticidad. ....	27
3.6.- Análisis de modos y efectos de falla (AMEF) ....	29
3.6.1.- Requerimientos y normas de operación. ....	29
3.6.2.- Especificación de la manera de falla de un equipo. ....	30
3.6.3.- Modos de falla. ....	30
3.6.4.- Efectos de falla. ....	30
3.6.4.1.- Clasificación de las fallas. ....	31
3.7.- Árbol lógico de decisión. ....	32
3.8.- Tareas de mantenimiento. ....	32
3.9.- Análisis y comparación de las estrategias de mantenimiento. ....	34

3.10.- Registro de la selección de tareas. ....	34
3.10.1.- Planificación de programas. ....	35
3.11.- Programa de mantenimiento. ....	36
3.12.-Beneficios de la aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. ....	37

#### **CAPITULO IV: DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO PDVSA LA CAMPIÑA.**

4.1.- Descripción general. ....	40
4.2.- Descripción del sistema de aire acondicionado, refrigeración y ventilación forzada. ....	42
4.3.- Descripción del sistema de potencia eléctrica. ....	46
4.4.- Descripción del sistema de plantas de emergencia. ....	48
4.5.- Descripción del sistema contra incendio. ....	48
4.6.- Descripción del sistema de ascensores. ....	51
4.7.- Descripción del sistema de control de acceso. ....	52
4.8.- Descripción del sistema sanitario. ....	52
4.9.- Descripción del sistema de control automatizado. ....	54

#### **CAPITULO V: MODELO DE GESTIÓN ADMINISTRATIVA DEL SAP**

5.1.- Generalidades. ....	55
5.2.- Descripción del módulo SAPPMM (Mantenimiento). ....	56
5.2.1.- Funcionalidades del SAPPMM. ....	57
5.2.2.- Modelo del negocio del SAPPMM. ....	58
5.2.3.- Flujograma de los procesos de mantenimiento preventivo. ....	61
5.3.- Descripción del módulo SAPMM (Materiales). ....	63
5.3.1.- Funcionalidades del SAPMM. ....	63
5.3.2.- Flujo de la gestión de materiales. ....	65
5.4.- Descripción del módulo SAPCO (Contabilidad de costos). ....	67

5.4.1.- Funcionalidades del SAPCO. ....	67
5.5.- Integración de los módulos del SAP para el soporte de la gestión de mantenimiento. ....	69
5.5.1.- Integración entre mantenimiento y materiales. ....	69
5.5.1.1.- Solicitud de materiales de almacén y/o cargo directo. ....	70
5.5.1.2.- Solicitud de servicios en unidades de contratación. ....	71
5.5.2.- Integración entre mantenimiento y contabilidad de costos. ....	73

## **CAPÍTULO VI: APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA**

6.1.- Visión global de la generación y gestión de programas de mantenimiento. ...	77
6.2.- Análisis de criticidad de los sistemas. ....	79
6.2.1.- Frecuencia de falla. ....	79
6.2.2.- Impacto sobre las actividades laborales. ....	80
6.2.3.- Impacto sobre las condiciones de higiene y/o ambiente de la instalación. ....	81
6.2.4.- Impacto sobre la seguridad del personal. ....	81
6.2.5.- Costos en mantenimiento. ....	81
6.2.6.- Flexibilidad operacional. ....	82
6.2.7.- Cálculo de la criticidad de los sistemas. ....	82
6.3.- Análisis de criticidad de los subsistemas que componen el sistema de aire acondicionado. ....	85
6.4.- Análisis de criticidad de los equipos que componen el subsistema de aire acondicionado central (agua helada). ....	88
6.5.- Jerarquización de los equipos del edificio PDVSA La Campiña. ....	89
6.6.- Aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. ....	91
6.6.1.- Análisis funcional. ....	91
6.6.2.- Análisis de modos y efectos de falla en las salas de manejo de aire. ....	92

6.6.2.1.- Fallas de función. ....	92
6.6.2.1.- Modos de falla. ....	93
6.6.2.1.- Efectos de falla. ....	93
6.6.3.- Hoja de registro del AMEF de las salas de manejo de aire. ....	93
6.6.4.- Ejemplo de aplicación del árbol lógico de decisión. ....	97
6.7.- Conformación del listado de tareas de mantenimiento de las salas de manejo de aire. ....	100
6.7.1.- Recomendaciones para los procedimientos de las actividades de mantenimiento de las salas de manejo de aire. ....	102
6.8.- Implantación del modelo de gestión de SAP. ....	108
6.8.1.- Carga de la información de los objetos técnicos en SAP. ....	108
6.9.- Visualización de la información de los objetos técnicos en SAP. ....	111
6.10.- Carga de la información de los programas de mantenimiento preventivo en SAP. ....	115
6.11.- Gestión de mantenimiento preventivo en SAP. ....	120
6.12.- Sistemas de información. ....	125
6.13.- Beneficios de la implantación del SAPPm en Servicios Logísticos para el mantenimiento de instalaciones no industriales. ....	128
<b>CONCLUSIONES</b> .....	130
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	132
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	134
<b>GLOSARIO</b> .....	135
<b>ANEXOS</b> .....	137

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 2.1.	Clasificación del mantenimiento preventivo. ....	8
Figura 2.2.	Pasos para desarrollar un programa de mantenimiento preventivo. ....	9
Figura 2.3.	Mantenimiento predictivo. ....	11
Figura 2.4.	Ciclo de mantenimiento. ....	12
Figura 2.5.	Diagrama de generación de la demanda de un sistema. ....	12
Figura 2.6.	Factores que conforman la gestión de activos de Clase Mundial. ...	18
Figura 2.7.	Objetivos de la gestión de Clase Mundial. ....	19
Figura 2.8.	Parámetros de Confiabilidad Operacional. ....	20
Figura 3.1.	Pasos del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. ....	24
Figura 3.2.	Equipo de trabajo del MCC. ....	25
Figura 3.3.	Distribución de una instalación. ....	26
Figura 3.4.	Diagrama entrada-proceso-salida. ....	26
Figura 3.5.	Modelo básico de criticidad. ....	27
Figura 3.6.	Pasos del AMEF. ....	29
Figura 3.7.	Árbol lógico de decisión. ....	33
Figura 3.8.	Patrones de falla. ....	36
Figura 3.9.	Generación de un plan de mantenimiento bajo la filosofía del MCC. ....	37
Figura 4.1.	Vista frontal de la torre este del edificio PDVSA La Campiña. ....	40
Figura 4.2.	Sistemas que conforman el edificio PDVSA La Campiña. ....	42
Figura 4.3.	Estructura del sistema de aire acondicionado, refrigeración y ventilación forzada. ....	42
Figura 4.4.	Ubicación de los equipos del subsistema de aire acondicionado central de agua helada. ....	43
Figura 4.5.	Equipos que conforman el subsistema de aire acondicionado central de agua helada. ....	44

---

---

Figura 4.6.	Equipo del subsistema de ventilación forzada. ....	45
Figura 4.7.a.	Diagrama unifilar de la subestación N°1. ....	46
Figura 4.7.b.	Diagrama unifilar de la subestación N°2. ....	49
Figura 4.8.	Plantas de emergencia. ....	48
Figura 4.9.	Estructura del sistema contra incendio. ....	49
Figura 4.10	Equipos del subsistema contra incendio. ....	51
Figura 4.11.	Equipos del sistema de ascensores. ....	52
Figura 4.12	Equipos del sistema sanitario. ....	53
Figura 4.13.	Alcance de funcionamiento del sistema automatizado Excel Building. ....	54
Figura 5.1.	Módulos que componen el SAP. ....	55
Figura 5.2.	El SAPPMM como herramienta de soporte mantenimiento de Clase Mundial. ....	57
Figura 5.3.	Modelo del negocio del módulo SAPPMM. ....	58
Figura 5.4.	Flujograma de la gestión administrativa del SAP para programas de mantenimiento preventivo. ....	62
Figura 5.5.	Estructura del módulo MM. ....	63
Figura 5.6.	Ciclo de materiales. ....	63
Figura 5.7.	Gestión de materiales. ....	65
Figura 5.8.	Estructura del módulo CO. ....	67
Figura 5.9.	Integración entre los módulos PM, CO, MM. ....	69
Figura 5.10.	Procura de materiales. ....	70
Figura 5.11.	Secuencia de la procura de materiales del almacén. ....	70
Figura 5.12.	Secuencia de procura de materiales por cargo directo de oferta. ....	71
Figura 5.13.	Secuencia de documentos para la solicitud de servicios mediante contrato marco. ....	72
Figura 6.1.	Secuencia de aplicación de la metodología. ....	78
Figura 6.2.	Gráfico de criticidad de los sistemas. ....	85

---

---

Figura 6.3.	Gráfico de criticidad de los subsistemas del sistema de aire acondicionado. ....	87
Figura 6.4.	Gráfico de criticidad de los equipos del subsistema de aire acondicionado central (agua helada). ....	89
Figura 6.5.	Jerarquización de los equipos del edificio PDVSA La Campiña. ....	90
Figura 6.6.	Diagrama EPS del sistema de aire acondicionado central (agua helada). ....	91
Figura 6.7.	Diagrama EPS de las salas de manejo de aire. ....	92
Figura 6.8.	Estructura de ubicación de los equipos dentro de SAP. ....	108
Figura 6.9.	Pantalla de carga y visualización de los datos generales de un objeto técnico. ....	112
Figura 6.10.	Pantalla de carga y visualización de los datos de emplazamiento de un objeto técnico. ....	113
Figura 6.11.	Pantalla de carga y visualización de los datos de imputación de un objeto técnico. ....	113
Figura 6.12.	Pantalla de carga y visualización de los datos de mantenimiento de un objeto técnico. ....	114
Figura 6.13.	Codificación de planes de mantenimiento. ....	115
Figura 6.14.	Clase de orden de mantenimiento. ....	116
Figura 6.15.	Estrategias de mantenimiento. ....	116
Figura 6.16.	Pantalla de carga y visualización del plan de mantenimiento para un objeto técnico. ....	117
Figura 6.17.	Pantalla de carga y visualización de la hoja de ruta para el mantenimiento de un equipo. ....	117
Figura 6.18.	Procedimiento de realización de una actividad de mantenimiento. ....	118
Figura 6.19.	Cronograma de ejecución de las actividades de mantenimiento de un equipo. ....	118

Figura 6.20. Visualización de los materiales y repuestos asociados a una actividad de mantenimiento. ....	119
Figura 6.21. Solicitud de mantenimiento preventivo a través de un aviso. ....	120
Figura 6.22. Catálogo de partes de un equipo. ....	121
Figura 6.23. Catálogo de causas de la aparición de una anomalía. ....	121
Figura 6.24. Catálogo de síntomas de falla. ....	122
Figura 6.25. Catálogo de actividades de mantenimiento. ....	122
Figura 6.26. Visualización del resumen de actividades de mantenimiento. ....	123
Figura 6.27. Visualización del resumen de materiales y repuestos. ....	124
Figura 6.28. Cierre técnico de la orden de mantenimiento y visualización de status. ....	124
Figura 6.29. Pantalla de carga y visualización de los costos reales, estimados y de planificación. ....	125
Figura 6.30. Visualización del reporte de confiabilidad de un objeto técnico. ....	126
Figura 6.31. Reporte de la tendencia del tiempo promedio para fallar y para reparar. ....	127
Figura 6.32. Visualización de la desviación plan/real por clase de costos. ....	128

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 3.1.	Tabla modelo con los criterios para la evaluación de la criticidad.	28
Tabla 3.2.	Matriz de criticidad. ....	28
Tabla 3.3.	Hoja de reporte del AMEF. ....	31
Tabla 3.4.	Planilla de registro de la selección de tareas. ....	35
Tabla 4.1.	Cantidades de equipos de aire acondicionado, refrigeración y ventilación forzada. ....	45
Tabla 4.2.	Cantidades de equipos eléctricos. ....	47
Tabla 4.3.	Cantidades de equipos mecánicos del sistema sanitario. ....	53
Tabla 5.1.	Indicadores de la gestión de mantenimiento en SAP. ....	59
Tabla 6.1.	Guía de criticidad del edificio PDVSA La Campiña. ....	83
Tabla 6.2.	Evaluación de la criticidad de los sistemas. ....	88
Tabla 6.3.	Guía de criticidad de los subsistemas. ....	86
Tabla 6.4.	Evaluación de la criticidad de los subsistemas del sistema de aire acondicionado. ....	87
Tabla 6.5.	Evaluación de la criticidad de los equipos del subsistema de aire acondicionado central (agua helada). ....	88
Tabla 6.6.a.	Hoja de registro del AMEF-página 1. ....	94
Tabla 6.6.b.	Hoja de registro del AMEF-página 2. ....	94
Tabla 6.6.c.	Hoja de registro del AMEF-página 3. ....	95
Tabla 6.6.d.	Hoja de registro del AMEF-página 4. ....	95
Tabla 6.6.e.	Hoja de registro del AMEF-página 5. ....	96
Tabla 6.6.f.	Hoja de registro del AMEF-página 6. ....	96
Tabla 6.6.h.	Hoja de registro del AMEF-página 7. ....	97
Tabla 6.7.a.	Hoja de registro de tareas-página 1. ....	98
Tabla 6.7.b.	Hoja de registro de tareas-página 2. ....	99
Tabla 6.7.c.	Hoja de registro de tareas-página 3. ....	99

Tabla 6.7.d.	Hoja de registro de tareas-página 4. ....	100
Tabla 6.8.	Cronograma de actividades de mantenimiento para las salas de manejo de aire. ....	101
Tabla 6.9.	Materiales para la salas de manejo de aire. ....	106
Tabla 6.10.a.	Datos de carga de un objeto técnico en SAP. ....	109
Tabla 6.10.a.	Datos de carga de un objeto técnico en SAP. ....	110
Tabla 6.10.a.	Datos de carga de un objeto técnico en SAP. ....	111

## **LISTA DE ANEXOS**

### **ANEXO A**

Programa de mantenimiento de los chillers.

### **ANEXO B**

Programa de mantenimiento de las torres de enfriamiento.

### **ANEXO C**

Gerencia de Servicios Logísticos/Proyecto SAPPm para Servicios Logísticos.

### **ANEXO D**

Codificación de planes de mantenimiento.

### **ANEXO E**

Índices de mantenimiento.

## **INTRODUCCIÓN**

Petróleos de Venezuela, S.A., se ha caracterizado por ser una corporación que se ha desarrollado según la filosofía de una empresa de “Clase Mundial”, con lo cual busca que sus indicadores coincidan con los estándares de competitividad que imponen los mercados de globales.

La Corporación se ha trazado ambiciosos proyectos enmarcados bajo el precepto de un mejoramiento continuo que promueven el desarrollo de sus actividades medulares. No obstante, por ser una empresa cuyas actividades están acordes con las mejores prácticas a nivel mundial, ha buscado desarrollar aquellas áreas, que aunque no están directamente asociadas a la producción, sirven de soporte en el mejoramiento de la gestión de las actividades de operación y producción.

A raíz del compromiso de promover esas actividades y en vista de que en Petróleos de Venezuela, S.A., existe la necesidad y la voluntad de integrar todas las labores de su gestión mediante programas automatizados de computación que le proporcionen un mayor control, seguimiento y evaluación de las actividades involucradas, la Gerencia Corporativa de Logística está llevando a cabo un ambicioso proyecto que pretende implantar el software SAP R/3 en el área de Servicios Logísticos.

El Proyecto SAPPMM se apoya en la integración de los módulos PM (mantenimiento de planta), MM (gestión de materiales y contratos) y CO (contabilidad de costos), para procurar las labores de mantenimiento de las edificaciones administrativas, la administración de los materiales y la operación y el mantenimiento de la flota de transporte y de instalaciones tales como: comedores, escuelas, unidades de vivienda, etc.

Conforme con lo expuesto en los párrafos anteriores, el presente trabajo estará dedicado a establecer mediante herramientas de análisis las necesidades de mantenimiento de los equipos críticos asociados a los sistemas del edificio PDVSA La Campaña, edificación que parte como punto piloto del Proyecto SAPPMM.

Las herramientas de Confiabilidad Operacional Análisis de Criticidad (A.C.) y Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (M.C.C.) permite establecer los parámetros dentro de la gestión de confiabilidad que se pretende instaurar. En principio un análisis de criticidad permite estimar los equipos más críticos dentro del edificio según el impacto sobre las actividades laborales, la higiene, el ambiente, la seguridad y los costos de mantenimiento que generan cuando fallan, posteriormente un Análisis de Modos y Efectos de Falla (A.M.E.F.) permite identificar los posibles orígenes de aquellas fallas que evitarán que el equipo opere como se desea. Adicionalmente, identificará los efectos que producirán cada una de las fallas. El análisis de M.C.C. utiliza los resultados del A.M.E.F. y un enfoque sistemático para analizar los datos relativos a la confiabilidad de los equipos con el fin de determinar la viabilidad y/o conveniencia de prevenir las fallas en cuestión. Esto permitirá establecer las tareas de mantenimiento más eficaces para los equipos bajo estudio. La información de las tareas, conjuntamente con las frecuencias y procedimientos de mantenimiento alimentará al módulo de mantenimiento del SAP R/3 que administrará, con el soporte de los módulos de materiales y costos, la gestión de mantenimiento.

En el desarrollo de este trabajo encontramos los lineamientos del mismo, tales como objetivos y alcances, así como los fundamentos teóricos que lo sustentan (Capítulo I), como lo son los conceptos asociados a mantenimiento y las técnicas de Confiabilidad Operacional (Capítulo II); los elementos de implantación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad son expuestos como soporte de la metodología (Capítulo III); la descripción del edificio PDVSA La Campiña como sistema bajo estudio (Capítulo VI) y del modelo de gestión administrativa del SAP como herramienta tecnológica (Capítulo V); y un ejemplo de la metodología aplicada (Capítulo VI). Finalmente se exponen las conclusiones y las recomendaciones correspondientes.

## CAPITULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1.- Planteamiento del Problema

En el edificio de PDVSA La Campiña existe una gran variedad de equipos cuyo funcionamiento le proporciona a esta edificación las características necesarias para ser un hábitat donde se desarrollan actividades administrativas.

Con el fin de mejorar los programas de mantenimiento preventivo existentes y con la intención de incorporar análisis de fallas a la gestión de mantenimiento, en este trabajo se ha optado por la utilización de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. Los resultados arrojados de la aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad servirán para alimentar la base de datos del software SAP, en su módulo PM (mantenimiento), el cual estará en capacidad de generar, administrar y controlar las órdenes correspondientes a las distintas actividades de mantenimiento preventivo de la edificación.

En el área de Servicios Logísticos de la Corporación no existen precedentes de la aplicación de filosofías basadas en la confiabilidad operacional para la generación de programas de mantenimiento, por lo cual, este trabajo adquiere un carácter innovador y de guía para la aplicación de la metodología propuesta en las edificaciones administrativas que forman parte del alcance del Proyecto SAPPMM.

Este trabajo proporcionará apoyo al proyecto de implantación del SAPPMM en el edificio PDVSA La Campiña, mediante la documentación necesaria en el área de mantenimiento, y con la preparación de información técnica para los programas de mantenimiento de los equipos críticos.

Antiguamente el software SIM (Sistema Integral de Mantenimiento) contenía la base de datos del sistema de mantenimiento de Petróleos de Venezuela, en él se manejaba toda la información referente a las actividades ejecutadas sobre cada uno de los equipos de la corporación. A partir del año 1998 con el objetivo de mejorar la gestión de mantenimiento y otras actividades el software SAP R/3 sustituyó

completamente a otros softwares dentro de la corporación, ocupando gran parte de las organizaciones y espacios de la misma, permitiendo con una sola herramienta integrar todos los procesos del negocio, finanzas, materiales, costos y mantenimiento

## **1.2.- Objetivos**

### **1.2.1.- Objetivos Generales**

- Diseño e implantación de los programas de mantenimiento preventivo para los equipos críticos del edificio PDVSA La Campiña, en base a la filosofía del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.
- Integración de los módulos del SAP correspondientes a labores de mantenimiento (PM), materiales y contratos (MM) y contabilidad de costos (CO), para la generación, administración y control de gestiones de órdenes de mantenimiento preventivo del edificio PDVSA La Campiña.

### **1.2.2.- Objetivos Específicos**

- Análisis de criticidad de los sistemas considerados críticos dentro de las instalaciones del edificio PDVSA La Campiña.
- Análisis de modos y efectos de fallas de los equipos que arrojen la condición de críticos como resultado del análisis de criticidad previo.
- Revisión de los programas actuales de mantenimiento de los equipos que arrojen la condición de críticos como un resultado del análisis de criticidad realizado previamente.
- Elaboración de programas de mantenimiento preventivo para los equipos que resulten críticos en el edificio PDVSA La Campiña, basados en la filosofía del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad y mediante la información obtenida a través de manuales, entrevistas con el personal del departamento de mantenimiento y de observaciones personales.
- Identificación de las necesidades de materiales y repuestos asociados a las labores de mantenimiento de los equipos críticos.

- Elaboración de historiales de fallas de los equipos del edificio PDVSA La Campiña.

### 1.3.- Alcances

- Elaboración de la tabla de criticidad general del edificio PDVSA La Campiña para la evaluación de criticidad de los siguientes sistemas del edificio:
  - ✓ Sistema de Aire Acondicionado.
  - ✓ Sistema de Ascensores.
  - ✓ Sistema de Potencia Eléctrica.
  - ✓ Sistema Contra-Incendio.
  - ✓ Sistema Sanitario.
  - ✓ Sistema de Control de Acceso.
  - ✓ Sistema de Control Automatizado.
  - ✓ Sistema de Plantas de Emergencia.
  
- Evaluación de los sistemas y subsistemas en procura de determinar los equipos más críticos:
  - ✓ Análisis funcional los equipos críticos.
  - ✓ Análisis de modos y efectos de fallas de los equipos críticos.
- Revisión de los actuales programas de mantenimiento de los equipos críticos.
- Descripción del modelo de gestión administrativa utilizado por SAP R/3 para el manejo y control de los programas de mantenimiento.

### 1.4.- Limitaciones

- La ausencia total de documentación relativa a historiales de falla y costos de mantenimiento de los equipos instalados en la edificación, con lo cual se dificulta la obtención de datos para el análisis de criticidad y para la elaboración de los análisis de modos y efectos de falla.

- La carga de data en SAP relativa a los equipos de la edificación, la configuración de los programas de mantenimiento de los mismos y la manipulación de esta data en el ambiente de carga solo puede ser realizada por personal autorizado, lo que imposibilita la simulación del modelo de gestión asociada estos equipos para efectos de la documentación en este trabajo.

## CAPÍTULO II

### MANTENIMIENTO Y CONFIABILIDAD OPERACIONAL

#### 2.1.- Mantenimiento

El mantenimiento se define como el conjunto de acciones orientadas a conservar o restablecer un sistema y/o equipo a su estado normal de operación, para cumplir un servicio determinado en condiciones económicamente favorables y de acuerdo a las normas de protección integral.

#### 2.2.- Clasificación del mantenimiento

##### 2.2.1.- Clasificación general

- **Mantenimiento predictivo:** Es un mantenimiento planificado y programado, de carácter preventivo, que se fundamenta en el análisis técnico, programas de inspección y reparación de equipos, el cual se adelanta al suceso de las fallas, es decir, es un mantenimiento que detecta las fallas potenciales con el sistema en funcionamiento. La condición operacional del equipo se determina realizando un monitoreo continuo de los parámetros claves de operación.
- **Mantenimiento preventivo:** Es aquel que consiste en una serie de actividades planificadas que se ejecutan periódicamente, con el objetivo de garantizar que los equipos cumplan con las funciones requeridas durante su ciclo de vida útil dentro del contexto operacional donde se ubican, alargar sus ciclos de vida y mejorar la eficiencia de los procesos.
- **Mantenimiento correctivo:** El mantenimiento correctivo consiste en la realización de una serie de tareas de reparación no programadas, con la finalidad de restaurar la función de un equipo cuando se verifica que el mismo no se encuentra en condiciones de seguir operando. En estos casos es necesario realizar paros imprevistos que comúnmente tienen sus orígenes en desperfectos no detectados durante las inspecciones predictivas, errores

operacionales, ausencia de tareas de mantenimiento y requerimientos de producción que generan políticas como la de “repara cuando falle”.

- **Mantenimiento de Clase Mundial:** Representa el conjunto de las mejores prácticas operacionales y de mantenimiento que aplicadas en forma coherente generan ahorros sustanciales a las empresas. Esta filosofía reúne elementos de distintos enfoques organizacionales con visión de negocio para crear un sistema armónico de alto valor práctico.

### 2.2.2.- Clasificación según el nivel de aplicación

- **Mantenimiento de primer nivel:** Está representado por actividades sencillas, generalmente recomendadas por el fabricante y que no requieren de grandes conocimientos en mantenimiento, realizadas a los equipos en su contexto operativo.
- **Mantenimiento de segundo nivel:** Corresponde a las actividades simples de mantenimiento preventivo realizadas a los equipos por el personal de mantenimiento en su contexto operativo.
- **Mantenimiento de tercer nivel:** Engloba las actividades de reemplazo, preventivas o correctivas, realizadas en el lugar de operación de los equipos por el personal de mantenimiento.
- **Mantenimiento de cuarto nivel:** Son trabajos de mantenimiento preventivo o correctivo, hechos en un taller, a equipos que por la naturaleza de la tarea a realizar deben ser retirados de su lugar de operación.
- **Mantenimiento de quinto nivel:** El mantenimiento de quinto nivel consiste en tareas de renovación o reconstrucción de componentes mayores de un equipo.

## **2.3.- Mantenimiento preventivo**

### **2.3.1.- Generalidades**

A nivel mundial las empresas que producen algún bien o servicio se han visto en la necesidad de adoptar la automatización en respuesta a la creciente competencia y a la exigencia de los mercados consumidores. Aunque la finalidad de esta tendencia es reducir costos y aumentar la competitividad de las empresas, también ha dado lugar a inversiones considerables en equipos. Para obtener precios competitivos es necesario entonces contar con equipos confiables.

Una manera de aumentar la confiabilidad de los equipos es realizar tareas adecuadas de mantenimiento. Dentro de los múltiples enfoques de éste, el mantenimiento preventivo ha tenido preferencia frente a las acciones correctivas porque éstas, en la mayoría de los casos, implican interrupciones que producen grandes daños a la producción y porque en general el costo que genera un mantenimiento de emergencia es mayor que el generado por las acciones preventivas.

El mantenimiento preventivo puede basarse en las condiciones o en datos históricos de fallas de los equipos. En la figura 2.1 se muestra una representación gráfica de la clasificación del mantenimiento preventivo. El mantenimiento basado en las condiciones se centra en la medición de parámetros que permiten detectar deterioros o degradación del equipo, siendo factible si es posible identificar estas condiciones, si existe un intervalo de inspección práctico y, si el tiempo entre la inspección y la falla es lo suficientemente grande para intentar las acciones preventivas. El mantenimiento basado en las estadísticas puede dividirse en mantenimiento basado en el tiempo y mantenimiento basado en el uso. Estos encuentran aplicación cuando la probabilidad de ocurrencia de fallas aumenta con el tiempo o el uso, respectivamente, y son técnicamente factibles si el equipo tiene una vida promedio identificable.



Fig. 2.1. Clasificación del Mantenimiento preventivo.

En líneas generales lo que se busca, al aplicar tareas de mantenimiento preventivo, es detectar con la mayor celeridad posible anomalías en el equipo y atacar dichas anomalías antes de que impacten el funcionamiento del equipo. Para ello es necesario desarrollar un programa de mantenimiento tomando en consideración las prioridades, recursos presentes y futuros, y construirlo en pasos para asegurar que los recursos necesarios estén disponibles para cuando se necesite. La figura 2.2 muestra los pasos a seguir para la elaboración de un programa de mantenimiento preventivo.

### 2.3.2.- Ventajas del mantenimiento preventivo

El mantenimiento aún cuando tiene un costo asociado y por lo general, debido a ello, tiende a ser comprendido como un factor negativo en las organizaciones, proporciona una serie de ventajas que permiten evaluar el grado de actividad y de necesidad de esta inversión. Las ventajas que se obtienen con la aplicación correcta y oportuna de un programa de mantenimiento preventivo son:

- ✓ Disminución del número de fallas y, por consiguiente, del número de horas de paradas forzadas.

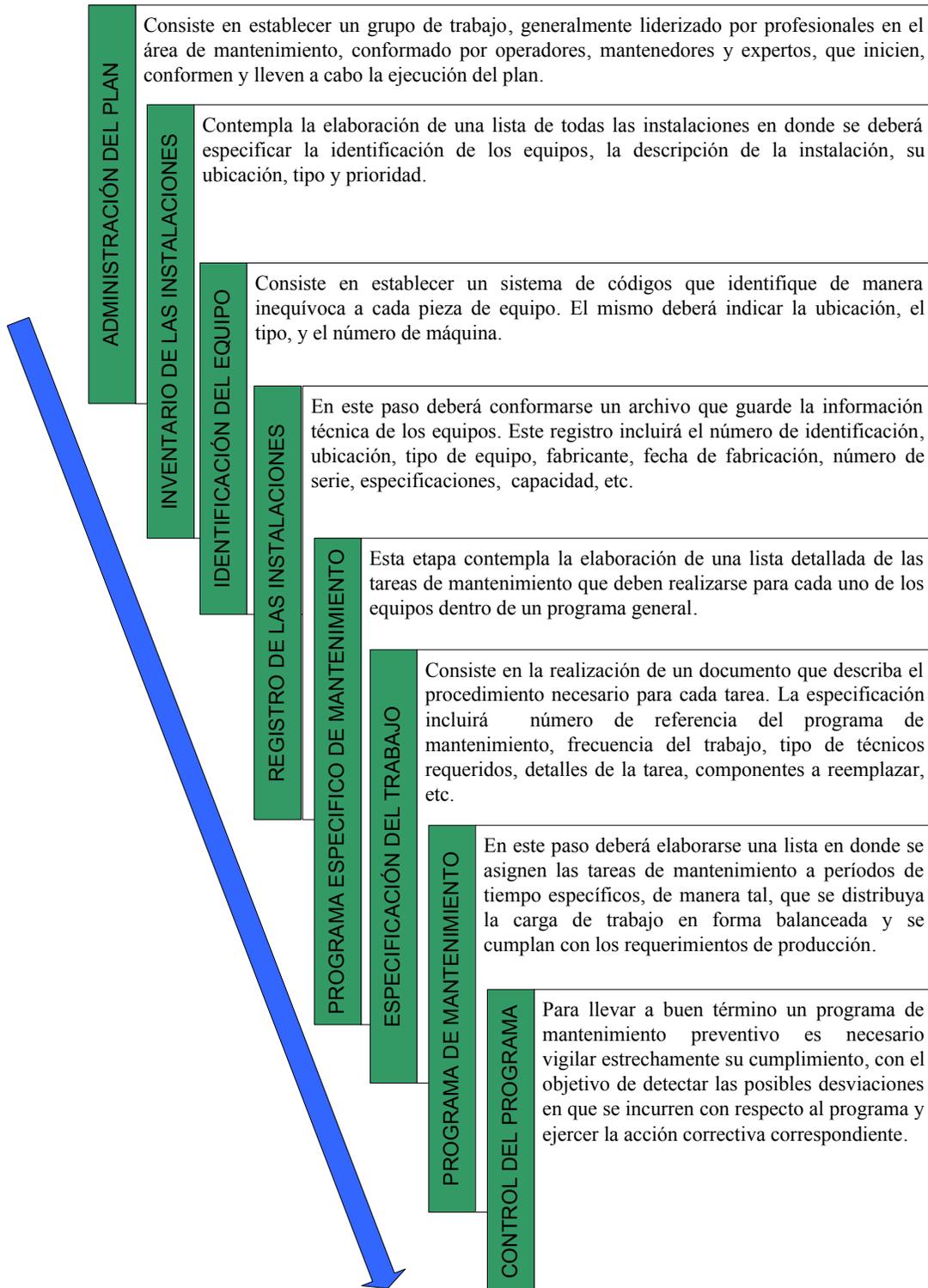


Fig. 2.2. Pasos para desarrollar un programa de mantenimiento preventivo.

- ✓ Reducción de las actividades de mantenimiento correctivo a través de la prevención generada por las acciones programadas.
- ✓ Disminución de la gravedad de las fallas que no se pueden evitar.
- ✓ Mejor conservación de los equipos permitiendo que se alcance, y que en muchos casos se prolongue, la vida útil estimada para los mismos.
- ✓ Reducción de los costos asociados al reemplazo prematuro de los equipos, como resultado de la conservación, o prolongación, de la vida útil de estos.
- ✓ Obtención de un rendimiento aceptable de los equipos durante mayor tiempo.
- ✓ Mejor organización de la gestión de mantenimiento debido a la programación de las actividades.
- ✓ Disminución de la probabilidad de ocurrencia de sucesos que atenten contra la seguridad de las personas o provoquen daños al ambiente.

#### **2.4.- Mantenimiento predictivo**

La mayoría de las fallas se producen lentamente y previamente, en algunos casos, arrojan indicios evidentes de una futura falla, indicios que pueden advertirse simplemente. En otros casos, es posible advertir la tendencia a entrar en falla de un bien, mediante el monitoreo de condición, es decir, mediante la elección, medición y seguimiento, de algunos parámetros relevantes que representan el buen funcionamiento del equipo en análisis. En otras palabras, con este método, se trata de acompañar o seguir, la evolución de las futuras fallas.

El seguimiento continuo de las variables operacionales nos permite contar con un registro de la historia de la característica en análisis, sumamente útil ante fallas repetitivas; puede programarse la reparación en algunos casos, junto con la parada programada del equipo y existen menos intervenciones de la mano de obra en

mantenimiento. Como inconveniente, debemos citar que se necesita constancia, ingenio, capacitación y conocimientos, aparatos de medición y un adecuado registro de todos los antecedentes para formar un historial.

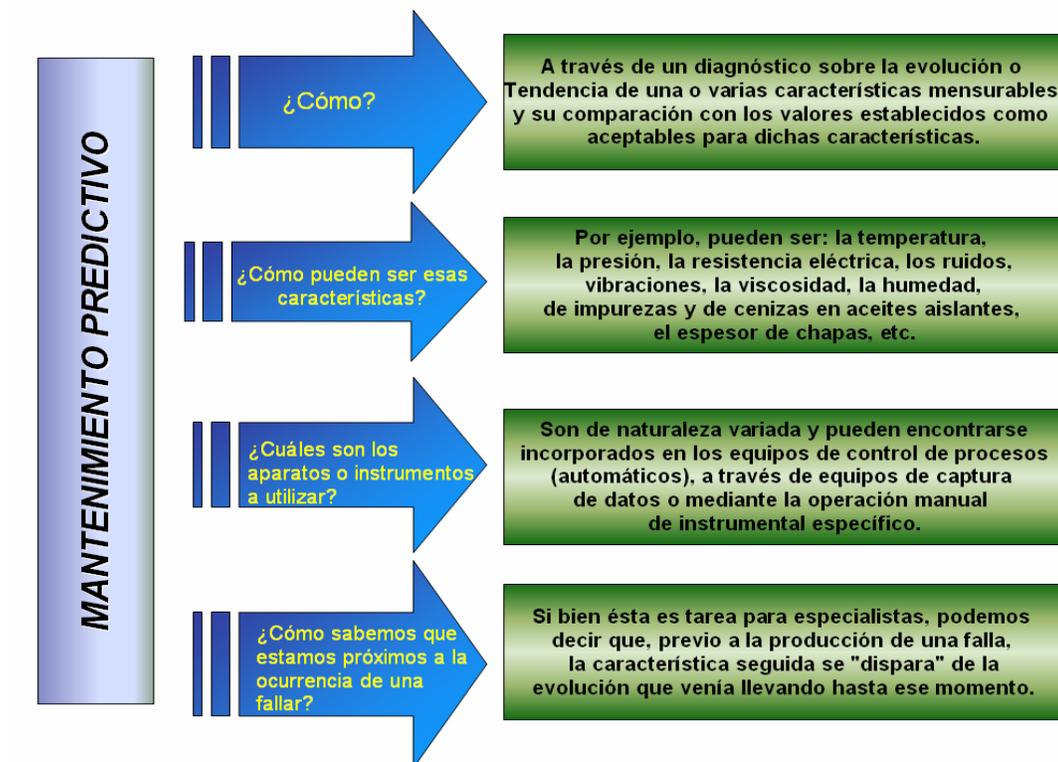


Fig. 2.3. Mantenimiento predictivo.

## 2.5.- Ciclo de mantenimiento

El ciclo de mantenimiento está conformado por cinco (5) etapas bien diferenciadas. El cumplimiento y la correcta interpretación de cada una de ellas aumenta la efectividad de cualquier programa de mantenimiento, permitiendo que se administren en forma equilibrada los recursos disponibles y proporcionando una importante retroalimentación a la concepción de nuevos programas.



Fig. 2.4. Ciclo de Mantenimiento.

### 2.5.1.- Aviso o demanda

Un sistema puede interpretarse como un ente que transforma entradas o insumos, tales como materias primas, mano de obra y procesos, en salidas. Aunque la salida principal que se busca es obtener un producto o servicio, es inevitable en muchos casos que se produzcan irregularidades en el sistema que generen demandas de tareas de mantenimiento, bien sea con la finalidad de prevenir o de corregir fallas.

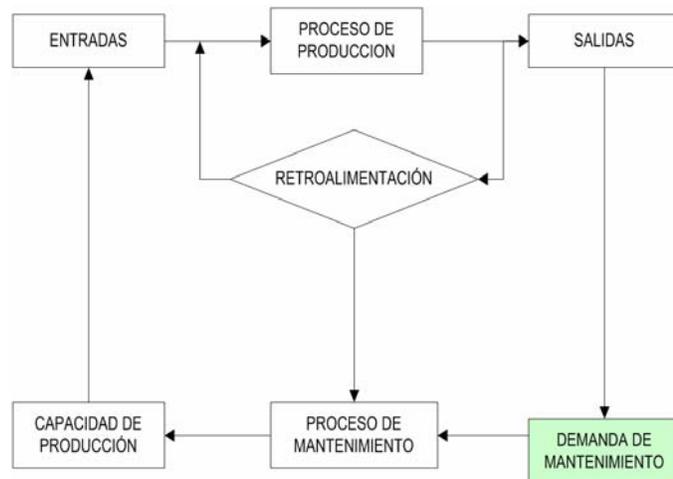


Fig. 2.5. Diagrama de generación de la demanda de un sistema.

**2.5.2.- Planificación**

La etapa de planificación consiste en definir los objetivos y las posibles restricciones que limitan el alcance de ellos, permitiendo visualizar los métodos y procedimientos que pudieran resultar útiles a la consecución de los objetivos. El establecer una secuencia de realización de los procedimientos durante la planificación permite hacer un estimado de los recursos humanos, materiales, financieros y tecnológicos necesarios, además de los tiempos de ejecución de las tareas de mantenimiento.

**2.5.3.- Organización**

La fase de organización consiste en estructurar en base a la planificación los recursos de la empresa de manera tal, que permitan establecer el funcionamiento del programa de acuerdo a lo previsto. La organización abarca la conformación de las estructuras jerárquicas del personal de la empresa estableciendo las labores y responsabilidades de cada puesto de trabajo y los perfiles del personal requerido. También implica ordenar la demanda de mantenimiento, disponer del espacio físico y de los equipos necesarios. Un buen nivel de organización permite a la empresa alcanzar una estructura eficiente y ágil, capaz de responder a los retos que plantean el logro de los objetivos dentro de los lapsos de tiempo establecidos en la planificación y con los recursos estimados en el presupuesto.

**2.5.4.- Ejecución**

La ejecución de un programa de mantenimiento contempla la puesta en acción de los recursos estimados, de la manera más cercana posible a lo establecido en la planificación, para el logro de los objetivos propuestos. En esta etapa se requiere de la acción inteligente de los miembros involucrados dentro de la gestión de mantenimiento para que la utilización de los recursos (tecnológicos, humanos, equipos, materiales, etc.), se mantenga dentro del rango establecido durante la planificación. La efectividad de la ejecución dependerá de la motivación que posea el

personal para el logro de las metas, de un nivel de comunicación que permita que la información esté disponible cuando se le requiera y de que la dirección coordine eficientemente todas las acciones a tomar.

### **2.5.5.- Control**

El control comprende una serie de acciones que permiten corregir las desviaciones que se presentan con respecto a la planificación de la gestión de mantenimiento. Llevar a cabo acciones de control implica definir las variables a controlar, establecer las medidas de las variables, los estándares de referencia, medir, comparar la medición con los estándares y corregir en caso que la desviación difiera, por exceso o por defecto, de los valores de desviación esperados. Las herramientas de la informática, tales como softwares de mantenimiento, proveen facilidades para la obtención de estos indicadores, los cuales provienen de datos técnicos-económicos arrojados por la gestión.

## **2.6.- Mantenimiento de edificios**

### **2.6.1.- Concepto del mantenimiento de edificios**

El concepto de mantenimiento ya descrito en este capítulo (sección 2.1) es aplicable a todos los tipos de instalaciones operativas que puedan existir. Desde el punto de vista de edificaciones se extrapola a las “actividades necesarias que logran mantener todos los sistemas de un edificio operando dentro de *estándares aceptables*, conservando el hábitat adecuado para la ejecución de las actividades administrativas”. The British Standard 3811 define el término *estándares aceptables* como “aquellas condiciones que sostienen la utilidad y las facilidades de funcionamiento”.

La primera intención del mantenimiento de edificios está en preservar la edificación en los niveles más cercanos al de su estado inicial (tanto como sea posible), de igual manera procura garantizar la eficiencia de los servicios internos.

Los principales propósitos del mantenimiento de edificios son:

- Mantener el valor de la inversión.
- Mantener el edificio en condiciones en las cuales pueda cumplir sus funciones.
- Mostrar una buena apariencia.

### **2.6.2.- Naturaleza del mantenimiento de edificios**

El mantenimiento de edificios comprende de tres secciones distintas, las cuales son:

- *Servicios:* Es esencial la aplicación programada de operaciones de limpieza y decoración. La frecuencia de limpieza varía según las dimensiones del edificio y las labores que ahí se ejecuten.
- *Corrección:* Son actividades que se ejecutan continuamente durante la vida útil de la edificación, con el objetivo de corregir defectos provenientes tanto del diseño de la instalación como de los parámetros operacionales.
- *Reemplazo:* El mantenimiento de edificios en ocasiones abarca tareas de renovaciones, las cuales consisten en una serie de trabajos hechos con el propósito de restaurar la estructura, servicios y equipos mediante la aplicación de trabajos mayores.

### **2.6.3.- Políticas del mantenimiento de edificios**

La formulación de políticas de mantenimiento para una propiedad específica está condicionada por los siguientes criterios:

- Análisis de la condición del edificio, su naturaleza, uso y vida estimada.
- Esquema de los programas de trabajo necesarios para poner y mantener el edificio en condiciones satisfactorias para sus ocupantes.
- Los métodos de implantación de los programas.
- Los costos anuales estimados.

Estos criterios sirven para determinar el mejor curso de las acciones de mantenimiento. Generalmente, lo primero es establecer los estándares razonables de mantenimiento para cada uno de los sistemas de la edificación, para luego estimar la frecuencia de falla de cada uno de los elementos, que generalmente depende de factores tales como el aspecto, la edad y su ubicación dentro de la instalación. Una vez realizada la acción anterior se procede a determinar la política de mantenimiento, la cual incluye generalmente los materiales y los métodos a emplear. Una vez decidida la política a emplear, se establece un programa de mantenimiento adecuado.

Parte de las políticas de mantenimiento de una edificación están enfocadas hacia el mantenimiento planificado, basado en inspecciones continuas y en una programación previa. Varios autores han dividido el mantenimiento planificado de edificios en tres clases:

- *Mantenimiento preventivo (planeado) en marcha*, en el cual las tareas pueden ser realizadas mientras los equipos están en funcionamiento.
- *Mantenimiento preventivo y correctivo planeado*, en el cual las tareas pueden ser realizadas si los equipos están fuera de servicio, pero en ausencia de falla.
- *Mantenimiento correctivo planeado*, en el cual las tareas se realizan después de una falla, pero las previsiones han sido tomadas anteriormente.

En la práctica, esto se complementa como una tendencia que consiste en esperar hasta que exista algún reporte de un servicio insuficiente o deficiente de parte de los ocupantes hacia el personal de mantenimiento.

#### **2.6.4.- Planificación, presupuesto y control de los costos de mantenimiento**

Planificar y presupuestar son dos actividades muy interrelacionadas las cuales deben proceder simultáneamente. No será posible planificar acertadamente los trabajos de mantenimiento sin conocer los costos involucrados, o presupuestar correctamente en ausencia de un programa efectivo.

La planificación proviene de las políticas de mantenimiento adoptadas, y fija los lineamientos de mantenimiento de la edificación. El presupuesto de mantenimiento debe provenir de un estudio razonado de los diversos factores involucrados en la actividad de mantenimiento, relacionados directamente con la planificación establecida. Generalmente se ha acostumbrado a estimar el presupuesto de un año mediante el presupuesto del año previo más un porcentaje adicional. No existe un estándar para presupuestar el mantenimiento, sin embargo a continuación se presentan una serie de criterios que hay considerar para elaborar un presupuesto acorde y justo a las necesidades:

- Claro entendimiento de los objetivos y de las prioridades.
- Análisis sistemático y evaluación de las necesidades y demandas de mantenimiento.
- Evitar el malgaste de recursos financieros.
- Establecer una clara distinción entre los trabajos previstos tales como pintura, limpieza, remodelaciones que sirven para mantener la operación normal de la instalación, y los trabajos no previstos o contingencias.
- Investigar las necesidades del cliente.
- Vida útil de los equipos

El control de costos se realiza mediante una auditoria continua de los gastos y de las desviaciones importantes versus del plan de las actividades involucradas que incurren en fuga de recursos. Para realizar un control financiero de las actividades de mantenimiento se establecen los siguientes criterios:

- Colocar unos estándares de funcionamiento apropiados que deben alcanzar los objetivos trazados.
- Medir continuamente el desempeño actual y compararlo con el estimado.
- Tomar acciones apropiadas cuando existan eventos que se desvíen de los indicadores establecidos.

## 2.7.- Gestión de activos de Clase Mundial

### 2.7.1.- Generalidades

La gestión de activos de Clase Mundial es una ideología que expresa una tendencia de las empresas al mejoramiento continuo. Nace como una necesidad de las mismas de mantener, o en muchos casos mejorar, su capacidad de competir, ante el peligro de ser superadas por otras empresas. Promueve la utilización y actualización de las prácticas operacionales, organizacionales y de mantenimiento que mejor resultado han obtenido a nivel mundial, ajustando dichas prácticas a las necesidades de las empresas. Reúne y toma en cuenta todos los factores que poseen relevancia en el desempeño de una buena gestión, tal como se muestra en la figura 2.6.



Fig. 2.6. Factores que conforman la gestión de activos de Clase Mundial.

Entre las características más importantes de la gestión de activos de clase mundial están:

- Promover constantemente la revisión y/o actualización de las mejores prácticas en el ámbito mundial.
- Adecuar las prácticas en función de la gente, los procesos y la tecnología.
- Buscar la motivación y satisfacción del personal y del cliente.

- Hacer énfasis en el desarrollo de estrategias para facultar a las personas en su desempeño.
  - Establecer estrategias orientadas a la integración de los diferentes entes que participan en la cadena de valor de los procesos, con visión holística del negocio.
  - Considerar fundamental la tecnología de la información como habilitador esencial para la integración de los procesos.
  - Asignar un peso específico a la planificación, como función del proceso gerencial.
- 
- Fomentar la identificación de oportunidades de mejoras, generando cambios de paradigmas en el negocio.
  - Orientar y gerenciar el cambio planificado, como objetivo estratégico a través del desarrollo y educación permanente de la gente.

Fig. 2.7. Objetivos de la gestión de Clase Mundial.

Aunque en la gestión de Clase Mundial son muchos los factores que intervienen y todos merecen ser tomados en consideración, el presente trabajo consistirá, como su título lo indica, en un estudio basado en la confiabilidad operacional, por lo cual, se hará especial énfasis en este particular.

### 2.7.2.- Gestión de Confiabilidad Operacional

La Confiabilidad Operacional se refiere a la capacidad de una instalación o sistema (proceso, tecnología y gente), para cumplir su función dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico. El concepto anterior involucra

varios parámetros de sustento para el proceso de gestión de confiabilidad (véase la figura 2.8):

- La *confiabilidad humana* que involucra la estructura organizacional de todo el personal.
- La *confiabilidad de procesos* que incluye lo referente a procedimientos, procesos y operaciones.
- La *confiabilidad de los procesos de mantenimiento* que contempla lo referente al mantenimiento de los activos, está dirigida a la efectividad y calidad del mantenimiento.
- La *confiabilidad de equipos* la cual se enfoca a la confiabilidad estructural de los equipos.

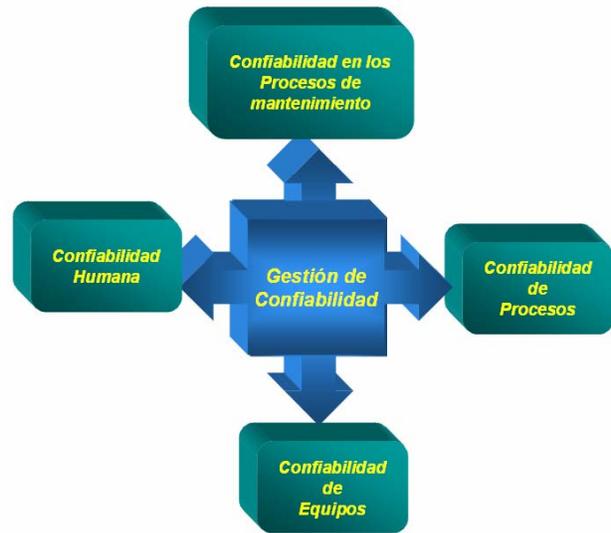


Fig. 2.8. Parámetros de Confiabilidad Operacional.

Para efectos del alcance de este trabajo, la atención se centrará en desarrollar la información concerniente a la confiabilidad de los procesos de mantenimiento, por lo cual, a continuación se describirán las técnicas más utilizadas para lograr tal fin.

### 2.7.3.- Técnicas de Confiabilidad Operacional

La confiabilidad como metodología de análisis debe soportarse en una serie de herramientas que permitan evaluar el comportamiento del componente de una forma sistemática a fin de poder determinar el nivel de operabilidad, la magnitud del riesgo y las acciones de mantenimiento necesarias para asegurar la integridad y continuidad operacional del mismo. Las herramientas en cuestión están basadas en una plataforma de cálculo de probabilidades estadísticas y ponderaciones relativas de los elementos

financieros, operacionales, históricos y de seguridad. Existe una extensa gama de herramientas de confiabilidad disponibles a nivel mundial, no obstante, a continuación serán descritas en forma breve las más exitosas empleadas por PDVSA:

- **Inspección Basada en Riesgos (I.B.R.):** Se trata de una metodología que permite determinar la probabilidad de falla en equipos y las consecuencias que ésta pudiera generar. La técnica de I.B.R. se emplea cuando: se requiere fijar y revisar frecuencias de inspección, optimizar costos de inspección, cuantificar y modificar niveles de riesgos, o mejorar la productividad y el rendimiento.
- **Análisis Causa Raíz (A.C.R.):** Dentro del marco de confiabilidad es la herramienta fundamental para determinar las causas fundamentales que generan una falla repetitiva o en su defecto dentro de un conjunto de fallas, la anomalía de mayor peso en cuanto al impacto operacional, económico y de seguridad y ambiente. Es una herramienta sistemática que se aplica con el objetivo de determinar las causas que originan las fallas, sus impactos y frecuencias de aparición. El A.C.R se aplica cuando: se presentan fallas continuamente o en procesos críticos, se necesite un análisis del proceso de diseño, de aplicación de procedimientos o de supervisión o cuando exista la necesidad de analizar diferencias organizacionales y programáticas.
- **Análisis de Costo Riesgo Beneficio (A.C.R.B):** Es una metodología que tiene como objetivo determinar la frecuencia de los intervalos óptimos de mantenimiento e inspección, de análisis de factibilidad de reemplazos, de análisis de factibilidad de inventarios y de ciclo de vida de las unidades, en base al costo que estas actividades generan.
- **Análisis de Criticidad (A.C.):** El objetivo fundamental de esta tarea es la identificación de los componentes críticos para el adecuado funcionamiento

de una instalación. La catalogación de un componente como crítico supondrá la exigencia de establecer alguna tarea eficiente de mantenimiento preventivo o predictivo que permita impedir sus posibles causas de falla. El A.C. es aplicable cuando están presentes los siguientes requerimientos: establecer líneas de acciones prioritarias en sistemas complejos, solventar problemas con pocos recursos, determinar el impacto global de sistemas, equipos y componentes, aplicar las metodologías de Confiabilidad Operacional, y crear valor. Por ser el análisis de criticidad una de las herramientas a utilizar en el presente trabajo más adelante se le describirá con algún detalle.

- **Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (M.C.C.):** Es una metodología que permite identificar las políticas de mantenimiento óptimas para garantizar el cumplimiento de los estándares requeridos por los procesos de producción. Demanda una revisión sistemática de las funciones que conforman un proceso determinado, sus entradas y salidas, las formas en que pueden dejar de cumplirse tales funciones y sus causas, las consecuencias de las fallas funcionales y las tareas de mantenimiento óptimas para cada situación.

Debido a que este trabajo consiste específicamente en la elaboración de planes de mantenimiento bajo los criterios del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, los fundamentos teóricos de esta metodología serán ampliamente tratados en el siguiente capítulo.

## CAPITULO III

### MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (MCC)

#### 3.1.- Generalidades

A diferencia del mantenimiento tradicional, cuya visión conduce normalmente a la existencia de un mantenimiento indiscriminado al no diferenciar, entre componentes críticos y no críticos para el funcionamiento de la instalación de la que forman parte, el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (Reliability Centered Maintenance de siglas RCM en inglés) tiene como filosofía el mantenimiento prioritario de los componentes y sistemas considerados como críticos para el funcionamiento de una instalación, dejando operar hasta la falla a los componentes no críticos, instante en que se procede a aplicar el adecuado mantenimiento correctivo sin generar riesgos a la operación confiable del sistema.

El MCC pone tanto énfasis en las consecuencias de las fallas como en el impacto que generan las mismas, debido a que:

- Integra una revisión de las fallas operacionales con la evaluación de aspectos de seguridad y amenazas al medio ambiente, esto hace que la seguridad y el medio ambiente sean tenidos en cuenta a la hora de tomar decisiones en materia de mantenimiento.
- Enfoca la atención en las actividades de mantenimiento que más incidencia tienen en el desempeño o funcionamiento de las instalaciones. Esto garantiza que una parte importante del presupuesto asignado a las actividades de mantenimiento sea dirigido a donde más beneficio va a generar.

Esta metodología consiste en dar respuesta a las siguientes interrogantes:

1. ¿Cuáles son las funciones y los estándares de desempeño del equipo?
2. ¿De qué forma puede fallar el equipo?

3. ¿Cuáles son las posibles causas de cada falla?
4. ¿Qué ocurre al originarse cada falla?
5. ¿Cuál es el impacto de cada falla?
6. ¿Qué debe hacerse para prevenir cada falla?
7. ¿Qué sucede si no se pueden prevenir las fallas y que acciones deben realizarse?

Para dar respuestas a estas preguntas se requiere de la formación de un equipo multidisciplinario con personal de operaciones, mantenimiento, procesos, supervisión, etc.; además es vital contar con la información proporcionada por los expertos en procesos, en MCC, y los fabricantes, etc.

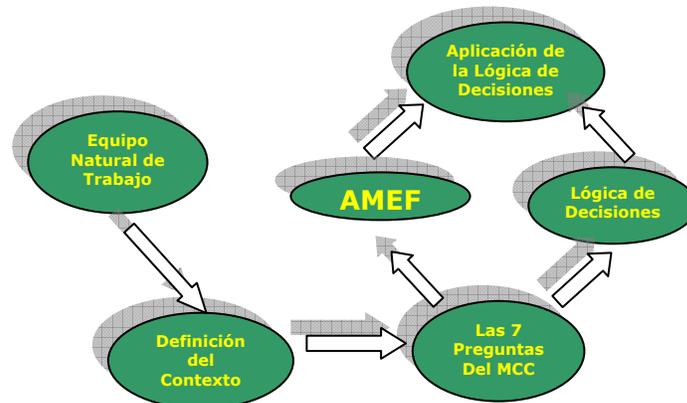


Fig. 3.1. Pasos del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.

### 3.2.- Conformación del grupo de trabajo

El equipo de trabajo establecido debe incluir personas de las funciones de mantenimiento, operación, especialistas en ingeniería y en otras áreas, al igual que otros integrantes que serán incluidos de acuerdo a las necesidades, y un facilitador especialista en MCC. Este equipo define y clasifica los objetivos, el alcance del análisis, los requerimientos y criterios de aceptación con respecto a la seguridad y protección del medio ambiente. También buscará desarrollar un sistema de gestión de mantenimiento flexible que se adapte a las necesidades reales de mantenimiento de la

organización, tomando en cuenta la seguridad personal, el ambiente, las operaciones y la razón costo / beneficio.



Fig. 3.2. Equipo de trabajo del MCC.

### 3.3.- Selección del sistema

Para la aplicación del MCC hay que definir los elementos receptores de las acciones, para ello se consideran dos preguntas:

- ¿Para cuál de los sistemas el análisis es beneficioso, comparado con la planificación tradicional?
- ¿A qué nivel de: planta, sistema, subsistemas, etc. debe ser conducida la ejecución del MCC?

Toda instalación puede dividirse en la siguiente serie de grupos constitutivos:

- *Sistemas*: es una agrupación de subsistemas que actúan conjuntamente para llevar a cabo una acción primaria en la planta.
- *Subsistemas*: es una agrupación de equipos que realizan una etapa del proceso que está siendo ejecutado en el sistema.
- *Equipos*: esta agrupación es una división de un subsistema que reúne elementos que tienen un propósito en particular y cuyas funciones son más específicas.

- *Componentes:* son los elementos que integran al equipo o la máquina.

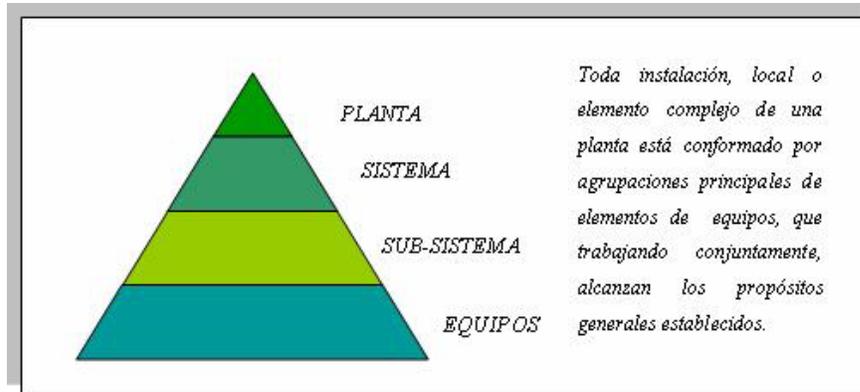


Fig. 3.3. Distribución de una instalación.

### 3.4.-Diagrama funcional del sistema

A continuación es necesario definir e identificar las funciones de los sistemas y equipos que lo conforman, de manera de dar respuesta a la primera pregunta que plantea la metodología del MCC. Para el análisis de los sistemas seleccionados deben considerarse los siguientes aspectos:

- Identificar y describir las funciones de los sistemas y el criterio de ejecución.
- Describir los requerimientos necesarios para operación del sistema y sus productos.

Una vez realizadas las acciones anteriores los resultados arrojados se pueden visualizar en un diagrama Entrada – Proceso – Salida (EPS).

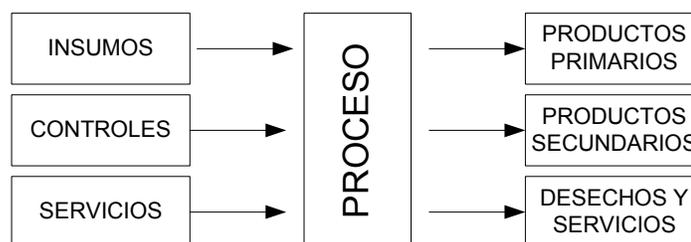


Fig. 3.4. Diagrama Entrada – Proceso – Salida.

### 3.5.- Análisis de criticidad

El análisis de criticidad es una herramienta que proporciona al MCC un punto de partida permitiéndole jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos en función de su impacto global, con el propósito de facilitar la toma de decisiones.

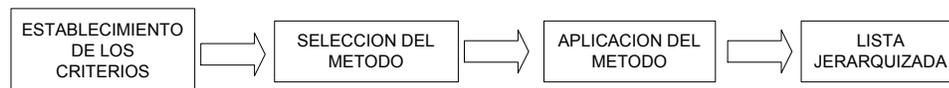


Fig. 3.5. Modelo básico de criticidad.

En un análisis de criticidad típico se evalúan los siguientes criterios:

- *Impacto en Seguridad, Higiene y Ambiente (ISHA)*: Relacionado con los eventos que violen normativas ambientales o que afecten la integridad de los trabajadores.
- *Impacto Operacional (IO)*: Relacionado con el nivel de producción y/o operación que se ve afectado a causa de la falla.
- *Flexibilidad Operacional (FO)*: Relacionado con la presencia de otras alternativas para suplir la ausencia de un equipo por causa de una falla.
- *Costos de Mantenimiento (CM)*: Relacionado con los gastos necesarios en la realización de las labores de mantenimiento.
- *Frecuencia de fallas (FF)*: Son las veces que falla un equipo ó sistema en un determinado intervalo de tiempo.

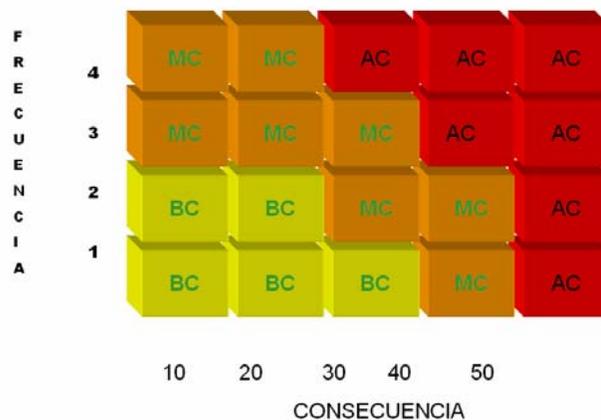
A partir de los criterios antes expuestos se construye una tabla para la evaluación de la criticidad de los sistemas y/o equipos, similar a la tabla modelo 3.1, en la cual existe una ponderación para cada situación dentro de cada criterio.

$Criticidad\ Total = Frecuencia\ de\ falla \times Consecuencia$   
 $Consecuencia = ((Impacto\ Operacional \times Flexibilidad) + Costo\ de\ Mito + Impacto\ SHA)$

<b>Frecuencias de Fallas (FF)</b>		<b>Costo de Mantenimiento (CM)</b>	
Pobre: Mayor a 5 fallas/mes	4	Mayor o igual a Bs. XX	2
Promedio: 3 – 5 fallas/mes	3	Menor a Bs. XX	1
Buena: 1-2 fallas/mes	2		
Excelente: menor a 1 falla/mes	1		
<b>Impacto Operacional (IO)</b>		<b>Impacto en Seguridad, Higiene y Ambiente (ISAH)</b>	
Parada inmediata de los procesos	10	Afecta la seguridad humana tanto externa como interna.	8
Impacto en niveles de producción y calidad	8		
Parada del sistema y efectos en otros	6	Afecta al ambiente y la instalaciones	7
Costos operacionales mientras no este disponible.	4	Afecta a las instalaciones con daños severos	5
Sin efectos en producción y operación.	2	Provoca daños menores (Ambiente/Seguridad)	3
<b>Flexibilidad Operacional (FO)</b>		No provoca daño a nada ni a nadie	1
Ausencia de respaldo	2		
Hay respaldo	1		

Tabla 3.1. Tabla modelo para la evaluación de la criticidad.

Mediante la aplicación de la formula correspondiente se obtienen los puntajes de criticidad para cada sistema y/o equipo, siendo localizados dentro una matriz de criticidad obtenida de estudio anteriores, o comparados entre sí para determinar los sistemas y/o equipos más críticos.



La matriz de criticidad permite, a partir de la obtención de la criticidad total, catalogar los sistemas según su nivel de criticidad. Para cada sistema en estudio será necesario construir esta matriz de acuerdo a las referencias que existan

Tabla 3.2. Matriz de criticidad.

### 3.6.- 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 y la forma en la que está se manifiesta. La ventaja de este proceso es la capacidad que aporta para considerar las posibilidades de ocurrencia de las fallas que se han presentado en la práctica, para así poder crear medidas preventivas y reducir los efectos de tales fallas.

El AMEF permite:

1.- Responder tres preguntas básicas del MCC:

- *¿De qué forma puede fallar el equipo?*
- *¿Cuáles son las causas posibles de cada falla?*
- *¿Qué ocurre al originarse cada falla?*

2.- Realizar un análisis de confiabilidad, generando suficientes datos sobre causas y frecuencias de falla.

3.- Obtener una profunda visión desde el sistema hasta el componente.

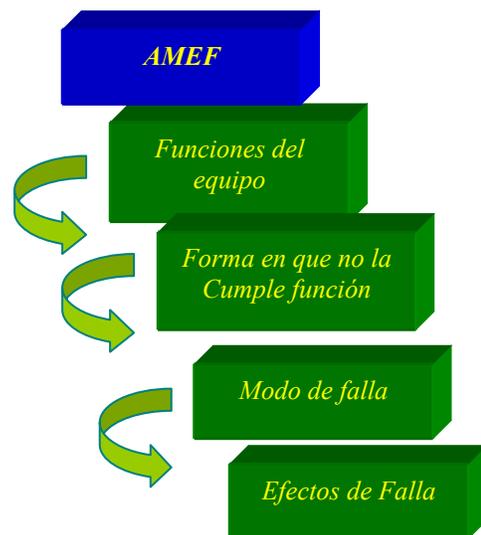


Fig. 3.6. Pasos del AMEF.

#### 3.6.1.- Requerimientos y normas de operación

Consiste en examinar todas las posibles funciones del equipo estableciendo los estándares de desempeño del mismo, logrando de esta manera especificar claramente lo que se desea con la operación del equipo en particular. El conocimiento de planos, flujogramas y esquemas ayudan a conocer las variables del proceso.

Las funciones se clasifican de la siguiente manera:

- *Funciones primarias:* son aquellas para las cuales fue diseñado el equipo; qué se necesita que haga el equipo y de que debe ser capaz.

- *Funciones subsidiarias*: son los medios por los cuales se alcanzan los propósitos primarios del sistema.
- *Funciones secundarias*: son todas aquellas funciones ejecutadas por el sistema como un proceso continuo mientras se llevan a cabo las funciones primarias.
- *Funciones de protección*: son funciones cuya finalidad es prevenir o minimizar las consecuencias de algunas fallas.
- *Funciones de control*: son funciones cuyo propósito es controlar aquellos elementos de equipos que funcionan continuamente para evitar que el proceso falle de alguna forma.

### **3.6.2.- Especificación de la manera de falla de un equipo**

Es necesario identificar bajo que condiciones el equipo o componente no logra satisfacer los estándares de operación requeridos.

### **3.6.3.- Modos de Falla**

Los modos de falla son las razones físicas de las fallas funcionales. Son las condiciones que se presentan como deterioro del equipo o sistema, y que obligan a que no se cumplan con las tareas.

Las causas de cualquier falla pueden ubicarse en una de estas categorías: defectos de diseño, defectos de materiales, defectos de manufactura, defecto en el ensamblaje, imprevisiones en las condiciones de servicio, mantenimiento deficiente y malas prácticas de operación

### **3.6.4.- Efectos de Falla**

Es un registro del diagnóstico emitido para una determinada causa de falla que debe ser descrito con el mayor detalle posible, de tal forma que contribuya a la selección de la tarea de mantenimiento correspondiente.

Sistema:	Grupo:	Colaboradores:	Hoja de
Equipo:	TAG	Observaciones:	Fecha
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFFECTOS DE LA FALLA

*En la hoja de reporte de los análisis de modos y efectos de fallas se registran las maneras en las cuales el sistema no cumple las funciones esperadas, para luego definir los modos de la falla y los efectos que estas producen.*

Tabla 3.3. Hoja de reporte del AMEF.

#### 3.6.4.1.- Clasificación de las fallas

El MCC clasifica las fallas en cuatro categorías de consecuencias:

- **Fallas de consecuencias no evidentes o de falla oculta (DO):** Son fallas que no son evidentes y no tienen impacto directo, pero exponen a la instalación a otras fallas serias, en ocasiones catastróficas, y requieren que se presente otra falla para que todas las consecuencias salgan a relucir.
- **Fallas de consecuencias en la seguridad y el medio ambiente (SE):** Una falla tiene consecuencias sobre la seguridad si puede afectar físicamente a alguien, y las tiene sobre el medio ambiente si infringe las normas gubernamentales relacionadas con el medio ambiente.
- **Fallas de consecuencias operacionales (OP):** Una falla tiene consecuencias operacionales si afecta directamente la producción o la generación de servicios (capacidad, calidad del producto, servicio al cliente o costos industriales en adición al costo directo de la reparación).

- **Fallas de consecuencias no operacionales (NOP):** Son fallas evidentes que no afectan ni a la seguridad ni a la producción, por lo que el único gasto directo es el de la reparación.

### 3.7.- Árbol lógico de decisión

El árbol lógico de decisión es un proceso sistemático utilizado para la selección de la estrategia de mantenimiento más adecuada para prevenir la causa que provoca la aparición de un determinado modo de falla, correspondiente a un componente del sistema objeto del análisis. El resultado de esta tarea será el conjunto de actividades de mantenimiento recomendadas para cada equipo. La figura 3.7. muestra la secuencia del árbol lógico de decisión.

### 3.8.- Tareas de mantenimiento.

A la hora de decidir que debe hacerse para prevenir la ocurrencia de falla en particular:

- *Lubricación:* Consiste en establecer un programa de actividades de lubricación.
- *Mantenimiento basado en el tiempo:* Consiste en aplicar una serie de tareas preventivas cada cierto ciclo de tiempo.
- *Mantenimiento basado en la condición:* Se fundamenta en aplicar una serie de tareas preventivas según la condición de los parámetros operacionales. Radica en inspeccionar para determinar si la falla se presentará en caso de continuar el uso. Este tipo de tarea busca responder la sexta pregunta del M.C.C, la cual dice: *¿Que debe hacerse para prevenir cada falla funcional?*
- *Pesquisa de Falla:* Consiste en inspeccionar o probar los elementos para determinar si han fallado sin afectar la operación de la planta.
- *Rediseño:* Son cambios a las características físicas, geométricas o de materiales del equipo.

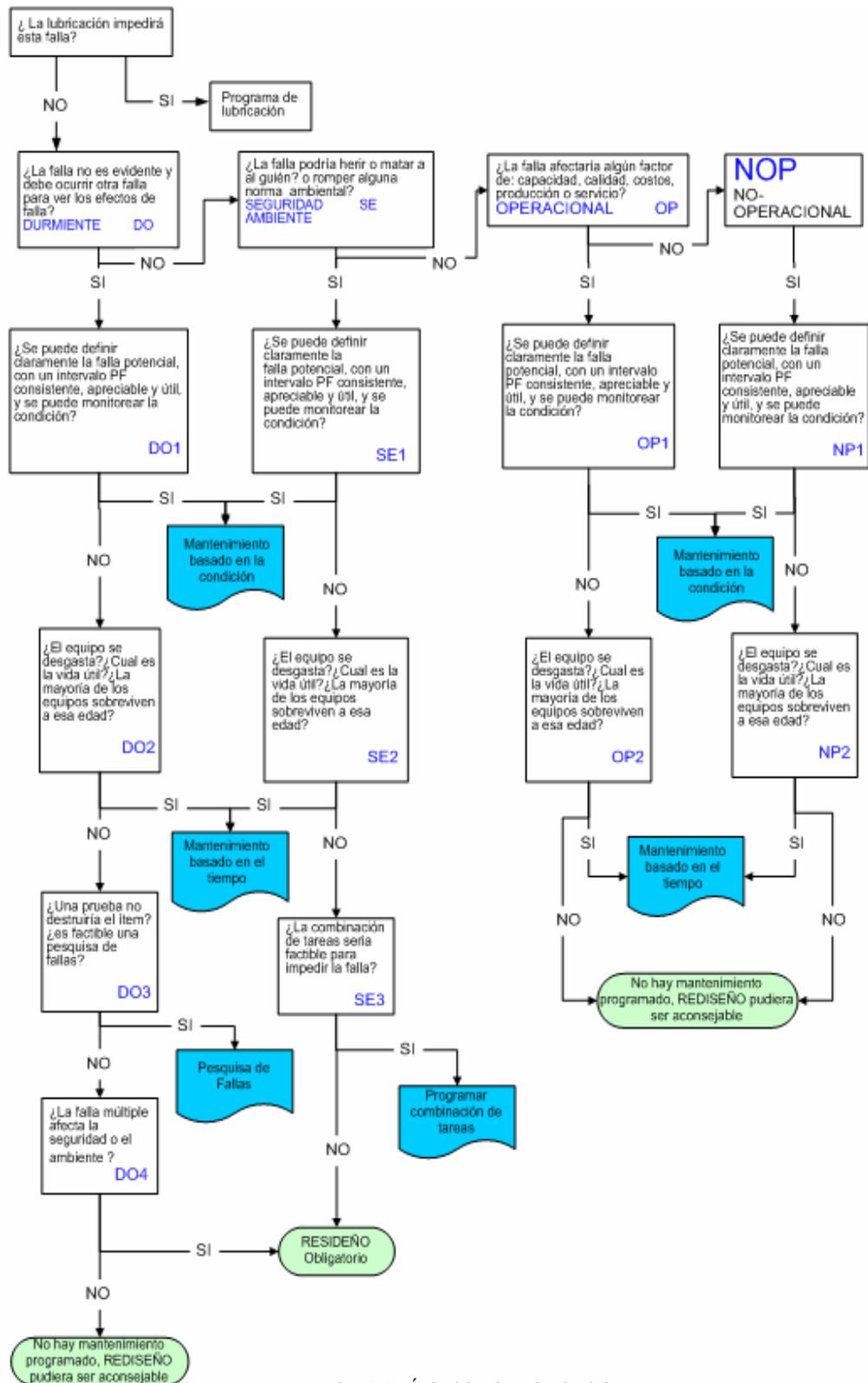


Fig. 3.7. Árbol lógico de decisión.

### 3.9.- Análisis y comparación de las estrategias de mantenimiento

El criterio de la selección de las tareas de mantenimiento usadas en el MCC, tiene dos requisitos:

- *La aplicabilidad:* Un programa de mantenimiento es aplicable, cuando este puede eliminar la falla, o reducir la probabilidad de ocurrencia hasta un nivel aceptable, reduciendo el impacto de las fallas.
- *La efectividad:* Significa que el costo de las tareas de mantenimiento es menor que los costos de las fallas.

Una vez seleccionadas las actividades de mantenimiento consideradas más eficientes para los diferentes componentes analizados, se establecen las recomendaciones finales del estudio MCC, para luego llevar a cabo su implantación. En primer lugar, se efectúa la comparación de las tareas de mantenimiento vigentes en la instalación con las recomendaciones del análisis MCC. El resultado de esta actividad es el conjunto final de tareas de mantenimiento que se propone aplicar. Dichas tareas finales de mantenimiento surgen de aplicar los siguientes criterios:

- Si una tarea de mantenimiento recomendada por el estudio MCC no se está aplicando, se propondrá su incorporación al plan de mantenimiento.
- Si una tarea vigente de mantenimiento en la instalación coincide con una tarea recomendada por el estudio MCC, se propondrá su retención.
- Si la frecuencia de una tarea vigente de mantenimiento en la instalación no coincide con la de una tarea recomendada por el estudio MCC con el mismo contenido, se propondrá su modificación.

### 3.10.- Registro de la selección de tareas

Una vez concluida la aplicación del algoritmo lógico de decisión y arrojadas las tareas, estas se registran en la *planilla de registro de tareas*.

Sistema:			Grupo:			Colaboradores:			Hoja de						
Equipo:			TAG			Observaciones:			Fecha						
Numero de Referencia			Evaluación de Consecuencias				Referencia de las Tareas								
F	FF	MF	O	SE	OP	NOP	LUB	O1 SE1 OP1 NOP1	O2 SE2 OP2 NOP2	O3 SE3 OP3 NOP3	O4 SE4 OP4	TAREA PROPUESTA		Intervalo Inicial	Realizado por

Tabla 3.4. Planilla de registro de la selección de tareas. Las tres primeras columnas verticales se titulan F, FF, MF, las cuales significan Función, Falla Funcional y Modo de Falla, respectivamente. En estas columnas se denotan los códigos numéricos de identificación proveniente del AMEF. En las cuatro siguientes debe anotarse una N o una S para indicar las respuestas a las preguntas que identifican las consecuencias de falla. En las siguientes columnas se registran las respuestas a las preguntas que determinan la tarea a ser ejecutada. En las columnas finales se redactan las acciones, así como el intervalo de aplicación y por quien debe ser realizada.

Las tareas de mantenimiento después de ser redactadas deben ser analizadas para determinar: el tipo y la cantidad de recursos que se requieren para ejecutarlas, los espacios requeridos para realizar las tareas y el tiempo propuesto para llevarlas a cabo.

### 3.10.1.- Planificación de programas

Los programas pueden clasificarse en dos clases:

- *Programas de baja frecuencia* en los cuales la realización de las tareas no es muy frecuente por lo cual los procedimientos deben ser definidos detalladamente cada vez que se planifican.
- *Programas de alta frecuencia* en los cuales la ejecución de las tareas es casi rutinaria.

Los patrones de falla de cada equipo son una guía para establecer las frecuencias de aplicación de las tareas de mantenimiento. Según el tipo de equipo existirá un patrón de probabilidad de falla ajustado al tiempo de vida del mismo, con lo cual se puede estimar la tendencia a la ocurrencia de fallas, y por consiguiente, el grado de necesidad de aplicar actividades preventivas.

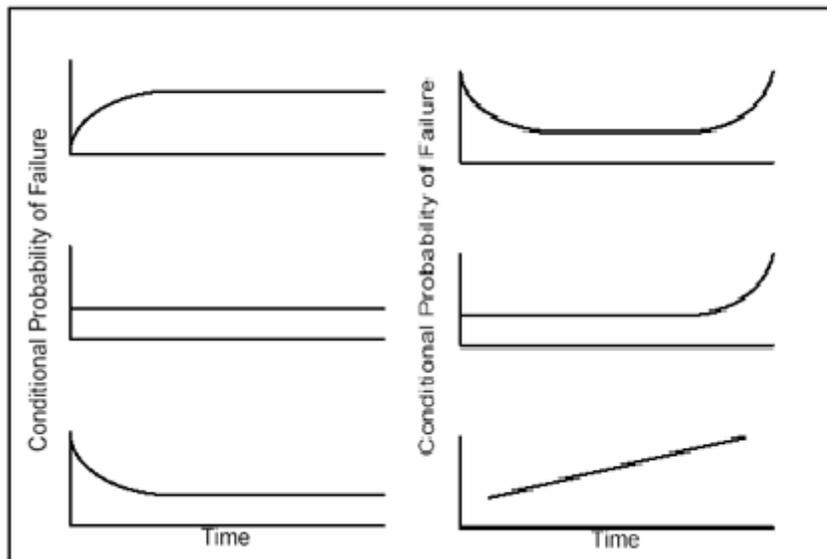


Fig. 3.8. Patrones de fallas.

### 3.11.- Programa de mantenimiento

Es el conjunto de tareas de mantenimiento seleccionadas y dirigidas a proteger la función de un activo, estableciendo una frecuencia de ejecución de las mismas y el personal destinado a realizarlas. Se pueden establecer dos enfoques de programa de mantenimiento, a saber:

- *Programa estratégico:* es el programa corporativo o divisional que consolida las instalaciones y/o equipos que serán sometidos a mantenimiento mayor en un periodo determinado y que determina el nivel de inversión y de recursos que se requiere para ejecutar dicho programa.

- *Programa operativo*: es el programa por medio del cual se definen y establecen todos los parámetros de cómo hacer el trabajo, es decir, se relacionan con el establecimiento de objetivos específicos, medibles y alcanzables que las divisiones, los departamentos, los equipos de trabajo y las personas dentro de una organización deben lograr comúnmente a corto plazo y en forma concreta.

Los programas operativos se emplean como instrumento de implementación a corto plazo para la consecución de los objetivos de cada una de las acciones que conforman los planes estratégicos que por sí solos no pueden garantizar el éxito de su ejecución.

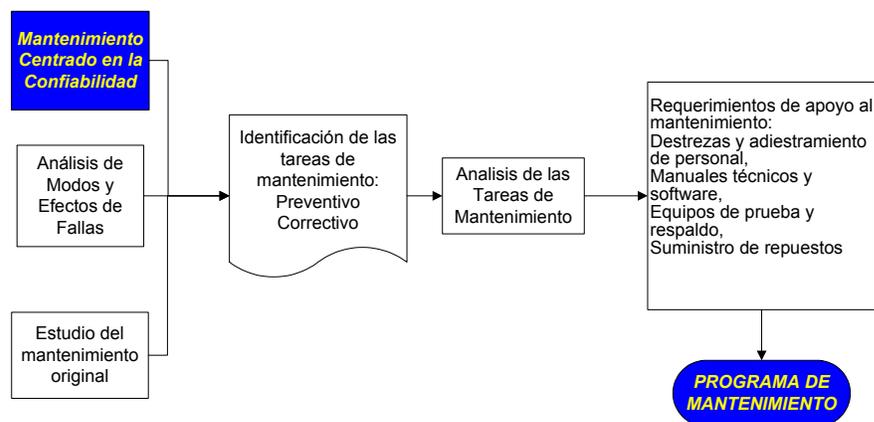


Fig. 3.9. Generación de un programa de mantenimiento bajo la filosofía del MCC.

### 3.12.- Beneficios de la aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad

La correcta aplicación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad genera los siguientes beneficios:

1.- La mejora de los rendimientos operativos, ya que:

- ✓ Hace un mayor énfasis en el mantenimiento de los elementos y componentes críticos.

- ✓ Realiza diagnósticos rápidos de las fallas de equipos mediante la referencia a los modos de falla relacionados con su(s) función(es) y a los análisis de sus efectos.
- ✓ Genera intervalos más largos entre las revisiones.
- ✓ Genera listas de trabajos de interrupción más cortas, que llevan a paradas de menor duración, con mayor facilidad de solución y mucho menos costosas.
- ✓ Produce menos problemas de “desgaste de inicio” luego de las interrupciones, debido a que se eliminan las revisiones innecesarias.
- ✓ Se extiende el período de vida útil de los equipos.
- ✓ Si se aplica para desarrollar un nuevo sistema de mantenimiento preventivo en la empresa, el resultado será que la carga de trabajo programada sea mucho menor que si el sistema se hubiera desarrollado por métodos convencionales.

2.- La existencia de mayor seguridad y protección del entorno, ya que:

- ✓ Mejora el mantenimiento de los dispositivos de seguridad existentes.
- ✓ Conlleva a la revisión sistemática de las consecuencias en la seguridad y el ambiente de cada falla antes de considerar la falla operacional.

3.- Mayor control de los costos de mantenimiento, debido a:

- ✓ La continúa prevención o eliminación de fallas costosas.
- ✓ La menor necesidad de emplear personal externo.

4.- Produce una amplia base de datos de las gestiones de mantenimiento, lo que motiva:

- ✓ La obtención de un conocimiento general profundo de la planta en cuanto a su ámbito operacional.
- ✓ La realización de planos y manuales más exactos.

- ✓ La reducción de los malos efectos de la rotación del personal, notables con la pérdida consiguiente de su experiencia y competencia.
- ✓ Mayor seguimiento a las desviaciones de las variables críticas.

5.- Mayor motivación de las personas, referente a:

- ✓ La solución de los problemas que se realiza en forma compartida, lo que genera mayores probabilidades de éxito en su aplicación.
- ✓ La mejora de las capacidades del personal de la instalación para trabajar en equipo.
- ✓ Un planteamiento altamente estructurado del grupo hacia el análisis de los problemas del mantenimiento y a la toma de decisiones.

## CAPITULO IV

### DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DEL EDIFICIO PDVSA LA CAMPIÑA

#### 4.1.- Descripción general.

El edificio PDVSA La Campiña se encuentra ubicado en la ciudad de Caracas, en el municipio Libertador, dentro de los límites de la parroquia El Recreo, Av. Libertador cruce con calle el Empalme, Urbanización La Campiña.

El edificio está conformado por un conjunto de dos torres de doce pisos y un penthouse cada una, adicionalmente las dos torres comparten la planta baja, la mezzanina, un semisótano y tres sótanos. En gran parte de su vida útil fue sede de **Corpoven**, y desde el año 1999 de **Petróleos de Venezuela, S.A.** Actualmente la *Torre Oeste* es la sede del **Ministerio de Energía y Minas**, y en la *Torre Este* es donde se ubica el centro de las actividades administrativas en la capital de **Petróleos de Venezuela, S.A.**



Fig. 4.1. Vista frontal de la torre este del edificio PDVSA La Campiña.

El edificio PDVSA La Campiña posee la siguiente distribución:

- Área de construcción: El terreno donde está asentada la construcción tiene una superficie de 18000 m<sup>2</sup> y el área de construcción es de 15000 m<sup>2</sup> distribuida en área de sótanos, áreas recreacionales y área de oficinas.
- Áreas de oficinas: Están distribuidas en las Torres Este (Petróleos de Venezuela, S.A.) y Oeste (Ministerio de Energía y Minas), en los doce pisos y el penthouse de cada una, en la mezzanina y en semisótano. Estas

edificaciones conjuntamente sirven de lugar laboral a aproximadamente 1600 trabajadores.

- Áreas recreacionales: Comprendidas por la plaza aérea en planta baja, en la terraza y el auditorio (ambos ubicados en el piso 1).
- Áreas de sótanos: Un semisótano y tres sótanos para estacionamientos, depósitos y otros servicios.
- Áreas de estacionamientos: Con capacidad para 158 vehículos, en un área total de 8.023 m<sup>2</sup> (incluyendo la vialidad para la circulación).

Aparte de contar con los servicios básicos, el edificio PDVSA La Campiña posee una serie adicional de servicios que lo convierten en un complejo integrado con numerosas facilidades a la mano del personal que ahí labora, favoreciendo notablemente la formación de un agradable ambiente de trabajo. Estos servicios son los siguientes:

- Bancos: Banco Mercantil en mezzanina, y Banco Provincial en semisótano.
- Telecajeros: Banco Mercantil, UniBanca, Banco Occidental de Descuento y Banco Industrial en Mezzanina, y Banco Provincial en semisótano.
- Servicios Médicos: Laboratorios y consultorios en mezzanina.
- Comedor en planta baja.
- Cafetín en la plaza aérea.
- Espacios deportivos: Gimnasio en mezzanina, una cancha de usos múltiples y una cancha de squat, ambas adyacentes a la plaza aérea.
- Centro de Información Técnica (C.I.T.) en mezzanina.
- Agencia de viajes, seguro de vehículos, reservación de vuelos y hoteles.

El Edificio PDVSA La Campiña cuenta con los siguientes sistemas:

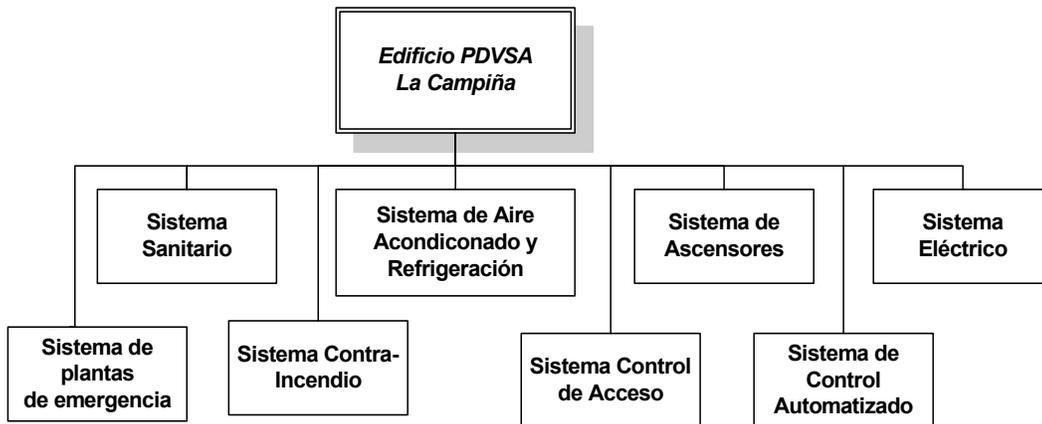


Fig. 4.2. Sistemas que conforman el edificio PDVSA La Campiña.

#### 4.2.- Descripción del sistema de aire acondicionado, refrigeración y ventilación forzada.

El sistema de aire acondicionado, refrigeración y ventilación forzada operativo dentro de las instalaciones del edificio contempla la siguiente estructura:

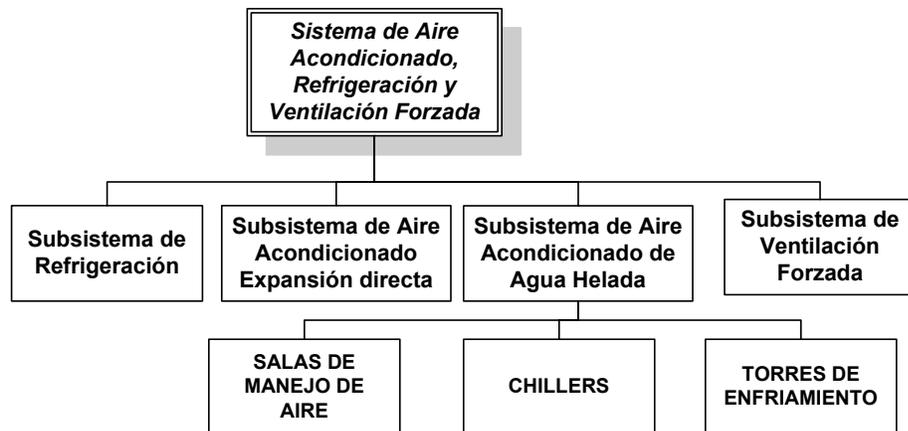


Fig. 4.3. Estructura del sistema de aire acondicionado, refrigeración y ventilación forzada.

El **subsistema de aire acondicionado central de agua helada** contiene un conjunto de salas de manejo de aire y unidades de manejo de aire para las áreas más amplias y de uso variado como lo son planta baja, mezzanine, semisótano y las áreas de oficinas. El sistema de generación de agua helada esta ubicado en el sótano 2 y consta de cinco chillers conectados en paralelo, con cuatro bombas de agua helada, cuatro bombas de condensación, una red de tuberías de distribución y sus demás accesorios; y tres torres de enfriamiento de agua las cuales están localizadas en la planta baja.

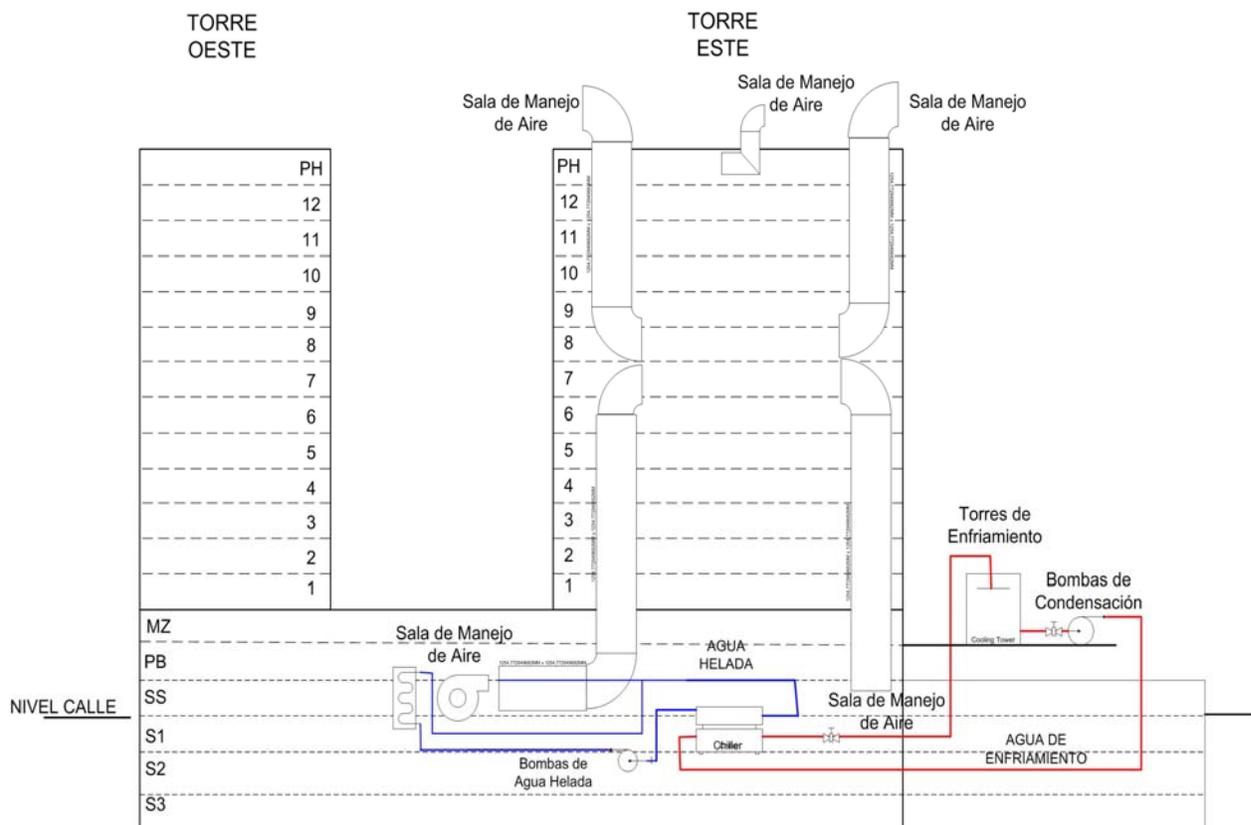


Fig. 4.4. Ubicación de los equipos del subsistema de aire acondicionado central de agua helada.



Fig. 4.5. Equipos que conforman el subsistema de aire acondicionado central de agua helada. Fotos superiores, de izquierda a derecha: bombas de condensación, torre de enfriamiento, ventilador de la sala de manejo de aire. Fotos inferiores, de izquierda a derecha: chiller, bomba de agua helada, filtros de la sala de manejo de aire.

El **subsistema de aire acondicionado de expansión directa** comprende una serie de equipos para abastecer de aire acondicionado a espacios cerrados y que no estén contemplados dentro del diseño del subsistema de agua helada. Tales equipos son: splits, compactos, fancoils y equipos de ventana. Las capacidades encontradas de los equipos instalados oscilan entre 3 y 25 toneladas de refrigeración.

El **subsistema de ventilación forzada** está provisto de una serie de ventiladores con su sistema de ductos y rejillas de forma tal que todas aquellas áreas que no dispongan de ventilación natural sean ventiladas en forma forzada y cumpliendo con las normas sanitarias nacionales. Este subsistema abarca todos los sanitarios de la edificación, los depósitos, las áreas de estacionamiento y de circulación vehicular ubicadas en los sótanos. Consta de ventiladores venaxiales, centrífugos, helicoidales y de tipo hongo, siendo la capacidad máxima de los motores de accionamiento igual a 22 HP.



Fig. 4.6. Equipo del subsistema de ventilación forzada. Ventilador axial para la extracción de aire en el estacionamiento.

El **subsistema de refrigeración** contiene equipos que permiten la conservación de los alimentos a ser empleados en las áreas de cocina. Comprende cavas de conservación, cavas de congelación, neveras domésticas, neveras tipo vitrina y un fabricante de hielo.

<i>EQUIPOS</i>	<i>CANTIDADES POR EQUIPOS</i>
Equipos de ventana	25
Cavas	12
Torres de enfriamientos	3
Tanques de expansión	3
Salas de manejo de aire	10
Unidades de manejo de aire	51
Extractores de aire	37
Chillers	5
Bomba dosificadora	1
Bomba de agua helada	4
Bomba de condensación	4
Cajas de volumen	112
Compactas	19
Inyectores	13
Fancoils	19
Splits	79
Filtros	2
Fabricador de hielo	1
Sistema de trasegado	1
<b>TOTAL EQUIPOS</b>	<b>405</b>

Tabla 4.1. Cantidades de equipos de aire acondicionado, refrigeración y ventilación forzada.

### 4.3.- Descripción del sistema de potencia eléctrica

La edificación cuenta con un sistema de potencia eléctrica alimentado por la Electricidad de Caracas y conformado por 5 transformadores de 2000 KVA c/u, conectados en paralelo para dar una capacidad total de 10000 KVA.

El sistema de distribución en principio consta de 2 subestaciones eléctricas aguas abajo de los transformadores, y de diez tableros primarios de distribución a 480 Volts cuyas capacidades van desde 1600 Amp hasta 3 x 3200 Amp (tablero principal). La subestación N° 1 agrupa 3 transformadores y posteriormente 5 tableros que controlan 5 funciones distintas; la subestación N° 2 agrupa los otros 2 transformadores y el resto de los 5 tableros. Las figuras 4.7.a y 4.7.b muestran la distribución de carga para cada subestación eléctrica.

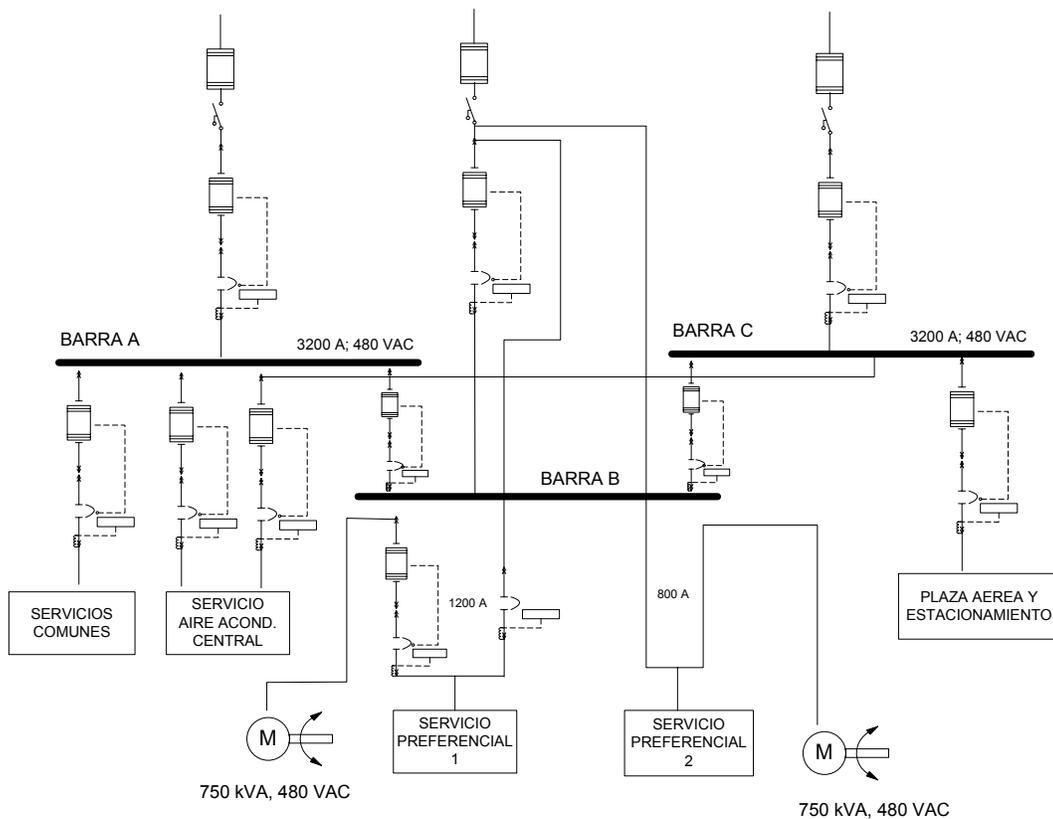


Fig. 4.7.a. Diagrama unifilar de la subestación N° 1.

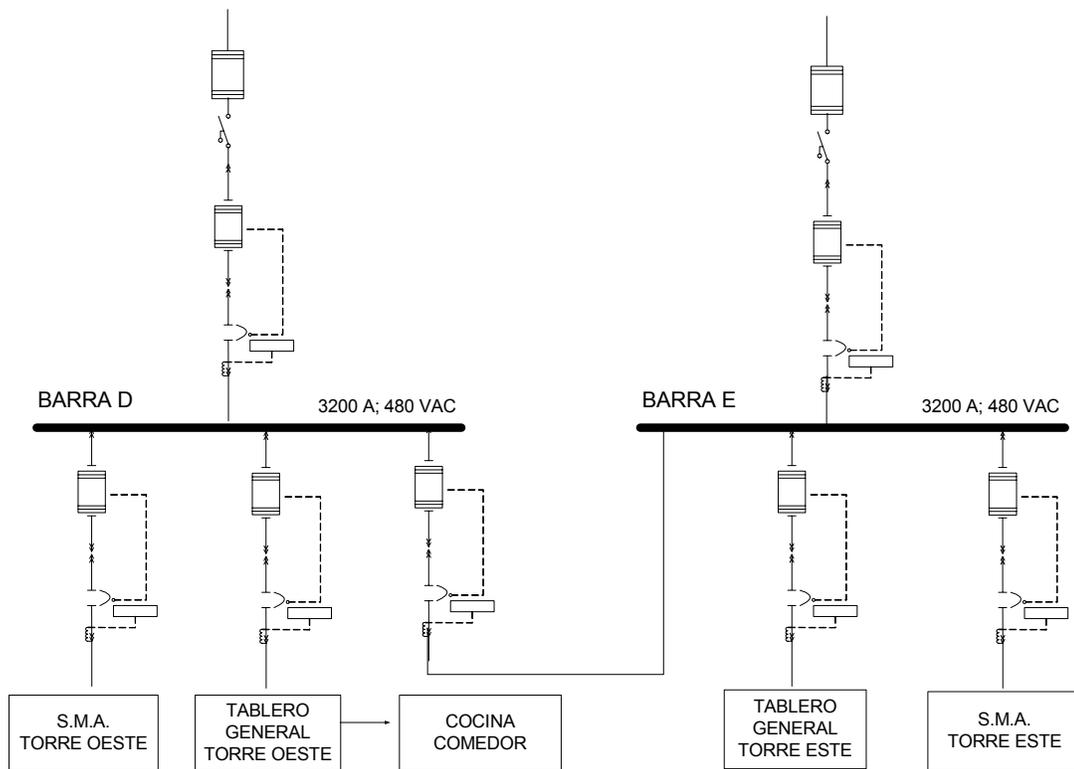


Fig. 4.7.b. Diagrama unifilar de la subestación N° 2

Es necesario resaltar que aparte de los tableros primarios de distribución, existen 2 tableros por cada piso para la distribución de energía a los distintos equipos eléctricos que ahí operan.

<i><b>EQUIPOS</b></i>	<i><b>CANTIDAD</b></i>
Arrancadores	23
Lámparas de emergencia	146
Subestación	2
Generadores	2
Tableros	228
Transformadores	83
<i><b>TOTAL</b></i>	<i><b>484</b></i>

Tabla 4.2. Cantidades de equipos eléctricos.

#### 4.4.- Descripción del sistema de plantas de emergencia

El edificio cuenta con un par de plantas de emergencia de combustión interna ubicadas en el sótano 3 y sótano 2, que en conjunto pueden otorgar un potencia de 1500 KVA de corriente alterna (480 volts a 60 HZ trifásico). Tienen como objetivo suplir la energía eléctrica a los servicios preferenciales de la edificación cuando falla el suministro eléctrico externo, entre estos servicios se tiene el sistema de control, detección y alarma de incendio, los ascensores destinados para uso de los bomberos (todas las unidades), el sistema de agua contra incendio, los centros de computación (máquinas, aire acondicionado e iluminación) y el centro de telecomunicaciones (teléfonos y télex).



Fig. 4.8. Plantas de emergencia. La foto de la izquierda muestra la planta de emergencia N° 2, mientras la foto de la derecha la planta de emergencia N° 1.

#### 4.5.- Descripción del sistema contra incendio

El edificio PDVSA La Campiña posee medios de escape debidamente señalados que permiten su evacuación, a través de las escaleras ubicadas en las fachadas laterales de las dos torres, en casos de emergencia en forma rápida y segura. Además, esta dotado de un sistema de control, detección y alarma de incendio centralizado y de sistemas periféricos de extinción de incendios para riesgos específicos.

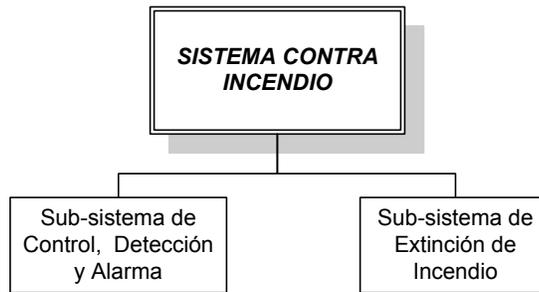


Fig. 4.9. Estructura del sistema contra incendio.

El **subsistema de control, detección y alarma** se apoya en un centro de control de emergencias ubicado en el semisótano próximo a la salida de la rampa oeste. Está conformado por una serie de equipos que permiten ejercer un control de todo el edificio, y de igual forma, actúa como el centro de coordinación de un conjunto de acciones de seguridad como: funcionamiento de las alarmas, comunicación con los cuerpos de bomberos, etc. Entre los equipos más importantes están:

- *Panel terminal del operador*: módulo ubicado en el centro de control de emergencias en donde se registran las diversas señales generadas por los detectores, estaciones manuales de alarma, paneles remotos, equipos de aire acondicionado, tanques de agua, válvulas del sistema contra incendio, etc.
- *Paneles recolectores de datos*: son dispositivos, algunos provistos de mecanismos de control, encargados de recoger la información proporcionada por los detectores y sensores.
- *Paneles anunciadores remotos*: módulos de control que permiten anunciar rápidamente condiciones de operación de los equipos, alarmas y averías.
- *Detectores*: en la edificación existen 3 tipos de detectores, los que detectan humo por ionización, los térmicos y los fotoeléctricos.
- *Estaciones manuales*: dispositivos cuyo accionamiento permite dar alarma cuando exista algún indicio de incendio.
- *Difusor de sonido*: dispositivo sonoro que emite una señal característica de alarma.

En la edificación existen varias agrupaciones de equipos que pertenecen al **subsistema de extinción de incendio**, los cuales se presentan a continuación:

- *Agua contra incendio*: Consta de 2 tanques para agua con una capacidad total de 823000 litros, con una reserva exclusivamente para incendio de 133140 litros; de un equipo de bombeo compuesto por 3 bombas centrifugas que trabajando en paralelo pueden enviar un caudal de 2850 litros por minuto; de una tubería vertical; ramales y cajetines. Cada nivel por debajo de la planta baja posee una red de rociadores para la protección de los sótanos. Los rociadores permiten regar el agua en forma de llovizna con un diámetro de 6 metros en la zona del incendio.
- *Extinción a base Halon 1301*: Equipos de extinción a base de gas Halon 1301 de inundación total, el cual interviene en la reacción del fuego, extinguiéndolo. En el edificio existen sistemas automáticos y manuales de este tipo para la protección de las salas de computación, la central telefónica, la central de radiocomunicaciones y las subestaciones eléctricas.
- *Extinción a base de polvo químico*: Están instalados en las cocinas del comedor y en los diques de los tanques de gasoil para las plantas eléctricas de emergencia. Su funcionamiento es neumático y a base de detectores térmicos.
- *Equipos portátiles de extinción*: Están colocados dos por piso de 10lbs de contenido. Son equipos manuales, básicamente de polvo químico ABC, para el combate de incendios en sus etapas iniciales.



Fig. 4.10. Equipos del sistema contra incendio. En la foto de la izquierda se muestra el equipo automático de extinción de incendio a base de Halon. La foto de la derecha ilustra el sistema de rociadores automáticos y el detector térmico.

#### 4.6.- Descripción del sistema de ascensores

Este sistema está conformado por 20 ascensores marca Otis de los cuales se utilizan 16 ascensores, de 1500 Kg de capacidad cada uno (aproximadamente 18 personas), para el transporte vertical desde los sótanos hasta el penthouse, estando distribuidos de la siguiente manera: 8 ascensores en la torre este (uno es utilizado para el servicio y el transporte de cargas) y 8 ascensores en la torre oeste (donde también uno de ellos es utilizado para servicio y transporte de cargas); 3 ascensores de 1200 Kg. de capacidad cada uno (el equivalente aproximado a 16 personas), son utilizados para el transporte de personas y cargas entre la plaza aérea en planta baja y los sótanos; el ascensor restante está destinado para la cocina, y transporta alimentos y útiles de cocina entre el semisótano y la planta baja. Todos los ascensores, exceptuando el de la cocina, son manejados por un sistema de control automatizado permitiendo que se distribuyan eficientemente según la cantidad y la prioridad de las solicitudes realizadas.



Fig. 4.11. Equipos del sistema de ascensores. Las fotos de la izquierda muestran los motores de la sala de máquinas. La foto de la derecha contiene a los tableros de control de movimiento de las unidades.

#### 4.7.- Descripción del sistema de control de acceso

El edificio PDVSA La Campiña cuenta con un sistema de control de acceso conformado por unidades lectoras de tarjetas ubicadas en los sitios de acceso general al edificio, áreas comunes, sótanos, pisos y áreas restringidas. Posee además paneles recolectores de datos en varios niveles del edificio alimentados por las unidades lectoras y una unidad central de procesamiento, ubicada en el centro de control de emergencias, que maneja e interpreta la información proveniente de los paneles recolectores. Este sistema está integrado con un sistema de televigilancia BM96, conformado por un sistema de cámaras, que procesa y graba sucesos en un formato digital permitiendo realizar el seguimiento del comportamiento en las zonas de acceso y sus cercanías.

#### 4.8.-Descripción del sistema sanitario

El sistema sanitario está dividido en 5 subsistemas: subsistema de plomería, subsistema de bombas de aguas blancas, subsistemas de bombas de aguas negras,

subsistema de bombas de achique y el subsistema de bombas de aguas de lluvia. Todas las unidades de bombeo se encuentran ubicadas dentro de salas de bombas localizadas en distintos lugares del sótano 2 del sótano 3. La figura 4.12. muestra algunos de los equipos de bombeo pertenecientes a este sistema.

<i><b>EQUIPOS</b></i>	<i><b>CANTIDAD</b></i>
Bombas de agua de lluvia	2
Bombas de achique	2
Bombas de nivel freáticos	2
Bombas de aguas blancas	3
Bombas de aguas negras	8
<i><b>TOTAL</b></i>	<i><b>17</b></i>

Tabla 4.3. Cantidades de equipos mecánicos del sistema sanitario.



Fig. 4.12. Equipos del sistema sanitario. Fotos superiores, bombas de aguas blancas. Fotos inferiores, de izquierda a derecha: bombas de aguas de lluvia, bombas de aguas negras.

**4.9.- Descripción del sistema de control automatizado**

El control general en el edificio se realiza mediante un sistema llamado Excel Building marca Honeywell que tiene entre sus funciones el arranque y parada de los equipos del sistema de bombas de agua y del sistema de aire acondicionado, refrigeración y ventilación forzada; el encendido y apagado de los equipos del sistema eléctrico; también ejecuta la programación de eventos de operación de los equipos, la distribución de los ascensores, y acciones de detección, alarma y protección en caso de incendios.

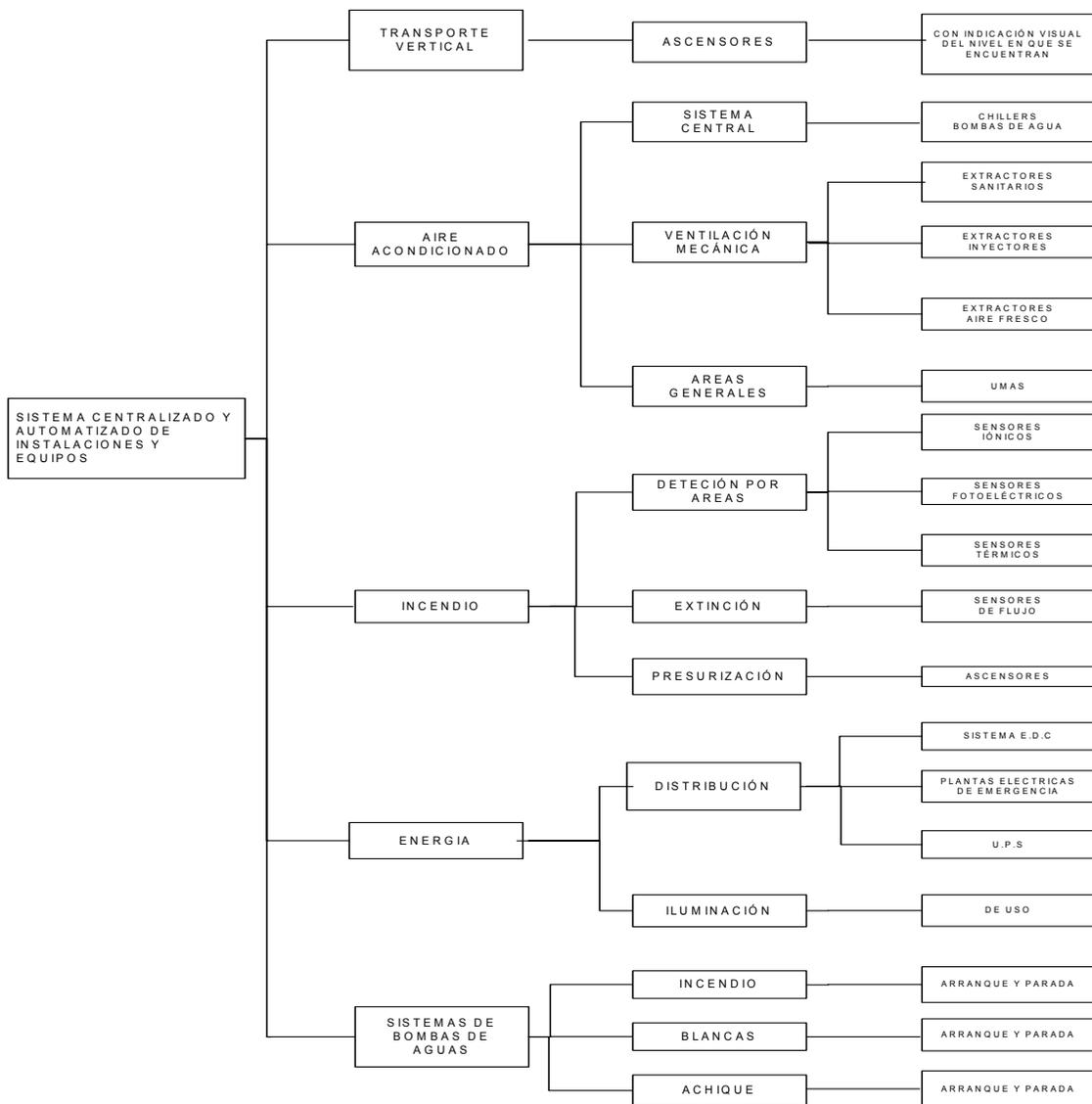


Fig. 4.13. Alcance de funcionamiento del sistema automatizado Excel Building.

## CAPITULO V

### MODELO DE GESTIÓN ADMINISTRATIVA DEL SAP R/3

#### 5.1.- Generalidades

El SAP R/3 (*System Applications and Products*) es un sistema integrado con aplicaciones en tiempo real cuyo empleo incorpora las mejores prácticas del negocio, ofreciendo una combinación de funcionalidades, flexibilidad y tecnología, que permite a las empresas responder a los cambios en forma dinámica y oportuna.

SAP es una empresa multinacional fundada en Walldorf, Alemania, en el año 1972 por diseñadores de softwares, ex empleados de IBM. Actualmente es líder mundial en el diseño y desarrollo de softwares de sistemas integrados teniendo 13.500 clientes en 120 países, alrededor de 30.000 instalaciones, con 173 empresas del sector Oil & Gas y aproximadamente 10 millones de usuarios.

El sistema integrado SAP R/3 tiene cobertura a nivel nacional en la industria petrolera, enmarcado en los siguientes procesos: finanzas, procura de materiales y servicios, costos, mantenimiento, administración de personal, control de proyectos y servicios al cliente.



Fig. 5.1. Módulos que componen el SAP R/3.

Las ventajas que ofrece SAP se observan en los siguientes aspectos:

- ✓ Ofrece soluciones integradas.
- ✓ Funcionalidad total ya que abarca todas las áreas del negocio.
- ✓ Arquitectura Cliente-Servidor.
- ✓ Estructura modular interconectada en tiempo real.
- ✓ Uso multinacional.

### **5.2.- Descripción del módulo SAPP (Mantenimiento)**

Es un módulo que contiene la plataforma de información de PDVSA a nivel nacional, soporta la gestión empresarial de la función mantenimiento en instalaciones industriales y no industriales de los negocios de Exploración & Producción de occidente, oriente y sur, y refinación en paraguana (CRP), El Palito, Puerto La Cruz y San Roque, Curacao, Citgo; plantas de distribución de combustibles, plantas de producción, procesamiento y distribución de gas, las plantas de producción y despacho de Orimulsión. Este módulo abarca los cuatro procesos del modelo de negocio corporativo: mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, paradas de plantas y proyectos de mejoras de mantenimiento, que garantizan la confiabilidad, disponibilidad y seguridad de las instalaciones de los negocios antes mencionados. Estos procesos corporativos permiten disponer de la facilidad de captura del evento o necesidad de mantenimiento y de la logística de la planificación, programación y ejecución de mantenimiento, como apoyo esencial de la gestión. En el módulo SAPP reside toda la data maestra, los planes de mantenimiento preventivo, los modelos estándares de trabajos requeridos para el mantenimiento, la información contable (centros de costos) asociada a las instalaciones, la clasificación y disponibilidad del recurso artesanal del personal propio de PDVSA, los materiales utilizados por los equipos y las facilidades para la solicitud y procura de los materiales.

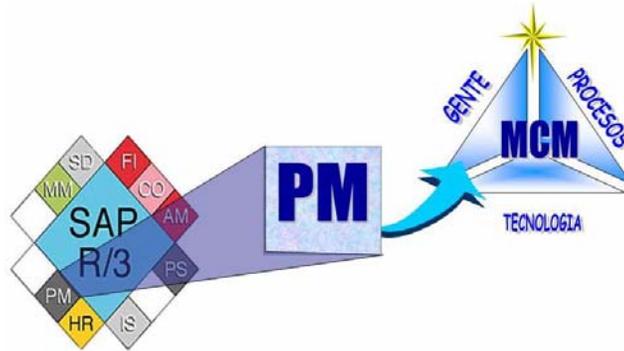


Fig. 5.2. El SAPPMM como herramienta del soporte del mantenimiento de Clase Mundial.

Conceptualmente el módulo SAPPMM es un sistema computarizado de mantenimiento que se encarga de obtener, controlar, catalogar e informar oportunamente sobre los trabajos de mantenimiento que deben realizarse, generando historiales que permiten medir el desempeño de los equipos e instalaciones mantenimiento y tomar acciones para corregir desviaciones de su función. En general, SAPPMM contribuye de manera significativa a garantizar una continuidad en los procesos de producción, además de prolongar la vida útil de los equipos a través de los análisis de los indicadores de operación y mantenimiento.

### 5.2.1.- Funcionalidades del SAPPMM

El módulo SAPPMM contempla funcionalidades que le atribuyen una amplia versatilidad y cubrimiento de todas las actividades relacionadas con la gestión de mantenimiento. A continuación una breve descripción de las mismas:

- **Gestión de objetos técnicos:** Cubre las funcionalidades requeridas para la estructuración y el manejo del maestro de equipos (dinámicos, estáticos, instrumentación, eléctricos, ascensores, vehículos, equipos de refrigeración).
- **Gestión de órdenes:** Contempla las aplicaciones requeridas para las solicitudes de mantenimiento vía avisos y el procesamiento de órdenes, considerando recursos propios, materiales, servicios contratados, costos,

programación y registro del historial de los trabajos realizados. Establece la integración con otros módulos de SAP como MM (materiales), CO (contabilidad de costos), RH (recursos humanos) y PS (gestión de proyectos).

- **Planes de mantenimiento:** Apoya las actividades de planificación y programación de los planes del mantenimiento preventivo y el registro de los modelos y/o estándares de trabajo.
- **Sistemas de información:** Brinda facilidades para la emisión de reportes e información consolidada para el análisis de la gestión de mantenimiento. Los principales indicadores en los cuales se apoya el sistema de información son los provenientes de: análisis de costos, análisis de paradas de equipos, análisis de averías, efectividad de las labores y análisis de seguridad. Véase tabla 5.1.

### 5.2.2.- Modelo del negocio del módulo SAPPMM

El módulo SAPPMM presenta una estructura de funcionamiento aplicada a los distintos niveles de mantenimiento, en la cual involucra cinco (5) procesos que pretenden captar todas las acciones y/o procedimientos que fundamentan “las mejores prácticas”, enmarcadas en un mantenimiento de Clase Mundial. La figura 5.3. ilustra este propósito:



Fig. 5.3. Modelo del negocio del módulo SAPPMM.

<b>INDICADORES PARA AVISOS</b>	
<b>REPORTE</b>	<b>INDICADOR</b>
Avisos tratados	Avisos tratados.
Confiabilidad de equipos	Confiabilidad (C ).
	Disponibilidad (D).
Horas de fallas de equipos	Tiempo Promedio p/Reparar (TPPR).
	Cantidad/horas de fallas p/periodo t .
	Cantidad de fallas repetitivas por tipo de falla y por Objeto Técnico.
Horas de operación de equipos	Tasa de falla.
	Utilización (U) o Factor de Servicio.
	Tiempo Promedio p/Fallar (TPPF)
Índice de reclamo	Índice de reclamo unidades reparadas.
Índice por cantidad de avisos	Avisos Creados vs. Avisos Cerrados.
Recomendaciones técnicas	Recomendaciones técnicas pendientes.
<b>INDICADORES PARA ORDENES DE MANTENIMIENTO</b>	
<b>REPORTE</b>	<b>INDICADOR</b>
Duración del cierre de las órdenes.	Tiempo promedio de cierre de las ODM's por prioridad.
	Cumplimiento de ejecución en fecha programada
Ordenes por clase	Cumplimiento del Mantenimiento por Clase.
	Número de Ordenes creadas por clase de orden
	Índice de ordenes de mantenimiento preventivo y correctivo
Ordenes por prioridad	Índice de trabajos por prioridad.
	Número de órdenes por prioridad.
	Porcentaje de ordenes por prioridad
Ordenes por estatus	Ordenes Cerradas vs. Ordenes Generadas acumuladas.
	Ordenes canceladas.
Ordenes vía Plan Preventivo	Ordenes preventivo asociadas a un plan.
Backlog a ejecutar	BACKLOG a ejecutar (ODM's y/o puestos de trabajo)
Desviación de la planificación	Desviación de la planificación.
	Cumplimiento de duración programada.
<b>INDICADORES PARA COSTOS DE ORDENES DE MANTENIMIENTO</b>	
<b>REPORTE</b>	<b>INDICADOR</b>
Costos Plan/Reales de las ODM	Costos Plan vs. Real de las ODM.
Distribución por clase de costos	Distribución de los costos por clase, así como porcentaje del costo total mantenimiento.
Índice de costo de mantenimiento	Índice costo de mantenimiento preventivo.
	Índice costo de mantenimiento correctivo.

Tabla 5.1. Indicadores de la gestión de mantenimiento en SAP.

**▪ Captura y diagnóstico**

- ✓ Capturar y/o obtener información sobre eventos y/o solicitudes.
- ✓ Procesar y analizar la información obtenida.
- ✓ Elaborar diagnósticos basados en datos técnicos e históricos de equipos.
- ✓ Identificar ISED y establecer estrategias de mantenimiento preventivo.
- ✓ Disponer de planes de mantenimiento preventivo de todos los equipos en un mismo ambiente.
- ✓ Identificar y clasificar fallas de equipos.

**▪ Planificación del trabajo**

- ✓ Registrar y analizar notificaciones de eventos y solicitudes de trabajos.
- ✓ Establecer y/o definir esquemas y/o modelos de trabajos.
- ✓ Estandarizar procedimientos.
- ✓ Identificar y estimar los recursos requeridos.
- ✓ Contabilizar costos planeados previa ejecución.
- ✓ Verificar disponibilidad de materiales.
- ✓ Solicitar recursos (materiales, servicios, talleres, transporte, etc.).
- ✓ Elaboración de planes de trabajo y su frecuencia de ejecución.
- ✓ Contabilizar costos de mantenimiento preventivo en el tiempo.
- ✓ Verificación de disponibilidad presupuestaria.

**▪ Programación**

- ✓ Seguimiento y/o procura de recursos.
- ✓ Jerarquizar órdenes de mantenimiento.
- ✓ Distribuir y/o asignar esfuerzo propio.
- ✓ Coordinar trabajos y/o actividades.
- ✓ Elaborar programas de trabajo (diario, semanal, mensual).

**▪ Ejecución**

- ✓ Preparar y ejecutar trabajo.
- ✓ Registrar comportamiento de equipos.
- ✓ Registrar el esfuerzo de mantenimiento y las acciones para el historial de los equipos e instalaciones.
- ✓ Consultar datos técnicos e históricos de los equipos.

**▪ Sistemas de Información**

- ✓ Recopilar, procesar y analizar la información asociada a los trabajos de mantenimiento.
- ✓ Mostrar y analizar tendencias de costos, consumo de actividad, prioridad de los trabajos, efectividad de equipos, etc.
- ✓ Comparar resultados y generar índices y reportes.

**5.2.3.- Flujograma de los procesos de mantenimiento preventivo**

Para programar un plan de mantenimiento en el sistema SAP se debe contar con los siguientes requisitos:

- La existencia del objeto técnico (ubicación técnica, equipo y/o conjunto) a mantener.
- La existencia de la(s) hoja(s) de ruta que contempla(n) las operaciones, su duración, los componentes, paquetes, puestos de trabajo y cantidad, medios auxiliares de fabricación, etc.
- Posición de mantenimiento (agrupa una hoja de ruta con el objeto técnico).
- Parámetros o indicadores de programación.

Conjuntamente con los datos anteriormente suministrados (los cuales pueden provenir de la aplicación de alguna metodología de confiabilidad operacional) y la codificación del programa, el SAP realiza la integración de varios módulos que lo

conforman para el apoyo y el control de la gestión de mantenimiento de los objetos técnicos receptores de la labor (véase el flujograma en la figura 5.4).

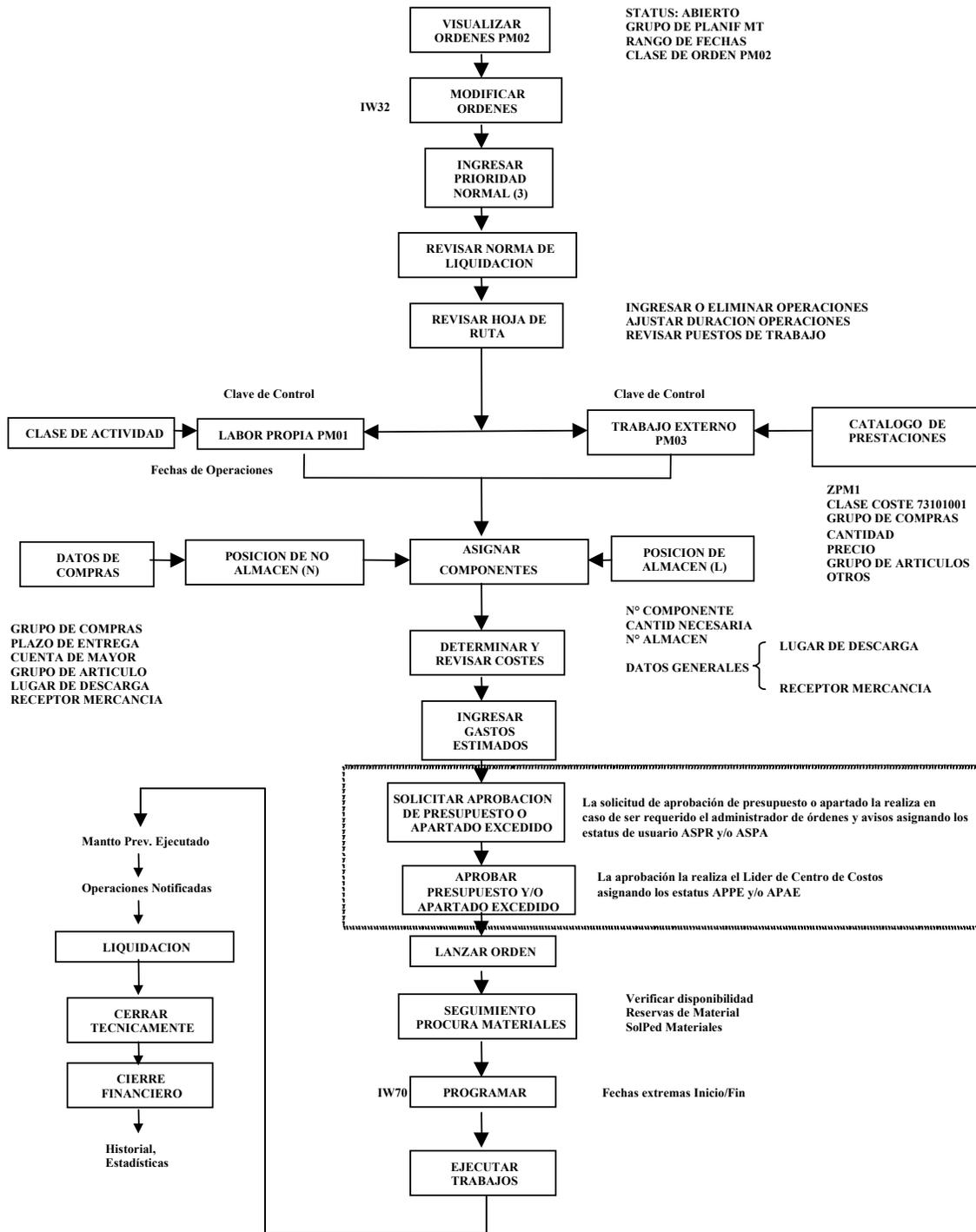


Fig. 5.4. Flujograma de la gestión administrativa del SAP para programas de mantenimiento preventivo.

### 5.3.- Descripción del módulo SAPMM (Materiales)

El SAPMM es el módulo del software encargado de la compra, administración, gestión y control de materiales, bien sea que estos estén destinados a la gestión de mantenimiento, a mejoras técnicas o al apoyo de las actividades de ingeniería y/o administrativas. Este módulo del software está integrado por cinco (5) componentes que en conjunto otorgan las funcionalidades necesarias para el respaldo del negocio en actividades concernientes a la gestión de materiales. La figura 5.5 ilustra la estructura del módulo MM.

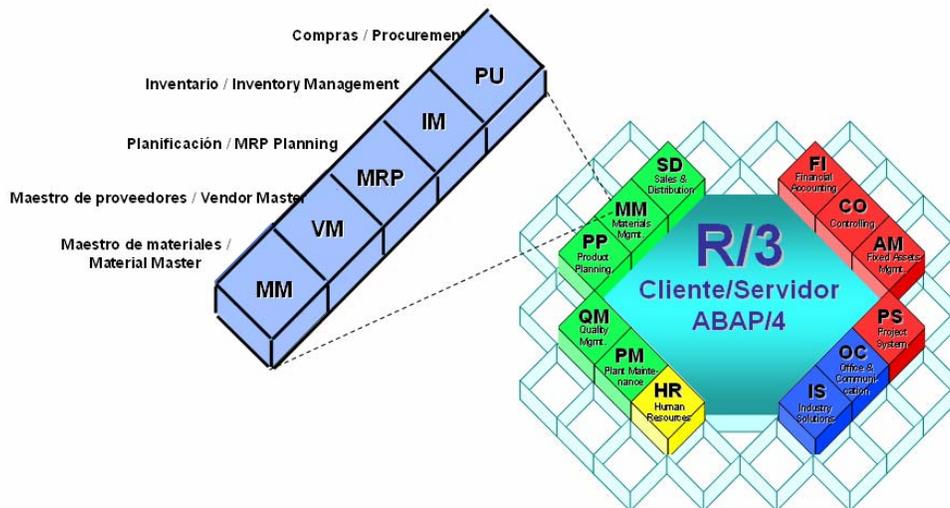


Fig. 5.5. Estructura del módulo MM.

#### 5.3.1.- Funcionalidades del SAPMM

Las funcionalidades del SAPMM se encuentran asociadas al ciclo de materiales que se ejecuta en PDVSA, ilustrado en la figura 5.6.



Fig. 5.6. Ciclo de materiales.

- **Maestro de materiales:** Contiene todos los datos básicos de los materiales comprados, producidos, almacenados y/o consumidos regularmente en la corporación. Clasifica los materiales por tipo: suministros generales, químicos, tuberías, equipos y repuestos, casas de abasto, materia prima, productos terminados y semiterminados.
  
- **Planificación de materiales:** El sistema analiza las solicitudes de materiales existentes, los niveles de stock de materiales, resultados de pronósticos y parámetros de los materiales para determinar cuáles, cuánto, cómo y cuándo es necesario pedir los materiales; se determina así la acción necesaria para obtener el material requerido. Los parámetros de la planificación de necesidades de materiales y pronósticos son criterios que han sido establecidos para los materiales y forman parte del maestro de materiales. La finalidad de la ejecución de la planificación de materiales es asegurar niveles adecuados a las necesidades operacionales, al determinar qué materiales ordenar, cantidad a solicitar y su fecha de entrega.
  
- **Compras:** El sistema, por razón de solicitudes internas de material, ejecuta todas las acciones concernientes a la adquisición de materiales, las cuales involucran: la estrategia o modalidad de compra, la petición de ofertas, la creación de convenios con proveedores, la recepción de material y la cancelación de facturas. El sistema se apoya en la gestión de compra y en la utilización de una serie de herramientas tales como: maestro de materiales y proveedores, registro de información histórica, libro de pedido, etc.
  
- **Gestión de stock:** Como parte importante de la gestión de materiales el SAP otorga facilidades para el soporte de las acciones pertinentes a movimientos de materiales (entrada de mercancía, salida de mercancía, traspaso o traslado entre almacenes), y la verificación física para la comparación entre el

inventario en existencia y el controlado por el sistema, manteniendo siempre un soporte contable (documento contable) para seguridad, control y mejoramiento de la gestión.

- **Verificación de facturas:** Luego de aceptada la mercancía y contabilizado el documento de material SAP crea un asiento contable, en este ajusta la cantidad de dinero cargada y la de los materiales recibidos, para luego iniciar el proceso de pago, el cual es manejado por el módulo de finanzas.

### **5.3.2.- Flujo de la gestión de materiales**

A partir de una solicitud de material proveniente de cualquier origen, y con el soporte del maestro de materiales como punto de ubicación tanto de las características del material como de los proveedores, se realiza una solicitud de pedido que después de ser aprobada da inicio al proceso de adquisición del mismo. El sistema automáticamente propone una vía de adquisición después de haber realizado un estudio de la planificación del material. En caso de que el material no exista en el inventario se realiza la gestión de procura que puede involucrar: compra directa, asignación de contratos marcos, traslados, etc.

Cualquier movimiento de material en el almacén registra un soporte contable que facilita el control del inventario. El proceso de pago de la factura lo realiza el módulo de finanzas. La figura 5.7. muestra la secuencia de las acciones de la gestión necesaria para satisfacer las necesidades de materiales.

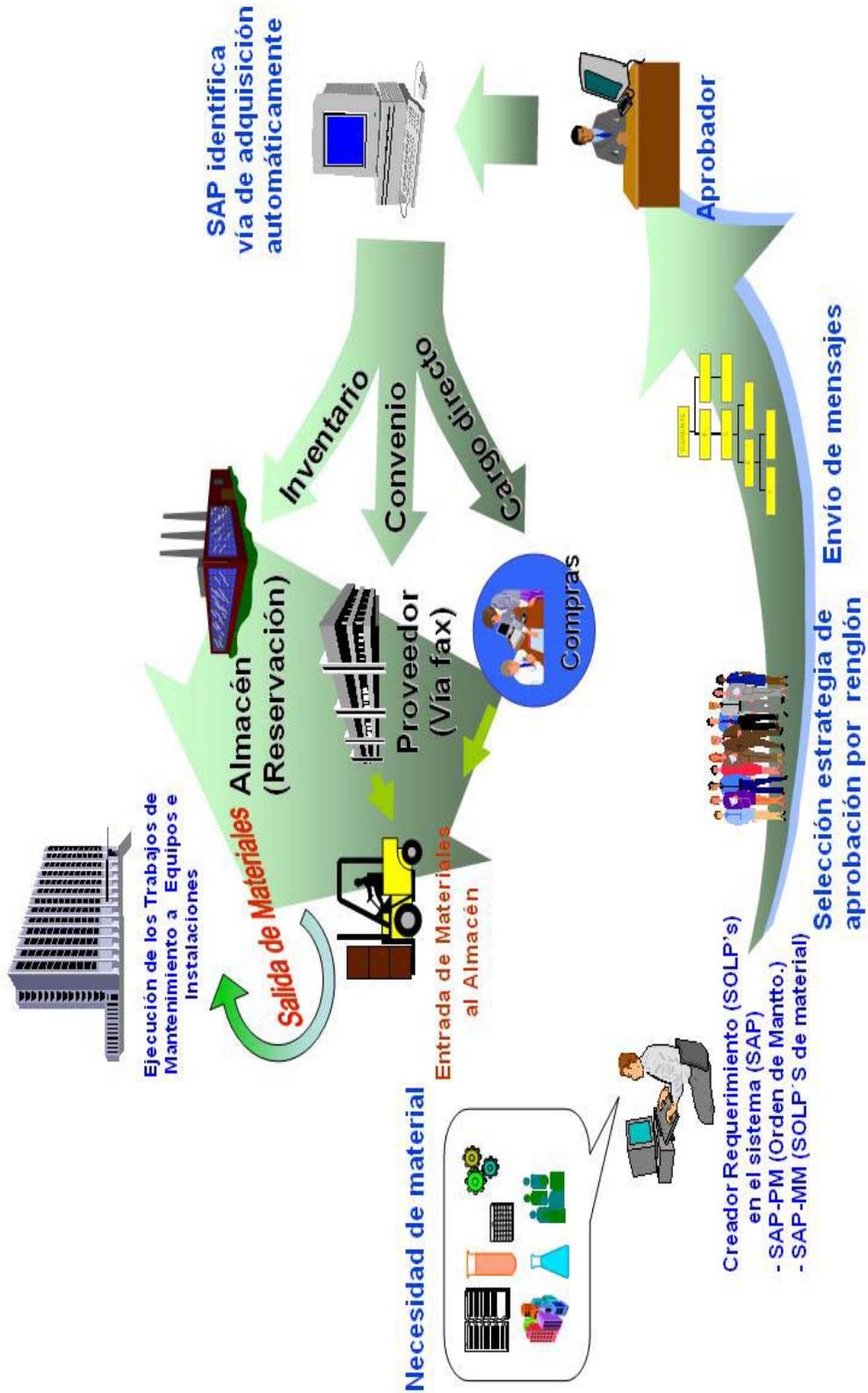


Fig. 5.7. Gestión de materiales.

#### 5.4.- Descripción del módulo SAPCO (Contabilidad de costos)

El SAPCO es el módulo del sistema que permite la asignación de valores, incluyendo costos y ganancias, que se resumen en estados financieros para monitorear los valores reales al compararse con los valores planificados. Los objetivos de las funciones de este módulo radican en:

- Apoyar el proceso de toma de decisiones del negocio.
- Apoyar el control operativo de las actividades.

Los componentes que conforman el módulo de contabilidad de costos han sido diseñados para planificar y controlar los presupuestos a través de órdenes internas, manejar programas de inversiones, y analizar rentabilidad a través de áreas empresariales múltiples. La figura 5.8. ilustra los componentes del módulo CO.

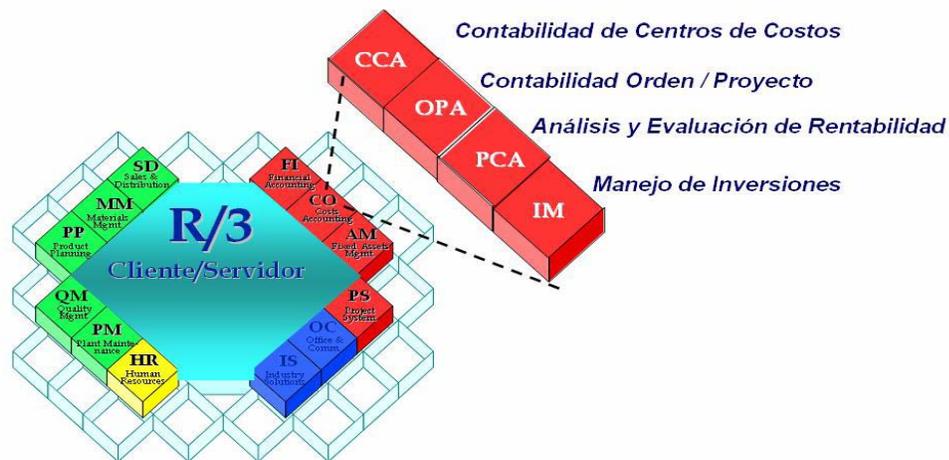


Fig.5.8. Estructura del módulo CO.

##### 5.4.1.- Funcionalidades del SAPCO

Las funcionalidades del módulo SAPCO se encuentran representadas mediante los sub-módulos que estructuran y componen al módulo principal. Los submódulos que conforman el módulo CO y que le atribuyen las funcionalidades al mismo son los siguientes:

- **Contabilidad de centros de costos (CCA):** El propósito de CCA es permitir la planificación, ejecución y control del presupuesto de gastos para un período determinado basado en centros de costos.
  
- **Contabilidad de órdenes internas (OPA):** El propósito de OPA es el de planificar, controlar, analizar y liquidar los costos asociados a órdenes internas. En PDVSA y sus filiales, la orden interna tiene tres usos principales: uno es la planificación y monitoreo de costos de mantenimiento (tipo de órdenes de mantenimiento), otro es la planificación y monitoreo de gastos operacionales y el otro es la planificación y monitoreo de las inversiones de capital, es decir, activos en construcción (tipo de orden de capital).
  
- **Manejo de Inversiones (IM):** Este submódulo del SAPCO sirve de apoyo al manejo de presupuestos de inversiones, incluyendo la planificación, ejecución y ajuste de la contabilidad de activos.
  
- **Análisis y evaluación de rentabilidad (PCA):** Unidad de agrupación de ingresos y costos al más bajo nivel, la cual permite generar estado de ganancias y pérdidas por centro de beneficio y medir la utilidad en cada uno de ellos.

### 5.5.- Integración de los módulos del SAP para el soporte de la gestión de mantenimiento

El SAP, como sistema integrado, permite la unificación directa entre sus módulos evitando la existencia de interfaces que pudiesen generar pérdidas de información o la imposibilidad de trabajar en tiempo real. El módulo PM soporta la gestión administrativa de mantenimiento y se apoya en ciertos componentes de los módulos MM y CO, para establecer una excelente versatilidad y amplitud de acciones a la gestión.

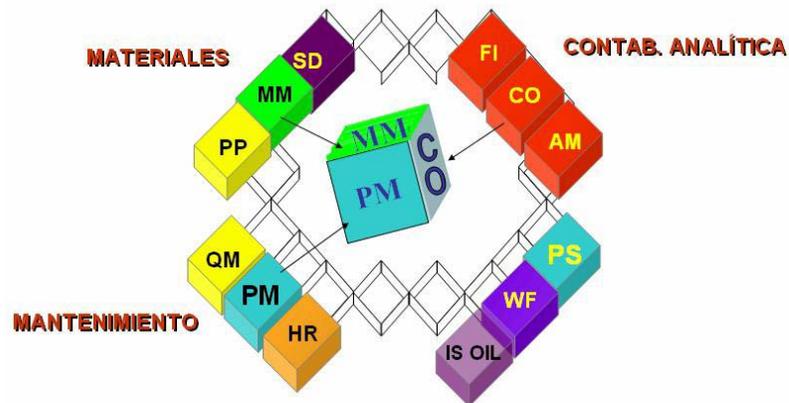


Fig. 5.9. Integración entre los módulos PM, CO y MM.

#### 5.5.1.- Integración entre mantenimiento y materiales

La gestión de mantenimiento involucra acciones que tienen relación directa sobre la gestión de compras, el inventario de materiales y el suministro de servicios contratados. En el proceso de solicitud de materiales de inventario (material de stock), mantenimiento solicita y obtiene del almacén los materiales vía reserva, lo que origina un descuento inmediato de los niveles de stock del almacén. Es importante destacar que existen diversos almacenes autorizados a nivel nacional y mediante el módulo MM es posible conocer la existencia de materiales estándares, de manera de realizar el traspaso de mercancías entre almacenes. Cada material de Stock tiene políticas de compra, parámetros de reordenamiento, etc. Cuando el material no es de inventario (carga directa), las necesidades se canalizan a través de los grupos de compras de materiales, quedando su entrega a la operación de mantenimiento sujeta

al tiempo de procura necesario para la adquisición del producto dependiendo de sus características, es por esto vital la planificación de las necesidades de cada operación en forma anticipada.

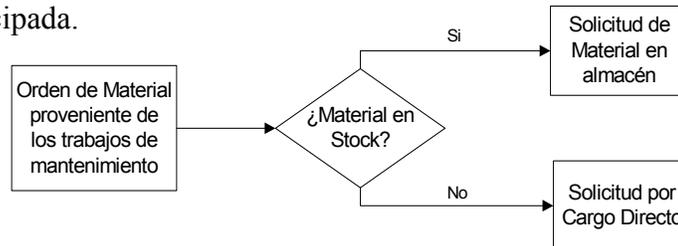


Fig. 5.10. Procura de materiales.

En el proceso de planificación de los trabajos de mantenimiento usualmente se establecen actividades con recursos de labor propia, materiales de Stock y/o cargo directo y servicios contratados a ser utilizados de acuerdo al alcance del trabajo. Al momento de la liberación de la orden las necesidades de materiales y servicios van a las unidades correspondientes, las cuales inician el proceso de procura necesario en ambos casos y cualquier cambio luego de liberada la orden, afecta el mismo y debe ser notificado previamente.

#### 5.5.1.1.- Solicitud de materiales de almacén y/o cargo directo

- **Solicitud de materiales de almacén (Stock):** Cada almacén debe disponer de la cantidad de material solicitada al momento de generar una reserva según la fecha, de lo contrario, el proceso de planificación de necesidades creará órdenes provisionales para satisfacer el requerimiento. La liberación de una ODM (orden de material) crea la reserva, cuando se retira del almacén se produce una salida de mercancía que se imputa a la ODM y genera un documento de material, el cual representa el movimiento de la mercancía.

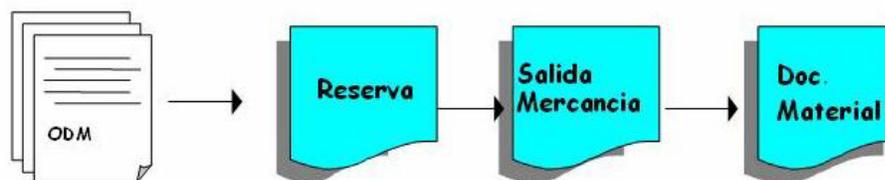


Fig. 5.11. Secuencia de la procura de materiales del almacén.

- **Solicitud de material de cargo directo (Non Stock):** Toda necesidad enmarcada dentro de las condiciones normales va a requerir de un proceso licitatorio para lograr la adjudicación de compra del material a un proveedor. Una vez que la orden es liberada se crea una solicitud de pedido (SOLP), según las políticas de materiales se crea una “petición de oferta” para el concurso de proveedores con referencia a la SOLP, una vez adjudicada a un proveedor se crea una “oferta”, luego de ello se crea el “pedido con referencia a la oferta”, luego ocurre la “entrada de mercancía” del proveedor lo que genera un “documento de material”, y en último lugar se genera la factura correspondiente.

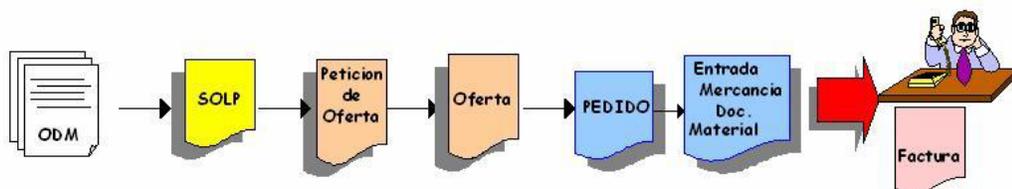


Fig. 5.12. Secuencia de procura de materiales por cargo directo.

### 5.5.1.2.- Solicitud de servicios en unidades de contratación

La solicitud de servicios es parte de las actividades que realizan las unidades de mantenimiento para ejecutar labores especializadas a través de terceros. Ello implica un proceso de procura en las unidades de contratación correspondientes, quienes llevan a cabo la adquisición y administración del servicio requerido. Las unidades de contratación pueden iniciar un proceso licitatorio dependiendo de si para los servicios requeridos existe o no un contrato marco, de no existir el contrato preestablecido cada unidad debe seguir las políticas y normas corporativas de licitación existentes. A continuación se describe el flujo de información que existe dependiendo de cual sea el caso:

- **Solicitud de Servicios con referencia a un contrato marco:** Cuando existe un contrato marco previamente establecido por las unidades de contratación, y

toda vez que la orden es liberada, se genera una solicitud de pedido con referencia al contrato. En el proceso de procura establecido por cada área, se crea el pedido de servicios con referencia al contrato y la SOLP sin ejecutar ningún proceso licitatorio debido a que los acuerdos ya están establecidos, una vez creado el pedido se aprueba a los niveles correspondientes vía electrónica. El proveedor inicia la prestación de servicios, y según las condiciones del contrato, éste presenta los soportes de las actividades realizadas y así las unidades de contratación proceden a crear la hoja de entrada de servicios (HES). La hoja de entrada de servicios representa las actividades del contratista a ser aprobadas y contabilizadas en cuentas por pagar. Esto último desprende la generación de la factura correspondiente al proveedor.

Este proceso depende del administrador de contrato dependiendo de las normas y políticas de contratación de cada área, el siguiente gráfico muestra un resumen del proceso:

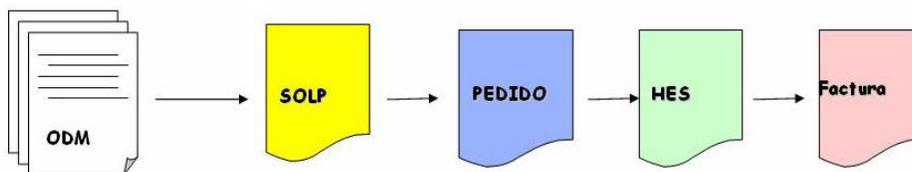


Fig. 5.13. Secuencia de documentos para la solicitud de servicios mediante contrato marco.

- **Solicitud de Servicios sin Contrato Marco:** Cuando no existe un contrato marco asociado al servicio que se requiere, es conveniente evaluar la posibilidad de crear el contrato si el servicio va a ser ejecutado en futuros trabajos con terceros ya que esto redundaría en mejorar los tiempos de procura asociados. En un supuesto que se considera que el servicio es único en el tiempo y no es posible establecer un contrato marco, se puede iniciar el proceso sin el contrato. Para ello se crean las líneas de servicios utilizando los servicios disponibles en el “Maestro de Servicios”. De no existir, se

recomienda la incorporación al Maestro de Servicios y mantener los servicios actualizados en el sistema para usos futuros. De igual forma, las líneas de servicios se pueden incorporar en formato libre al sistema, sin embargo esto hace que el proceso de procura de servicios sea más lento y largo en el tiempo.

Independientemente de cómo se incluyan las líneas de servicios cuando no existe un contrato marco, al ocurrir la liberación de la orden de mantenimiento el sistema genera la solicitud de pedido que va a ser procesada por la unidad de contratación. En el proceso de procura, y bajo las normas y políticas de contratación, se crea una petición de oferta para proveedores y son invitados a licitación los preseleccionados; una vez en la comisión de licitación del caso se selecciona un proveedor, se crea el pedido de servicio con referencia a la oferta y luego es aprobado por los niveles correspondientes. El proveedor inicia la prestación de servicios según las condiciones predeterminadas en el pedido, para los efectos de su pago éste presenta los soportes de las actividades realizadas para que las unidades de contratación procedan a crear la hoja de entrada de servicios (HES).

La hoja de entrada de servicios representa las actividades del contratista a ser aprobadas y contabilizadas en cuentas por pagar. Esto último desprende la generación de la factura correspondiente al proveedor.

### **5.5.2.- Integración entre mantenimiento y contabilidad de costos**

Mediante la integración de los módulos de PM y CO se busca establecer un control de los costos involucrados en la gestión de mantenimiento, reflejándose estos costos a nivel de objetos técnicos, los cuales permitirán la toma de decisiones y las acciones a seguir para un mejoramiento continuo del desempeño del mantenimiento ejecutado.

De acuerdo al diseño de PDVSA el control de costos de mantenimiento se realiza a nivel de centros de costos, el presupuesto para estas actividades se elabora

en órdenes internas tipo BM01, BM02, BM03 y BM04 dependiendo del tipo de mantenimiento (correctivo/preventivo/mayor ó proyectos), mientras que la ejecución de los trabajos se lleva a cabo a través de órdenes de mantenimiento tipo PM01, PM02, PM03 y PM04, que corresponden una a una a las clases de ordenes internas mencionadas anteriormente. De esta manera, y considerando las características particulares de cada escenario, los costos imputados son transferidos a los receptores establecidos permitiendo realizar el seguimiento detallado de la ejecución del presupuesto aprobado. A continuación se describe el proceso y las áreas de integración definidas dentro del diseño establecido por PDVSA.

Como parte del proceso corporativo de preparación o ajustes de presupuesto las diferentes organizaciones estiman los trabajos de mantenimiento que deberán ser realizados a los diferentes objetos técnicos bajo su responsabilidad. En este proceso se establecen también los acuerdos de servicios donde las organizaciones generadoras de actividad establecen el compromiso y levantan la información con las necesidades de todas aquellas organizaciones consumidoras. Toda esta información es registrada en órdenes internas tipo BM01-mantenimiento correctivo, BM02-mantenimiento preventivo, BM03-mantenimiento mayor y BM04-proyectos de mantenimiento. Una vez completado este trabajo el proceso de liquidación permite transferir los costos planificados a los objetos receptores, por otra parte el proceso de cálculo de tarifa plan, basado en la información del emisor y los consumidores, transforma las cantidades requeridas de un servicio en un monto plan para así completar el costo total plan estimado de los trabajos.

Una vez completado el ejercicio de presupuesto y obtenida la aprobación del mismo se inicia la ejecución del presupuesto de mantenimiento a través de las órdenes de mantenimiento PM01-mantenimiento correctivo, PM02-mantenimiento preventivo, (05 niveles de mantenimiento) PM03-mantenimiento mayor (paradas de planta) y PM04-proyectos de mantenimiento (proyectos de mejoras en instalaciones o equipos a ser ejecutados por la función mantenimiento).

Como primer paso se establecen las operaciones y los componentes requeridos para la realización de un trabajo (materiales, servicios, etc.). Surge entonces la figura del puesto de trabajo, herramienta mediante la cual se realiza el consumo de actividades en una orden de mantenimiento, esto se logra estableciendo el enlace respectivo con el centro de costos generador de la actividad y considerando los acuerdos establecidos entre las organizaciones emisoras del servicio y las consumidoras de la actividad. En un primer momento el enlace permite costear las horas planificadas a través del cálculo basado en la tarifa plan y así obtener el total estimado de costo por labor propia. A través del tiempo las distintas actividades se ejecutan y se registran los respectivos montos reales por concepto de materiales, servicios, etc., y en particular, para la mano de obra propia estos registros se establecen a través del proceso de notificación donde se realiza el cálculo del monto real por este concepto basado en las horas efectivamente utilizadas y la tarifa plan del momento. Al final del año y de acuerdo al diseño de PDVSA se efectúa el cálculo de la tarifa real tomando en consideración los consumos efectivamente realizados y las cantidades de servicio realmente producidas por los emisores, el diferencial entre la tarifa plan y la tarifa real es entonces registrado en las órdenes de mantenimiento a fin de sincerar el monto total ejecutado.

A lo largo de todo el proceso se realiza la transferencia diaria de los costos a los objetos receptores, lo cual permite realizar el seguimiento a la ejecución del presupuesto de mantenimiento a nivel de centros de costos, teniendo en consideración que el plan reside en las órdenes internas y el real en las órdenes de mantenimiento donde puede ubicarse todo el detalle de cada uno de los trabajos realizados.

Desde el punto de vista de configuración la integración entre los módulos PM y CO se establece a través de los aspectos siguientes:

- **Categorías de valor:** Establecen la manera en la cual se agrupan y representan los costos en el área de mantenimiento de plantas y se enlazan con grupos de

elementos de costos definidos en el módulo de CO de acuerdo al diseño establecido por PDVSA.

- **Perfiles de liquidación y esquemas de imputación:** Establecen los tipos de receptores permitidos y los grupos de elementos de costos involucrados en el proceso, que serán utilizados para representar el flujo de costos considerado como objetos. Estos elementos constituyen la base de un proceso de liquidación en el cual se permite la transferencia de costos entre órdenes de mantenimiento y órdenes internas y/o centros de costos.
  
- **Parámetros de cálculo de costos:** Establecen el criterio para la valoración de materiales, servicios y actividades tarifables en una orden de mantenimiento, así como también el esquema de recargo a utilizar para realizar los cargos por concepto de manejo y distribución de materiales.

## CAPÍTULO VI

### APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

#### 6.1.- Visión global de la generación y gestión de programas de mantenimiento

Como se mencionó anteriormente, el edificio PDVSA La Campiña posee dentro de sus instalaciones varios sistemas que le permiten contar con los servicios necesarios para desarrollar actividades administrativas en una forma eficiente, segura y cómoda. Para efectos de la elaboración de este trabajo se determinará cual de los sistemas en estudio produce el mayor impacto global cuando deja de cumplir sus funciones, mediante la realización de un análisis de criticidad de los sistemas. Este análisis tendrá como finalidad dirigir la mayor parte de los recursos asignados a las tareas de mantenimiento (tanto presupuestarios como humanos), hacia aquellos sistemas que más importancia tienen para el funcionamiento del edificio, además de establecer un orden de prioridad de los sistemas a la hora de abordar la elaboración de los programas de mantenimiento.

Una vez conocido el sistema más crítico, se realizará un nuevo análisis para determinar el ordenamiento que en cuanto a criticidad poseen los subsistemas del sistema obtenido. Esto lleva, a la vez, a la obtención del subsistema más crítico, dentro del cual se realizará, de ser necesario, otro análisis para establecer el orden de criticidad de los equipos que lo componen, de manera tal de definir la jerarquización de los equipos.

Después de llevar a cabo la jerarquización de los equipos, se procederá a la aplicación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad en los equipos más críticos. Como un primer paso en la aplicación de esta metodología, se identificarán las funciones que deben desempeñar los equipos críticos en su contexto operativo. Posteriormente, se realizará el análisis de los modos y efectos de falla predominantes en estos equipos y finalmente se obtendrá a través de la aplicación de la secuencia del árbol lógico de decisión el tipo de tarea de mantenimiento que se deberá realizar.

Una vez conocido el tipo de tarea a ejecutar, se procederá a establecer el listado de las actividades requeridas para el mantenimiento de los equipos críticos, la frecuencia de realización, los procedimientos de ejecución y los materiales, repuestos y herramientas necesarios para realizar las tareas, obteniendo de esta manera los programas de mantenimiento.

Finalmente, la información contenida en los programas de mantenimiento de los equipos más críticos será cargada en el programa SAP, específicamente en el módulo SAPPMM (mantenimiento). La carga de data o proceso de captura se asocia a la identificación completa del equipo (mediante la asignación de una ubicación técnica y de las unidades responsables del mantenimiento), y a la información que configura los programas de mantenimiento.

Una vez configurado el plan óptimo el software proporciona las funcionalidades necesarias para dar soporte a la gestión de mantenimiento, cuyos indicadores permiten realizar un proceso de diagnostico de la gestión que favorece el mejoramiento de la metodología.

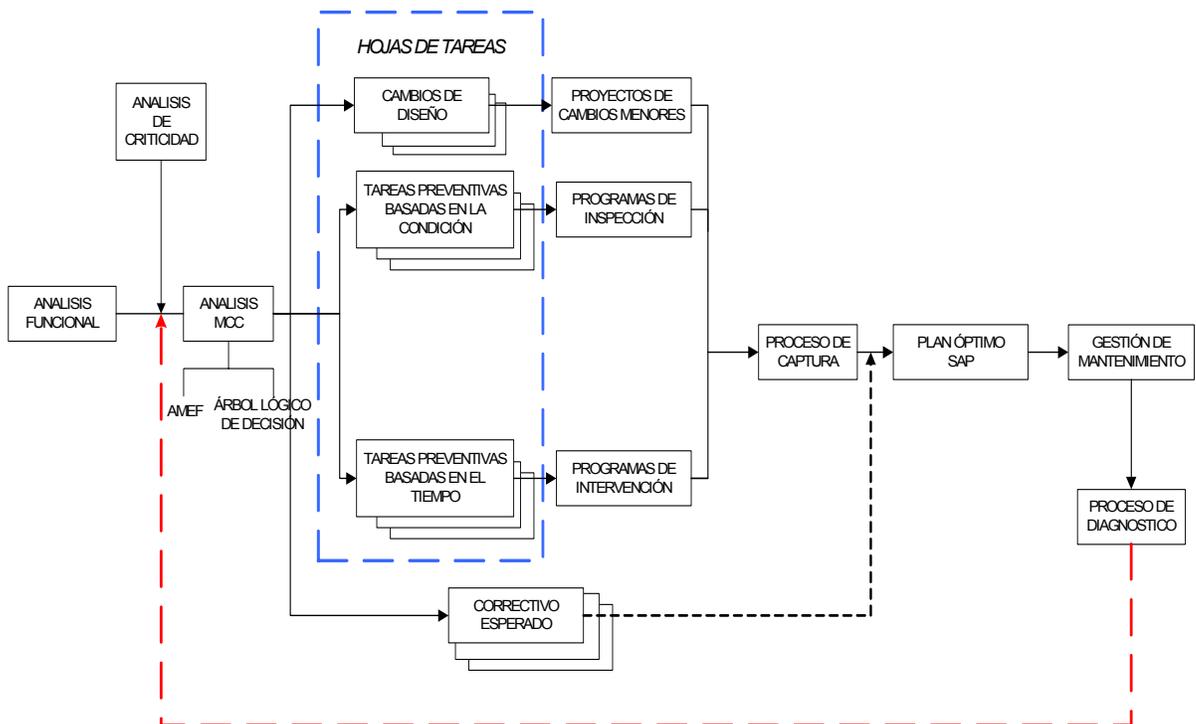


Fig. 6.1. Secuencia de aplicación de la metodología.

## 6.2.- Análisis de criticidad de los sistemas

A través de una consulta con los supervisores, mantenedores y operadores de las instalaciones del edificio PDVSA La Campiña se obtuvo una lista de los sistemas que se consideran más importantes para su funcionamiento, los cuales son:

- Sistema de Aire Acondicionado.
- Sistema de Ascensores.
- Sistema de Potencia Eléctrica.
- Sistema Contra-Incendio.
- Sistema Sanitario.
- Sistema de Control de Acceso.
- Sistema de Control Automatizado.
- Sistema de Plantas de Emergencia.

La criticidad de cualquier sistema se obtiene mediante el producto de la frecuencia de falla que presenta dicho sistema por las consecuencias que genera la falla del mismo. La frecuencia de falla se define como el número de veces que un sistema falla en un determinado período de tiempo. Las consecuencias se estiman tomando en consideración varios factores que pueden, de alguna manera, llegar a causar algún impacto en la instalación por la ocurrencia de una falla. Tanto la frecuencia de falla como los factores que componen las consecuencias se ilustran en una tabla de evaluación de criticidad. Ésta contendrá para efectos de la realización de este trabajo los siguientes aspectos:

### 6.2.1.- Frecuencia de falla

En la tabla se establecieron tres niveles de frecuencia de falla identificados de la siguiente manera:

- **Pobre:** si la frecuencia de falla es mayor a 10 fallas por año; a este nivel se le asignó una ponderación de 10 puntos.

- **Buena:** si la frecuencia de falla está comprendida entre 3 y 10 fallas por año; fijándole una ponderación de 6 puntos.
- **Excelente:** si la frecuencia de falla es menor a 3 fallas por año; en este nivel se estableció una ponderación de 2 puntos.

Es importante aclarar que debido a la carencia de un historial de fallas de los sistemas que permitiera calcular rangos de frecuencia de falla reales, se hizo una estimación de los mismos por intermedio de consultas con el personal de mayor experiencia en la operación y mantenimiento de dichos sistemas.

### 6.2.2.- Impacto sobre las actividades laborales

Para la tabla de criticidad se establecieron los tres niveles de impacto que se muestran a continuación:

- **Severo:** si el número de personas afectadas es mayor a 400 ó si la falla del sistema afecta el penthouse (PH) del edificio; para este nivel se fijó una ponderación de 10 puntos.
- **Moderado:** si el número de personas afectadas se encuentra entre 40 y 400; asignándose una ponderación de 6 puntos.
- **Mínimo:** si el número de personas afectadas es menor a 40; se le asignó una ponderación de 2 puntos.

Los criterios para establecer los niveles de impacto surgieron de consultas hechas al personal encargado de la operación y el mantenimiento de los sistemas del edificio, considerando una población de 1600 personas en actividades laborales. La razón por la cual se considera severo el impacto cuando un sistema deja de prestar sus servicios al penthouse (PH) del edificio es que en dicho piso se encuentra ubicada la presidencia y la junta directiva de la corporación. Se debe acotar que para la utilización de la tabla, el impacto se evaluará desde el punto de vista de la

interrupción de servicios que afecten directamente las actividades laborales del personal, independientemente del tiempo de reparación.

### **6.2.3.- Impacto sobre las condiciones de higiene y/o ambiente de la instalación**

En esta sección de la tabla se considerará el posible efecto que puede llegar a causar la falla de un sistema sobre la higiene y/o ambiente de la instalación. Se dirá que existe un efecto sobre la higiene cuando, por la ocurrencia de la falla de un sistema, se generen condiciones que degraden tanto la planta física del edificio como la calidad de los servicios prestados. Igualmente, se dirá que existe un impacto sobre el ambiente si, con la ocurrencia de una falla, es posible crear condiciones que produzcan violaciones de normativas ambientales.

Para el caso en que exista la posibilidad de afectar las condiciones de higiene y/o ambiente se establecerá una ponderación de 3 puntos, para el caso contrario, se le asignará una ponderación de 1 punto.

### **6.2.4.- Impacto sobre la seguridad del personal**

Como parte de las consecuencias también será considerado el efecto que pudiera causar la falla de un sistema sobre la integridad física de las personas que laboran en el edificio. Si existe la posibilidad de provocar algún daño al personal se tomará como ponderación un valor de 3 puntos, en caso contrario, la ponderación será de 1 punto.

### **6.2.5.- Costos en mantenimiento**

Para estimar este factor se establecieron los tres niveles de cantidad que se muestran a continuación:

- **Elevado:** si el costo que genera la falla del sistema es mayor a 10 millones de bolívares; se estableció una ponderación de 10 puntos.

- **Moderado:** si el costo que genera la falla está entre 3 y 10 millones de bolívares; se le asignó una ponderación de 6 puntos.
- **Mínimo:** si el costo que genera la falla es menor a 3 millones de bolívares; para este caso se fijó una ponderación de 2 puntos.

Es necesario indicar que, debido a la falta de un historial de costos de reparaciones de fallas, los niveles elegidos para evaluar los costos en mantenimiento se obtuvieron a través de consultas con el personal de dicho departamento. El criterio de utilización de la tabla, en este aspecto, contempla la evaluación del costo de una falla ocurrida que haya requerido de la aplicación de mantenimiento de tipo correctivo.

#### 6.2.6.- Flexibilidad operacional

En este factor se considerará el hecho de la existencia de un sistema que respalde la operación del sistema que se encuentra bajo estudio. Si el sistema en cuestión posee un respaldo se le asignará una ponderación de 1 punto, en el caso contrario, la ponderación asignada será de 3 puntos.

#### 6.2.7.- Cálculo de la criticidad de los sistemas

La criticidad de los sistemas del edificio PDVSA La Campiña se calculará de la siguiente forma:

$$\text{Criticidad} = \text{FF} * [(\text{IAL} * \text{FO}) + \text{IHA} + \text{IS} + \text{CM}] \quad \text{donde:}$$

FF: Frecuencia de falla.

IAL: Impacto sobre las actividades laborales.

FO: Flexibilidad operacional.

IHA: Impacto sobre las condiciones de higiene y/o ambiente.

Los criterios utilizados para evaluar la criticidad de los sistemas y la ponderación correspondiente se muestran en la tabla 6.1.

<b>EDIFICIO PDVSA LA CAMPIÑA</b>		
<b>GUIA DE CRITICIDAD</b>		
<b>FRECUENCIA DE FALLA (FF)</b>		<b>PUNTAJE</b>
Pobre:	Más 9 fallas por año	<b>10</b>
Buena:	Entre 3 y 9 fallas por año	<b>6</b>
Excelente:	Menos de 3 fallas por año	<b>2</b>
<b>IMPACTO SOBRE LAS ACTIVIDADES LABORALES (IAL)</b>		<b>PUNTAJE</b>
Severo:	Más de 400 personas afectadas o el PH	<b>10</b>
Moderado:	Entre 40 y 400 personas afectadas	<b>6</b>
Mínimo:	Menos de 40 personas afectadas	<b>2</b>
<b>IMPACTO SOBRE HIGIENE Y/O AMBIENTE (IHA)</b>		<b>PUNTAJE</b>
Existe la posibilidad de afectar la higiene y/o ambiente		<b>3</b>
No existe la posibilidad de afectar la higiene y/o ambiente		<b>1</b>
<b>IMPACTO SOBRE LA SEGURIDAD DEL PERSONAL (IS)</b>		<b>PUNTAJE</b>
Existe la posibilidad afectar la integridad física del personal		<b>3</b>
No existe la posibilidad afectar la integridad física del personal		<b>1</b>
<b>COSTOS EN MANTENIMIENTO (CM)</b>		<b>PUNTAJE</b>
Elevado:	Superior a 10 MMBs.	<b>10</b>
Moderado:	Entre 3MM Bs. y 10MMBs.	<b>6</b>
Mínimo:	Menos de 3MMBs.	<b>2</b>
<b>FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (FO)</b>		<b>PUNTAJE</b>
Ausencia de un sistema de respaldo		<b>3</b>
Presencia de un sistema de respaldo		<b>1</b>
<b>CRITICIDAD = FF * [( IAL * FO) + IHA + IS + CM]</b>		
Observaciones: Tabla hecha para el edificio PDVSA La Campiña, el cual alberga 1600 personas en actividades administrativas		

Tabla 6.1. Guía de criticidad del edificio PDVSA La Campiña.

Con la información obtenida de los supervisores de los sistemas en estudio se elaboró la tabla 6.2 donde se resumen las ponderaciones hechas para cada sistema y los resultados de la evaluación de criticidad.

SISTEMA	FRECUENCIA DE FALLA	CONSECUENCIAS					CRITICIDAD
		IMPACTO SOBRE ACTIVIDADES LABORALES	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	IMPACTO EN HIGIENE Y/O AMBIENTE	IMPACTO SOBRE LA SEGURIDAD	COSTOS EN MANTENIMIENTO	
AIRE ACONDICIONADO	BUENA	SEVERO	SIN RESPALDO	EXISTE	NO EXISTE	MODERADO	240
	6	10	3	3	1	6	
ASCENSORES	EXCELENTE	MODERADO	SIN RESPALDO	NO EXISTE	EXISTE	MODERADO	56
	2	6	3	1	3	6	
POTENCIA ELÉCTRICA	EXCELENTE	SEVERO	SIN RESPALDO	NO EXISTE	NO EXISTE	MODERADO	76
	2	10	3	1	1	6	
CONTRA INCENDIO	EXCELENTE	MINIMO	CON RESPALDO	NO EXISTE	EXISTE	MINIMO	16
	2	2	1	1	3	2	
SANITARIO	BUENA	MINIMO	SIN RESPALDO	EXISTE	NO EXISTE	MINIMO	72
	6	2	3	3	1	2	
CONTROL DE ACCESO	EXCELENTE	MODERADO	CON RESPALDO	NO EXISTE	NO EXISTE	MODERADO	28
	2	6	1	1	1	6	
CONTROL AUTOMATIZADO	EXCELENTE	MODERADO	CON RESPALDO	NO EXISTE	NO EXISTE	MODERADO	28
	2	6	1	1	1	6	
PLANTAS DE EMERGENCIA	EXCELENTE	SEVERO	SIN RESPALDO	NO EXISTE	NO EXISTE	BAJO	68
	2	10	3	1	1	2	

Tabla 6.2. Evaluación de la criticidad de los sistemas.

En esta tabla se puede observar que el sistema más crítico es el de aire acondicionado, seguido por sistemas de mediana criticidad como el de potencia eléctrica, sanitario, plantas de emergencia y ascensores; quedando los sistemas de control de acceso, control automatizado y contra incendio en un nivel de baja criticidad. La comparación de los resultados se muestra en la figura 6.2.

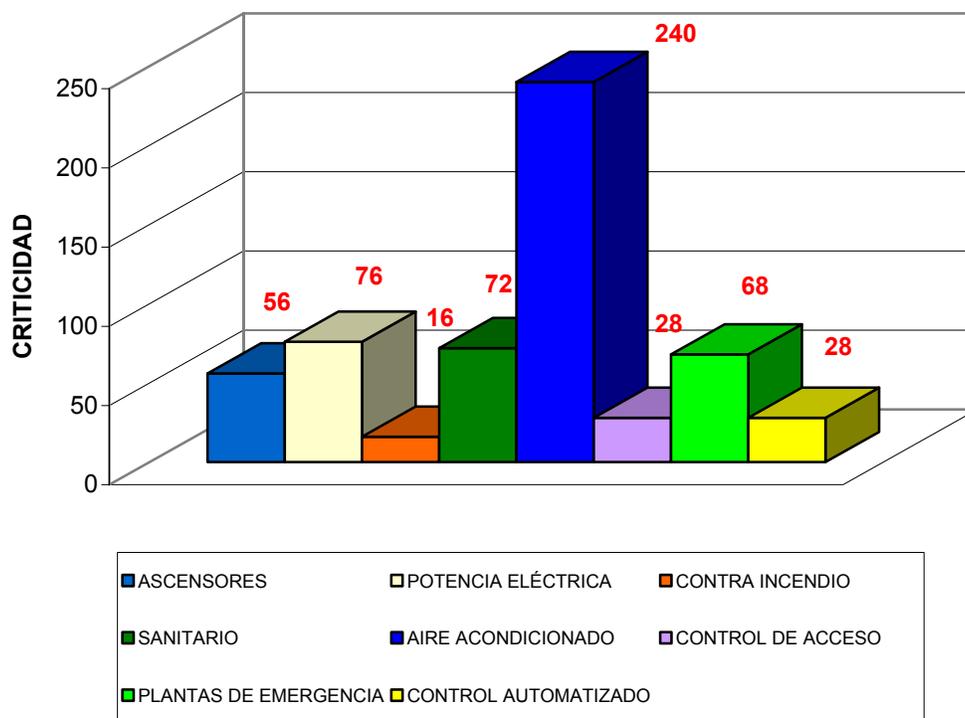


Fig. 6.2. Gráfico de criticidad de los sistemas.

### 6.3.- Análisis de criticidad de los subsistemas que componen el sistema de aire acondicionado

Como se señaló en la introducción de este capítulo, es necesario realizar un nuevo análisis de criticidad con el fin de determinar cual de los subsistemas del sistema obtenido posee mayor criticidad. Según lo dicho en el capítulo IV, los subsistemas en los cuales se divide el sistema de aire acondicionado son:

- Subsistema de Aire Acondicionado Central (Agua Helada).
- Subsistema de Ventilación Forzada.
- Subsistema de Refrigeración.
- Subsistema de Aire Acondicionado Central (Expansión Directa).

Los aspectos considerados para realizar la evaluación son los mismos que se utilizaron para evaluar los sistemas, sin embargo, consultando con el personal de mantenimiento y operación del sistema de aire acondicionado, se llegó a la conclusión de que era necesario hacer un ajuste de los criterios pertenecientes a la frecuencia de falla debido a que ésta suele ser mayor en los subsistemas que en el sistema mismo. En la tabla 6.3 se muestran las modificaciones realizadas.

<b>SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO</b>	
<b>GUIA DE CRITICIDAD</b>	
<b>FRECUENCIA DE FALLA (FF)</b>	<b>PUNTAJE</b>
Pobre: Más 10 fallas por año	<b>10</b>
Buena: Entre 4 y 10 fallas por año	<b>6</b>
Excelente: Menos de 4 fallas por año	<b>2</b>
<b>IMPACTO SOBRE LAS ACTIVIDADES LABORALES (IAL)</b>	<b>PUNTAJE</b>
Severo: Más de 400 personas afectadas o el PH	<b>10</b>
Moderado: Entre 40 y 400 personas afectadas	<b>6</b>
Mínimo: Menos de 40 personas afectadas	<b>2</b>
<b>IMPACTO SOBRE HIGIENE Y/O AMBIENTE (IHA)</b>	<b>PUNTAJE</b>
Existe la posibilidad de afectar la higiene y/o ambiente	<b>3</b>
No existe la posibilidad de afectar la higiene y/o ambiente	<b>1</b>
<b>IMPACTO SOBRE LA SEGURIDAD DEL PERSONAL (IS)</b>	<b>PUNTAJE</b>
Existe la posibilidad afectar la integridad física del personal	<b>3</b>
No existe la posibilidad afectar la integridad física del personal	<b>1</b>
<b>COSTOS EN MANTENIMIENTO (CM)</b>	<b>PUNTAJE</b>
Elevado: Superior a 10 MMBs.	<b>10</b>
Moderado: Entre 3MM Bs. y 10MMBs.	<b>6</b>
Mínimo: Menos de 3MMBs.	<b>2</b>
<b>FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (FO)</b>	<b>PUNTAJE</b>
Ausencia de un sistema de respaldo	<b>3</b>
Presencia de un sistema de respaldo	<b>1</b>
<b>CRITICIDAD = FF * [( IAL * FO) + IHA + IS + CM]</b>	

Tabla 6.3. Guía de criticidad de los subsistemas.

En la tabla 6.4 se resumen las ponderaciones estimadas por el personal de mantenimiento y operación de los subsistemas, y los resultados obtenidos.

SUBSISTEMA	FRECUENCIA DE FALLA	CONSECUENCIAS					CRITICIDAD
		IMPACTO SOBRE ACTIVIDADES LABORALES	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	IMPACTO EN HIGIENE Y/O AMBIENTE	IMPACTO SOBRE LA SEGURIDAD	COSTOS EN MANTENIMIENTO	
A/A CENTRAL (AGUA HELADA)	BUENA	SEVERO	SIN RESPALDO	EXISTE	NO EXISTE	MODERADO	240
	6	10	3	3	1	6	
VENTILACION FORZADA	EXCELENTE	MINIMO	SIN RESPALDO	EXISTE	EXISTE	MINIMO	28
	2	2	3	3	3	2	
REFRIGERACIÓN	BUENA	MODERADO	SIN RESPALDO	EXISTE	NO EXISTE	MODERADO	168
	6	6	3	3	1	6	
A/A CENTRAL (EXPANSIÓN DIRECTA)	EXCELENTE	MINIMO	SIN RESPALDO	EXISTE	NO EXISTE	MODERADO	32
	2	2	3	3	1	6	

Tabla 6.4. Evaluación de la criticidad de los subsistemas del sistema de aire acondicionado.

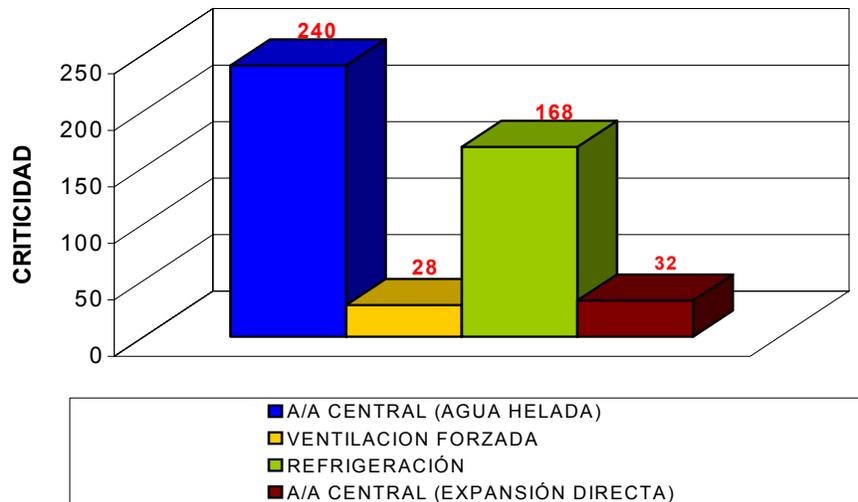


Fig. 6.3. Gráfico de criticidad de los subsistemas del sistema de aire acondicionado.

#### 6.4.- Análisis de criticidad de los equipos que componen el subsistema de aire acondicionado central (agua helada)

Para definir el nivel de detalle al cual se desea llevar la jerarquización de los equipos de las instalaciones del edificio PDVSA La Campiña, se requiere realizar un último análisis de criticidad. Éste permitirá establecer el orden de criticidad de los equipos que componen el sistema de aire acondicionado central (agua helada). Como se mostró en el capítulo IV estos equipos son:

- Chillers.
- Torres de Enfriamiento.
- Salas de Manejo de Aire.

La evaluación de los equipos se realizó bajo los mismos criterios establecidos en la tabla 6.3, debido a que, la frecuencia de falla de los equipos es similar a la frecuencia de falla del sistema de aire acondicionado central (agua helada). Los resultados de la evaluación de la criticidad de estos equipos se muestran a continuación:

EQUIPOS	FRECUENCIA DE FALLA	CONSECUENCIAS					CRITICIDAD
		IMPACTO SOBRE ACTIVIDADES LABORALES	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	IMPACTO EN HIGIENE Y/O AMBIENTE	IMPACTO SOBRE LA SEGURIDAD	COSTOS EN MANTENIMIENTO	
CHILLERS	BUENA	SEVERO	CON RESPALDO	NO EXISTE	NO EXISTE	MODERADO	108
	6	10	1	1	1	6	
TORRES DE ENFRIAMIENTO	EXCELENTE	MODERADO	CON RESPALDO	NO EXISTE	NO EXISTE	MINIMO	20
	2	6	1	1	1	2	
SALAS DE MANEJO DE AIRE	BUENA	SEVERO	SIN RESPALDO	EXISTE	NO EXISTE	MODERADO	240
	6	10	3	3	1	6	

Tabla 6.5. Evaluación de la criticidad de los equipos del subsistema de aire acondicionado central (agua helada).

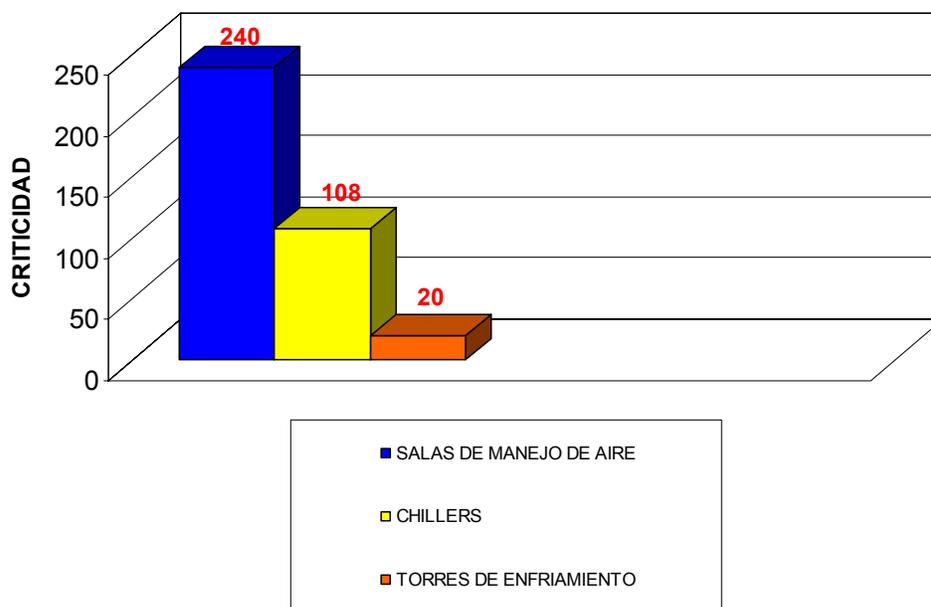


Fig. 6.4. Gráfico de criticidad de los equipos del subsistema de aire acondicionado central (agua helada).

### 6.5.- Jerarquización de los equipos del edificio PDVSA La Campiña

Los análisis de criticidad realizados mostraron que dentro de los sistemas que operan en el edificio PDVSA La Campiña el más crítico es el sistema de aire acondicionado, de los subsistemas que componen este último el de mayor criticidad es el subsistema de aire acondicionado central (agua helada), y entre los equipos que conforman dicho subsistema los más críticos son las salas de manejo de aire.

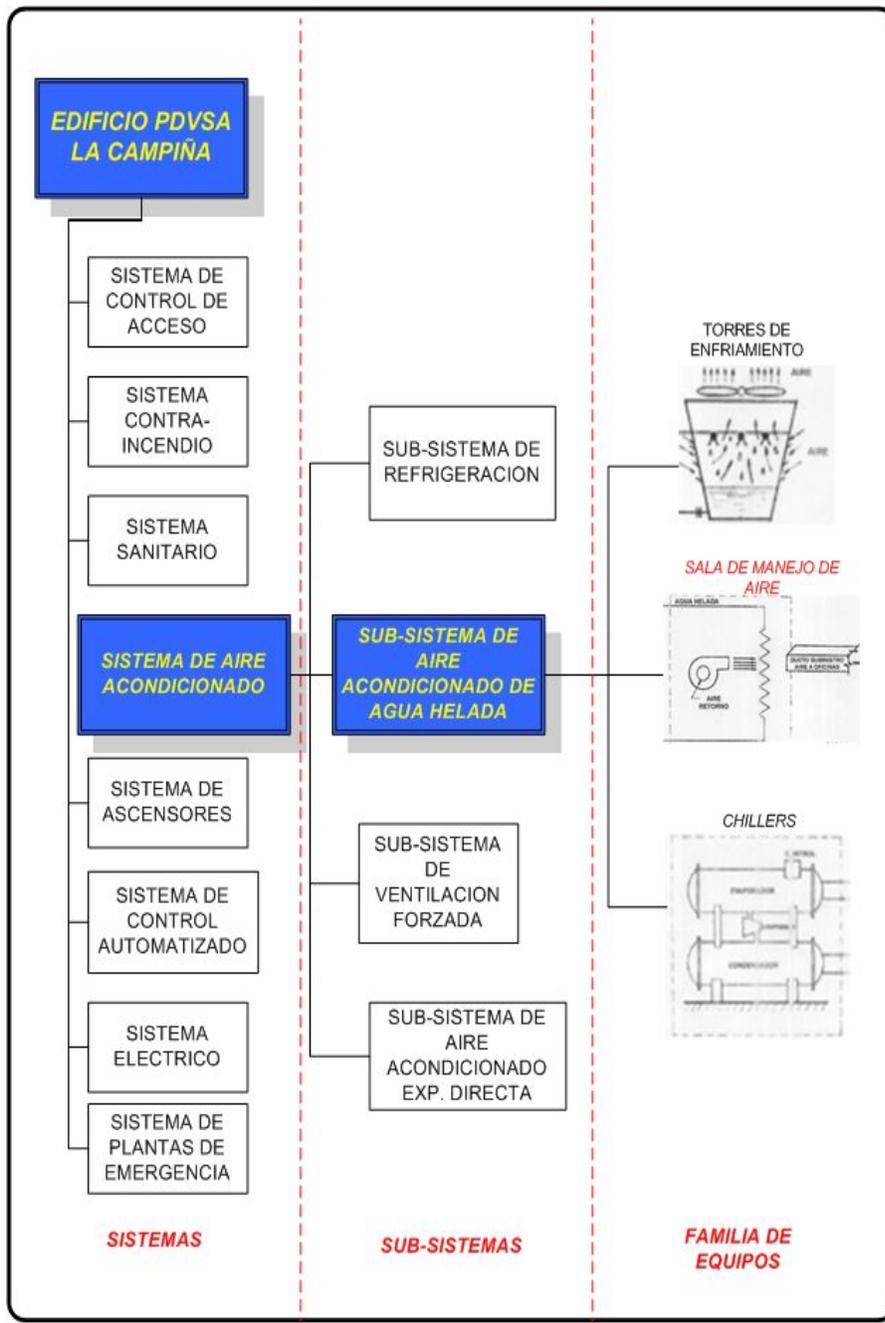


Fig. 6.5. Jerarquización de los equipos del edificio PDVSA La Campiña.

## 6.6.- Aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad

### 6.6.1.- Análisis funcional

La función primordial del subsistema de aire acondicionado central (agua helada) es la de suministrar aire acondicionado a distintas localidades del edificio. Para tal fin utiliza básicamente tres equipos: las salas de manejo de aire, los chillers y las torres de enfriamiento (ver figura 6.6). De estos, como se dijo anteriormente, los más críticos para el buen funcionamiento del edificio son las salas de manejo de aire. Para efectos de la elaboración de este trabajo, se aplicará la metodología del MCC en una sala de manejo de aire representativa (la sala de manejo de aire N° 1), debido a que, las funciones para las cuales fueron concebidas las salas son similares y solo varían en el caudal de aire de suministro, siendo los valores termodinámicos (temperatura, presión y humedad) iguales para todas las salas.

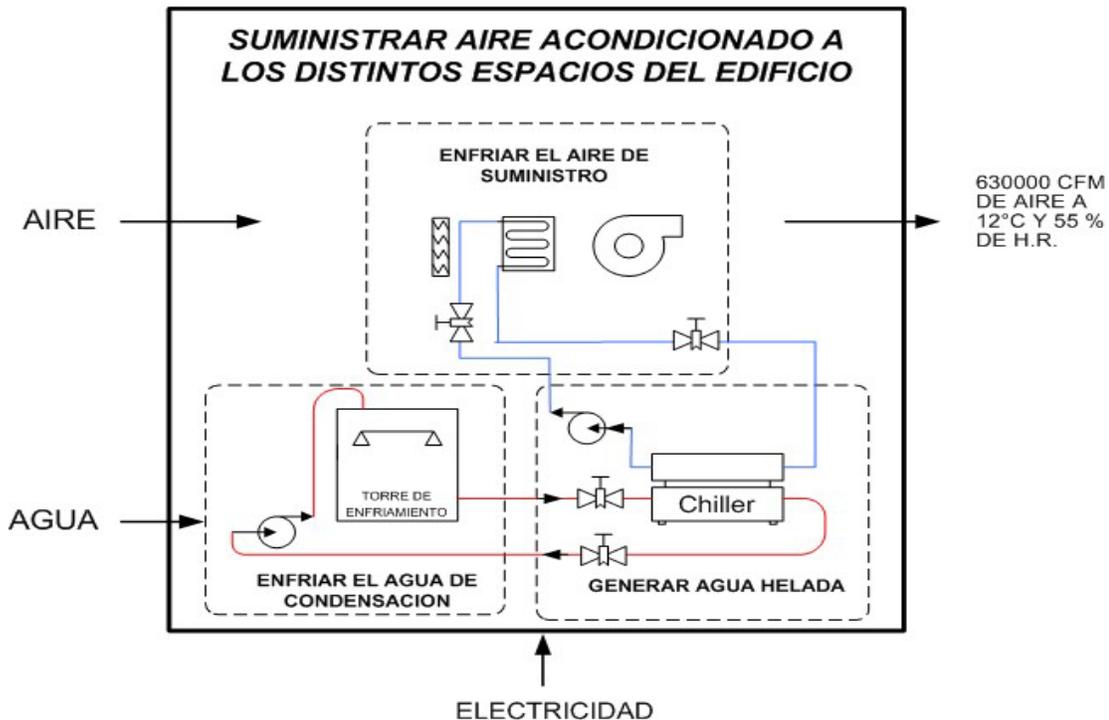


Fig. 6.6. Diagrama EPS del sistema de aire acondicionado central (agua helada).

Seleccionando como objeto de estudio a la sala de manejo de aire N°1 se identificó la siguiente función:

- Suministrar 44.800 pies cúbicos por minuto de aire a  $(12 \pm 1) ^\circ\text{C}$  de temperatura y, entre 50 y 55% de humedad relativa.

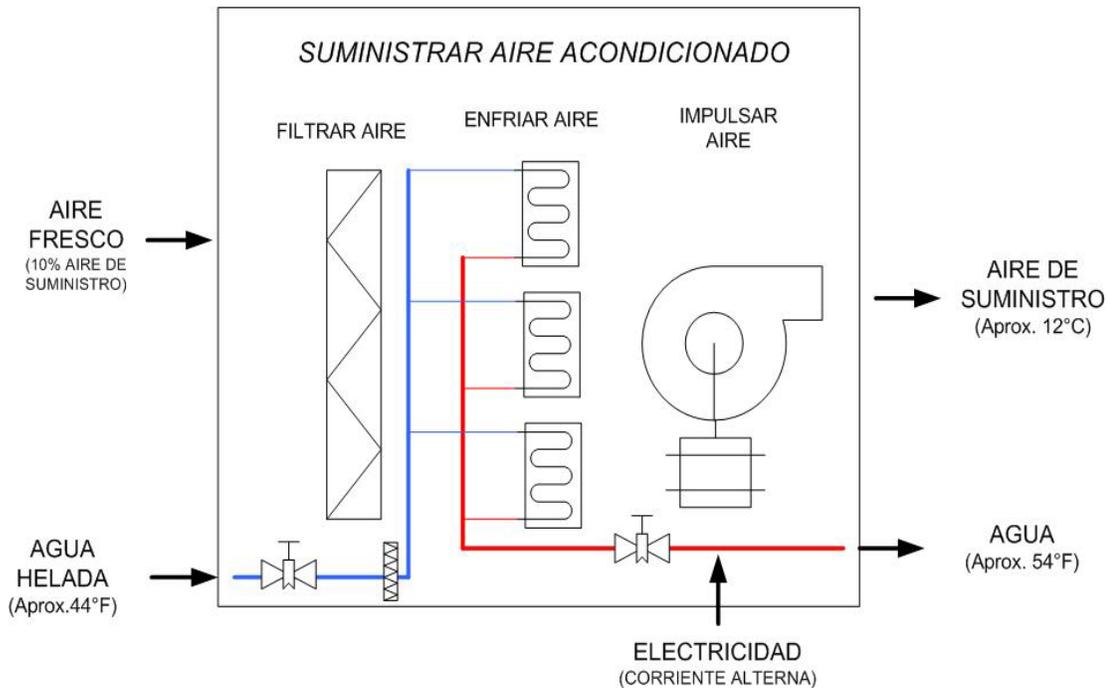


Fig. 6.7. Diagrama EPS de la salas de manejo de aire.

## 6.6.2.- Análisis de modos y efectos de falla en las salas de manejo de aire

### 6.6.2.1.- Fallas de función

El primer paso en el análisis de modos y efectos de falla consiste en definir las posibles fallas de función que el equipo puede presentar. En este caso, para las salas de manejo de aire, se identificaron las siguientes fallas de función:

- No suministra aire.
- Suministra un caudal de aire menor a 44.800 pies cúbicos por minuto.
- Temperatura del aire de suministro superior a  $13 ^\circ\text{C}$ .
- Temperatura del aire de suministro inferior a  $11 ^\circ\text{C}$ .

Se debe acotar que, en un principio, para las salas de manejo de aire se definieron también otras funciones, tales como: suministro de un caudal de aire superior a 44.800 CFM, humedad relativa superior a 55 % y humedad relativa inferior a 50 %. No obstante, al realizar una consulta con las personas encargadas del mantenimiento y operación de las salas de manejo de aire, se conoció que por las condiciones de diseño de estos equipos no es posible que presenten las fallas antes mencionadas.

#### **6.6.2.2.- Modos de falla**

Los modos de falla se registran como la causa fundamental de la falla de función, basadas en el origen (nivel de estudio) y la índole (eléctrica, mecánica, etc.) de ésta causa. Es necesario recalcar que la lista de modos de falla excluye aquellas fallas que, aunque posibles, tienen probabilidad baja de ocurrir.

#### **6.6.2.3.- Efectos de falla**

Los efectos de falla son descritos de forma tal que aparte de contribuir a la selección de la tarea adecuada, permiten conocer como es el proceso de desarrollo de la falla, desde la manera de ser detectada hasta la consecuencia final en caso de que esta no sea atacada debidamente.

#### **6.6.3.- Hoja de registro del AMEF de las salas de manejo de aire**

A continuación se resumen, para fines de documentación, la función, las posibles fallas de función, los modos de falla y los efectos característicos de las salas de manejo de aire. El análisis aquí contenido sirve para la aplicación del árbol lógico de decisión.

AMEF	SUB-SISTEMA: Aire acondicionado central (agua helada)		GRUPO DE ANÁLISIS	Grupo MCC	PÁGINA	1
	EQUIPO: Sala de manejo de aire N°1		FECHA	Agosto 2004	DE	7
	CÓDIGO: SMA-ESS001		FUNCIÓN: Enfriar, deshumidificar y suministrar un caudal específico de aire.			
	FUNCIÓN	FALLA DE FUNCIÓN	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA		
I	Suministrar 44.800 CFM de aire a 12 °C +/- 1°C de temperatura y entre 50 % H.R. y 55 % H.R.	A No suministra aire.	1 Falla del control automatizado Excel Building en el arranque del motor eléctrico. 2 Falla en el tablero eléctrico. 3 Falta de señal eléctrica en el motor. 4 Falla del variador de velocidad en el arranque del motor.	El equipo se puede operar manualmente. Sin embargo, esta falla debe ser atacada rápidamente de manera de evitar un aumento en el consumo eléctrico. Se genera una alarma de aviso y se produce el disparo de los dispositivos de protección del motor a causa de sobrecargas eléctricas o cortocircuitos. <i>Se analiza separadamente.</i> El origen de este tipo de falla se le atribuye a desperfectos en las subestaciones eléctricas. Se produce un aumento considerable del amperaje. El equipo arrancará en forma directa, lo que puede generar picos de corriente que llegan a disparar los dispositivos de protección.		

Tabla 6.6.a. Hoja de registro AMEF – página 1.

AMEF	SUB-SISTEMA: Aire acondicionado central (agua helada)		GRUPO DE ANÁLISIS	Grupo MCC	PÁGINA	2
	EQUIPO: Sala de manejo de aire N°1		FECHA	Agosto 2004	DE	7
	CÓDIGO: SMA-ESS001		FUNCIÓN: Enfriar, deshumidificar y suministrar un caudal específico de aire.			
	FUNCIÓN	FALLA DE FUNCIÓN	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA		
			5 Correa rota a causa del desgaste. 6 Correa rota y/o desajustada a causa de vibraciones en el eje del ventilador. 7 El motor eléctrico no gira por defectos en los terminales.	Después de dada la señal de arranque al motor, no existirá movimiento del ventilador con lo cual se activará una alarma. El flujo de aire será nulo. Con el paso del tiempo el giro del ventilador se hace ruidoso y con presencia de vibraciones a causa de rodamientos defectuosos que afectan el estado de las correas. De persistir la falla puede existir disparo del motor por sobrecarga eléctrica. No existirá movimiento del ventilador con lo cual se activará una alarma. Esta falla se hará evidente cuando se requiera el arranque del motor o en esté en estado operativo normal.		

Tabla 6.6.b. Hoja de registro AMEF – página 2.

AMEF	SUB-SISTEMA: Aire acondicionado central (agua helada)		GRUPO DE ANALISIS	Grupo MCC	PÁGINA	3
	EQUIPO: Sala de manejo de aire N°1		FECHA	Agosto 2004	DE	7
	CÓDIGO: SMA-ESS001		FUNCIÓN: Enfriar, deshumidificar y suministrar un caudal específico de aire.			
	FUNCIÓN	FALLA DE FUNCIÓN	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA		
			8 El motor se tranca en el arranque por rodamientos defectuosos	Con el paso del tiempo el giro del motor se hace ruidoso y con presencia de vibraciones. Los rodamientos defectuosos trancan el motor por el excesivo roce. Adicionalmente se produce el disparo de los dispositivos de protección como consecuencia de una sobrecarga eléctrica.		
		B Suministra un caudal mucho menor al valor estándar (menor de 44.800 CFM)	I Filtro de aire obstruido.	Se evidencia mediante la inspección visual del filtro. Si el filtro se obstruye parcialmente, puede ocasionar una baja sensible del caudal de aire		

Tabla 6.6.c. Hoja de registro AMEF – página 3.

AMEF	SUB-SISTEMA: Aire acondicionado central (agua helada)		GRUPO DE ANALISIS	Grupo MCC	PÁGINA	4
	EQUIPO: Sala de manejo de aire N°1		FECHA	Agosto 2004	DE	7
	CÓDIGO: SMA-ESS001		FUNCIÓN: Enfriar, deshumidificar y suministrar un caudal específico de aire.			
	FUNCIÓN	FALLA DE FUNCIÓN	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA		
			2 Baja velocidad de giro del motor causada por correas desalineadas o desgastadas.	Las correas desalineadas y desgastadas no permiten una adecuada transmisión hacia el ventilador. A través de inspección se podrán apreciar vibraciones y ruido. De no ser atacada la falla se puede ocasionar la rotura de la correa y daños mayores.		
			3 Falla en el variador de velocidad durante la operación del motor.	El variador defectuoso evitará que el motor gire a la velocidad adecuada.		
			4 Fugas en cuellos de lona.	Los porcentajes de fuga de aire generalmente son sensibles y se detectan mediante inspección. Esta falla puede ser consecuencia de un descuido o de un caso de menor gravedad.		

Tabla 6.6.d. Hoja de registro AMEF – página 4.

AMEF	SUB-SISTEMA: Aire acondicionado central (agua helada)		GRUPO DE ANÁLISIS	Grupo MCC	PÁGINA	5
	EQUIPO: Sala de manejo de aire N°1		FECHA	Agosto 2004	DE	7
	CÓDIGO: SMA-ESSO01		FUNCIÓN: Enfriar, deshumidificar y suministrar un caudal específico de aire.			
	FUNCIÓN	FALLA DE FUNCIÓN	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA		
		C Temperatura del aire superior a 13 °C.	1 Alta temperatura del agua helada	Se analiza separadamente. El agua helada es un insumo cuyas variables termodinámicas dependen del chiller.		
			2 Falla en el motor que controla el desplazamiento del vástago de la válvula motorizada.	El motor no cumple su función de desplazamiento del vástago cuando se es requerida, con lo cual se reduce el caudal de agua helada en caso de que la válvula falle cerrada.		
			3 Bajo caudal de agua helada.	Se analiza separadamente. El agua helada es insumo proveniente de otro equipo.		
			4 Filtro de agua helada sucio.	Esta falla sucede con muy poca frecuencia. Con el pasar del tiempo el filtro se obstruye y limita el paso de agua helada hacia los serpentines.		

Tabla 6.6.f. Hoja de registro AMEF – página 5.

AMEF	SUB-SISTEMA: Aire acondicionado central (agua helada)		GRUPO DE ANÁLISIS	Grupo MCC	PÁGINA	6
	EQUIPO: Sala de manejo de aire N°1		FECHA	Agosto 2004	DE	7
	CÓDIGO: SMA-ESSO01		FUNCIÓN: Enfriar, deshumidificar y suministrar un caudal específico de aire.			
	FUNCIÓN	FALLA DE FUNCIÓN	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA		
			5 Serpentin sucio.	Es muy poco probable que esta falla se presente por la existencia de filtros de aire de alta eficiencia. En caso de presentarse habrá baja eficiencia en la transferencia de calor con el agua.		
			6 Fuga de agua helada en el serpentín.	No hay antecedentes de que esta falla haya sucedido. Para que esta falla sea considerable la fuga tiene que ser de proporciones tales que disminuya notablemente el flujo agua hacia el serpentín.		

Tabla 6.6.g. Hoja de registro AMEF – página 6.

AMEF	SUB-SISTEMA: Aire acondicionado central (agua helada)		GRUPO DE ANÁLISIS	Grupo MCC	PÁGINA	7
	EQUIPO: Sala de manejo de aire N°1		FECHA	Agosto 2004	DE	7
CÓDIGO: SMA-ESSO01			FUNCIÓN: Enfriar, deshumidificar y suministrar un caudal específico de aire.			
FUNCIÓN		FALLA DE FUNCIÓN	MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA	
		D Temperatura del aire inferior a 11 °C.	I	Falla en el motor que controla el desplazamiento del vástago de la válvula motorizada.	El motor no cumple su función de desplazamiento del vástago cuando se es requerida, con lo cual se reduce el caudal de agua helada en caso de que la válvula falle abierta.	
2	Estar en capacidad de activar una alarma de aviso si el equipo tiene la señal de encendido, siendo el caudal de aire de suministro nulo	A No está en capacidad de activar la alarma.	I	Falla en los contactos o atascamiento del dispositivo mecánico producto de vibraciones o deterioro del sensor.	Al no existir el aviso de ausencia de flujo aire no hay manera directa de que los operadores sepan de la presencia de alguna falla que inhabilita a la unidad. El efecto de esta falla será apreciado directamente por los usuarios del edificio al sentir que el aire acondicionado no funciona.	

Tabla 6.6.h. Hoja de registro AMEF – página 7.

#### 6.6.4.- Ejemplo de aplicación del árbol lógico de decisión

- ❖ Modo de falla: Falla del variador de velocidad en el arranque del motor eléctrico
  - Pregunta 1: ¿La lubricación impedirá esta falla?
  - Respuesta: No. Evidentemente en el variador de velocidad, por ser un dispositivo netamente electrónico, no existen partes mecánicas que requieran lubricación.
  - Pregunta 2: ¿La falla no es evidente y debe ocurrir otra falla para ver los efectos de falla?
  - Respuesta: Si, la falla es durmiente. Cuando el variador de velocidad no cumple su función de arranque suave del motor, éste es encendido automáticamente por un arrancador convencional por lo cual puede que no sea afectada la función del equipo. Sin embargo, en ese mismo arranque o en otro subsiguiente, se puede producir un aumento considerable de la corriente, inducido por el arranque convencional, que provoque el disparo de los dispositivos de protección.
  - Pregunta 3: ¿Se puede definir claramente la falla potencial, con un intervalo PF consistente, apreciable y útil, y se puede monitorear la condición?

- Respuesta: No. El variador, como la mayoría de los dispositivos electrónicos, no suele mostrar ninguna tendencia de falla y ésta se presenta de manera repentina.
- Pregunta 4: ¿El equipo se desgasta?, ¿Cual es la vida útil?
- Respuesta: No. El variador está conformado por una serie de elementos electrónicos que no se ven sometidos a desgaste y que son de vida útil considerable.
- Pregunta 5: ¿Una prueba no destruiría el equipo?, ¿Es factible una pesquisa de fallas?
- Respuesta: Si. Al variador es posible realizarle pruebas de sus funciones sin afectarlo. Por lo tanto, la tarea recomendada para el mantenimiento del variador es la pesquisa de fallas.

**6.6.5.- Hoja de registro de tareas de mantenimiento para las salas de manejo de aire**

EQUIPO: Sala de manejo de aire N°1										GRUPO DE ANÁLISIS: Grupo MCC				PÁGINA: 1	
CÓDIGO: SMA-ESSO1										FECHA: Agosto 2004				DE: 4	
NUMERO DE REFERENCIA				EVALUACION DE LA CONSECUENCIA				REFERENCIA DE LAS TAREAS				OBSERVACIONES:			
F	FF	FM	DO	SE	OP	NOP	LUB	DO1 SE1 OP1 NP1	DO2 SE2 OP2 NP2	DO3 SE3	DO4	TAREA PROPUESTA		FRECUENCIA	HECHO POR
1	A	1			S		N	N	N			No hay mantenimiento programado. Se recomienda aplicar un nivel mínimo de mantenimiento el cual consiste en limpieza y ajuste de las tarjetas electrónicas. En caso del ser necesario, reemplazar componentes.		Semestral	Operador electricista
1	A	2			S		N	N	N			No hay mantenimiento programado. Se recomienda aplicar un nivel mínimo de mantenimiento el cual consiste en limpieza de los componentes eléctricos y ajuste de los contactos. En caso del ser necesario, reemplazar componentes.		Anual	Técnico Electricista
1	A	3										Los dispositivos de potencia eléctrica se analizan separadamente.			
1	A	4	S				N	N	N	S		Pesquisas de fallas. Consiste en probar la función del variador de velocidad. Adicionalmente, aplicar limpieza y ajuste de los componentes.		Anual	Operador electricista

Tabla 6.7.a. Hoja de registro de tareas-página 1.

EQUIPO: Sala de manejo de aire N°1										GRUPO DE ANÁLISIS: Grupo MCC		PÁGINA: 2		
CÓDIGO: SMA-ESS001										FECHA: Agosto 2004		DE: 4		
NUMERO DE REFERENCIA			EVALUACIÓN DE LA CONSECUENCIA				REFERENCIA DE LAS TAREAS				OBSERVACIONES:			
F	FF	FM	DO	SE	OP	NOP	LUB	DO1 SE1 OP1 NP1	DO2 SE2 OP2 NP2	DO3 SE3	DO4	TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA	HECHO POR
1	A	5			S		N	S				Mantenimiento basado en la condición. Consiste en inspeccionar visualmente el estado físico de las correas y corregir desviación.	Diaria	Operador mecánico
												Aplicar la alineación y la tensión de las correas, la inspección de las poleas.	Bimensual	
1	A	6			S		N	S				Mantenimiento basado en la condición. Consiste en inspeccionar los niveles de ruido de los rodamientos del ventilador.	Diaria	Operador mecánico
												Aplicar chequeo de los rodamientos y reemplazo de los mismos de ser necesario. Lubricar chumaceras.	Bimensual	
1	A	7			S		N	N	N			No hay mantenimiento programado. Se recomienda el ajuste de los contactos.	Trimestral	Operador electricista
1	A	8			S		N	S				Mantenimiento basado en la condición. Consiste en inspeccionar los niveles de vibración y ruido de los rodamientos. Lubricar o reemplazar si es necesario.	Bimensual	Operador mecánico

Tabla 6.7.b. Hoja de registro de tareas-página 2.

EQUIPO: Sala de manejo de aire N°1										GRUPO DE ANÁLISIS: Grupo MCC		PÁGINA: 3		
CÓDIGO: SMA-ESS001										FECHA: Agosto 2004		DE: 4		
NUMERO DE REFERENCIA			EVALUACIÓN DE LA CONSECUENCIA				REFERENCIA DE LAS TAREAS				OBSERVACIONES:			
F	FF	FM	DO	SE	OP	NOP	LUB	DO1 SE1 OP1 NP1	DO2 SE2 OP2 NP2	DO3 SE3	DO4	TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA	HECHO POR
1	B	1				S	N	S				Mantenimiento basado en la condición. Chequeo del grado limpieza del filtro. Reemplazarlos en caso de estar muy deteriorados.	Bimensual	Operador mecánico
1	B	2			S		N	S				Actividades referidas en 1-A-5		
1	B	3	S				N	N	N	S		Actividades referidas en 1-A-4		
1	B	4			S		N	S				Mantenimiento basado en la condición. Inspección visual de los cuellos de lona para la detección de fugas. En caso de existir una fuga menor realizar taponarla con la aplicación de parches.	Bimensual	Operador mecánico
1	C	1										Se analiza separadamente		
1	C	2			S		N	N	S			Mantenimiento basado en el tiempo. Realizar chequeo a los componentes de la válvula motorizada para constatar su buen funcionamiento.	Bimensual	Operador mecánico

Tabla 6.7.c. Hoja de registro de tareas-página 3.

EQUIPO: Sala de manejo de aire N°1										GRUPO DE ANÁLISIS: Grupo MCC			PÁGINA: 4	
CÓDIGO: SMA-ESS001										FECHA: Agosto 2004			DE: 4	
NUMERO DE REFERENCIA			EVALUACIÓN DE LA CONSECUENCIA				REFERENCIA DE LAS TAREAS					OBSERVACIONES:		
F	FF	FM	DO	SE	OP	NOP	LUB	DO1 SE1 OP1 NP1	DO2 SE2 OP2 NP2	DO3 SE3	DO4	TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA	HECHO POR
1	C	3										Se analiza separadamente		
1	C	4			S		N	S				Mantenimiento basado en la condición. Aplicar la prueba del golpe de arite. En caso de ser necesario limpiar o reemplazar los filtros.	Bimensual	Operador mecánico
1	C	5			S		N	N	S			Mantenimiento basado en el tiempo. Limpieza del serpentín.	Bimensual	Operador mecánico
1	C	6			S		N	S				Mantenimiento basado en la condición. Inspeccionar visualmente el serpentín y corregir desviación. Cada cierto tiempo será necesario profundizar la inspección visual.	Diario Bimensual	Operador mecánico
1	D	1			S		N	N	S			Actividades referidas en 1-C-2	Bimensual	Operador mecánico
2	A	1	S				N	N	N	S		Pesquisa de falla. Cada cierto tiempo será necesario probar el funcionamiento del sensor. Adicionalmente, limpiar y ajustar contactos.	Anual	Operador electricista

Tabla 6.7.d. Hoja de registro de tareas-página 4.

### 6.7.- Conformación del listado de tareas de mantenimiento de las salas de manejo de aire.

Las actividades reflejadas en la hoja de tareas son agrupadas en un cronograma que aparte de reflejar las actividades posibles de ejecutar, muestra el nivel de mantenimiento que estas poseen según el grado de intervención que haya que aplicarle al equipo y las frecuencias con la que deben ser ejecutadas.

Actividades cuya estrategia sean "por tiempo" deben ser realizadas según el ciclo recomendado. Sin embargo, cabe destacar que actividades cuya estrategia sea "por condición" son realizadas mediante avisos de mantenimiento cuya emisión no necesariamente deben corresponder al ciclo recomendado, de igual forma se sugiere realizar la actividad según el tiempo indicado en el cronograma.

NUM	ESTRAT	NIVEL	TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA DE LAS TAREAS								
				D	1M	2M	3M	4M	6M	1A		
1	Tiempo	II	Limpieza y ajuste de contactos y de dispositivos eléctricos y electrónicos							◆		
2	Tiempo	III	Alineación y tensión de correas			◆						
3	Tiempo	II	Probar el funcionamiento del variador de velocidad									◆
4	Tiempo	III	Lubricación de chumaceras			◆						
5	Tiempo	III	Limpieza del serpentín			◆						
6	Condición	III	Chequeo de los filtros de aire			◆						
7	Condición	III	Chequeo de los filtros de agua helada			◆						
8	Tiempo	III	Chequeo de la válvula motorizada			◆						
9	Tiempo	III	Probar el funcionamiento del sensor de aire									◆
10	Condición	III	Chequeo de los cuellos de lona			◆						
11	Condición	III	Inspección del nivel de ruido y vibración del motor			◆						

Tabla 6.8. Cronograma de actividades de mantenimiento para las salas de manejo de aire.

### 6.7.1.- Recomendaciones para los procedimientos de las actividades de mantenimiento de las salas de manejo de aire.

#### ❖ *Limpeza y ajuste de contactos eléctricos y de dispositivos electrónicos del tablero eléctrico*

- Limpiar los contactos con solvente no volátil (posteriormente deben limpiarse con acetona para eliminar los residuos del solvente) y apriétense los herrajes o reemplácese. De igual forma debe apretarse los tornillos de montaje de los alambres de carga y del elemento térmico.
- Reemplazar las muelles de los contactos para evitar presión débil entre ellos. Verificar que el portacontactos no este deformado.
- No se limen los contactos de plata. Los puntos rugosos o las decoloraciones no afectaran su eficiencia.
- Utilizar un ohmmetro para detectar bobinas abiertas o en cortocircuito. De igual forma verificar el voltaje del sistema y de la bobina y observe las variaciones durante el arranque.
- Verificar la aplicación de las bobinas en el circuito. Las bobinas operarán satisfactoriamente dentro de los límites del 85% y 110% del voltaje nominal.
- Verificar la aplicación de los elementos térmicos.

#### Materiales:

Solvente dieléctrico en aerosol.

Borna portafusible de tipo 5x20 para protección del transformador.\*

Borna portafusible de tipo 5x20 para protección de 110 VAC.\*

Lámpara de señalización ámbar de falla S.M.A. 1\*

Lámpara de señalización verde de variador S.M.A. 1\*

Lámpara de señalización ámbar de BYPASS.\*

Lámpara de señalización verde de señal EXCEL.\*

\* De ser necesario en caso de reemplazo.

En los casos en que se requiera aplicar procedimientos de mayor complejidad asociados a la actividad mencionada, tal como un mantenimiento mayor, se sugiere realizar la contratación de personal técnico especializado en la materia.

❖ ***Alineación y tensión de correas***

- Verificar el estado físico de las correas en búsqueda de síntomas de deshilachamiento de las fibras, de agrietamiento y de desgaste.
- Verificar si las poleas de las correas están paralelas. En caso de no estarlo será necesario desplazarlas hasta conseguir la condición de paralelismo.
- La mejor tensión de una correa será la mas baja a la que no resbalará a plena carga. Demasiada tensión acorta su vida; muy poca hace que resbale, lo cual conduce a una falla prematura de la misma.
- Una vez acomodadas las correas en las ranuras de las poleas, con el dedo índice haga presión en el punto medio de la correa hasta producir una deflexión igual al ancho de la correa, de no ser así aflojar los tornillos que aseguran el motor con los carriles tensores, y corra el motor hasta conseguir la deflexión deseada. Hágase funcionar la transmisión durante 15 minutos para asentarlas.
- Verificar con frecuencia la tensión de la correa durante el primer día de operación.
- En caso de que las correas estén muy deterioradas, reemplazarlas según la correa correspondiente (Tabla 6.9)

Materiales: Según la sala de manejo de aire que sea intervenida se requerirá de algún tipo de correa en específico, señaladas en la tabla 6.9

**❖ Probar el funcionamiento del variador de velocidad.**

- Arrancar el motor y registrar el amperaje.
- Realizar limpieza y ajuste de contactos eléctricos y de dispositivos electrónicos según el procedimiento mencionado anteriormente.

**❖ Lubricación de chumaceras**

- Realizar una operación cuidando la limpieza del lugar.
- Garantizar que toda la grasa anterior sea bien retirada, de manera que no exista mezcla de esa grasa con la nueva.
- La grasa nueva a aplicar debe ser esparcida en todas las zonas de la chumacera. Cantidades de grasas insuficientes pueden ser perjudiciales ya que pueden causar recalentamiento.
- Verificar que todos los tornillos quedan bien ajustados.

Materiales: Grasa: PREMALUBE RED

**❖ Limpieza del serpentín**

- Utilizar una bomba manual para otórgale al agua la presión adecuada la cual no puede exceder 120 psi. Poca presión podría no retirar por completo la capa de sucio alojada en la superficie del serpentín; demasiada presión podría deformar las aletas del serpentín.
- Rociar con el producto químico ambos lados del serpentín con dirección frontal del agua y dejarlo actuar por aproximadamente unos 10 minutos ó hasta que se desprenda el sucio por completo.
- Aplicar agua a presión hasta retirar por completo el producto químico y el sucio que contiene el serpentín.
- En la medida de lo posible retirar todo el producto químico de la superficie de serpentín, ya que este puede dañar las aletas del mismo.

Materiales:

Producto químico: Químico abrillantador y de limpieza de serpentín alcalino.

Bomba hidrojet.

**❖ Chequeo de los filtros de aire**

- Si existe mucha cantidad de polvo aplicar limpieza de los filtros de aire mediante de lavado de los mismos. En caso de estar muy deteriorados reemplazarlos.

Materiales:

Filtros de aluminio de bolsa 24x24x12 (entre de 24-28 piezas dependiendo la sala de manejo de aire intervenida)

**❖ Chequeo de la válvula motorizada**

- Chequear los componentes mecánicos de la válvula, tales como el vástago y su acople, el motor de desplazamiento incluyendo todos sus componentes.
- Chequear el circuito de potencia y de control del motor eléctrico de la válvula según los procedimientos establecidos y verificando los ítems asociados a ese aspecto mencionados interioramente.

**❖ Probar el funcionamiento del sensor de aire**

- Simular la falla de suministro de aire de la sala manejo de aire y verificar la existencia de una señal de alarma.
- En caso de no presentarse problema con la alarma, realizar la limpieza de los elementos mecánicos del sensor para retirar polvo y/o cualquier tipo de suciedad presente.
- En caso de existir falla, reemplazar el sensor.

**❖ Chequeo de cuellos de lona**

- Verificar el estado físico de los cuellos de lona.
- En caso de existir alguna zona con fuga, colocar tirro plomo siempre y cuando esta sea lo suficientemente pequeña. En caso contrario reemplazar el cuello de lona.
- Mantener un monitoreo de la zona afectada durante al menos dos días después de haber realizado la acción preventiva, de manera de detectar algún tipo de fuga en la zona.

Material: Tirro plomo.

**❖ Inspección del nivel de ruido y vibración del motor del ventilador.**

- Con el equipo adecuado monitorear el nivel de vibración del eje del motor
- En caso de ser necesario, reemplazar los rodamientos y chumacera según la tabla 6.9. Tomar las siguientes precauciones:
  1. Verifique las tolerancias del eje y la carcasa.
  2. Asegúrese que las tolerancias están dentro del intervalo recomendado por el proveedor del cojinete.
  3. Limpie el área de instalación y las partes en contacto.
  4. No retire la envoltura del rodamiento hasta que se necesite hacerlo para la instalación.
  5. No exponga el rodamiento al polvo o suciedad.
  6. No lave un rodamiento nuevo, porque eliminara la película protectora.
  7. En ningún caso se deberá montar el rodamiento ejerciendo fuerza sobre o a través de los elementos rodantes.

Identificación de la Sala	Correa	Rodamientos del motor	Chumaceras del ventilador
SMA-ESS/01	Correa C-187	6213	22215
SMA-ESS/02	Correa C-187	6213	22215
SMA-OSS/03	Correa C-187	6213	22215
SMA-OSS/04	Correa C-187	6213	22215
SMA-EAZ/05	Correa B-180	6213	22215
SMA-EAZ/06A	Correa C-128	6213	22215
SMA-EAZ/06B	Correa C-128	6213	22215
SMA-EAZ/07	Correa B-180	6213	22215
SMA-OAZ/08	Correa C-187	6313, 6309	22215
SMA-OAZ/09	Correa C-187	6313	22214

Tabla 6.9. Materiales para la salas de manejo de aire.

**6.8.- Implantación del modelo de gestión de SAP**

**6.8.1.- Carga de la información de los objetos técnicos en SAP**

La carga de la información necesaria para realizar la gestión de mantenimiento preventivo en SAP pasa por definir en éste las características del objeto técnico a mantener, esto implica asociar el objeto técnico a una posición dentro del SAP. Esta posición dentro del software se encuentra relacionada con un área de empresa, representada en esta ocasión por el edificio PDVSA La Campiña (CAM), que conjuntamente con el emplazamiento, correspondiente en este caso a la ciudad de Caracas (CCS), pertenecen a un centro de emplazamiento, llamado área metropolitana (o Gran Caracas), identificado por un número (1A00) y bajo la jurisdicción de una sociedad dentro de la empresa (HPDV). La agrupación dentro de SAP de varias sociedades se hace a través de la figura del mandante que, para este caso, corresponde al PR2 (516 para SAP).

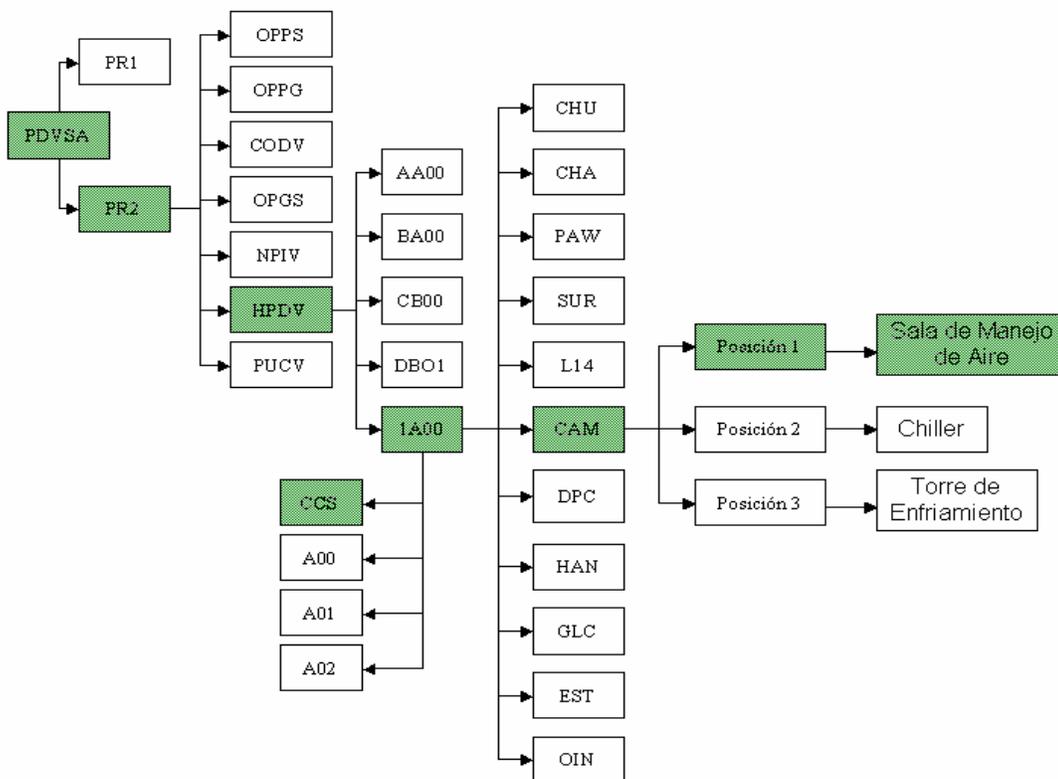


Fig. 6.8. Estructura de ubicación de los equipos dentro de SAP.

Además de definir la ubicación del objeto técnico en el software, es necesario precisar la información de los campos contenidos en la tabla 6.10. La carga en SAP de los datos que se muestran puede ser realizada de dos maneras, la primera de ellas es aplicable cuando el número de objetos a cargar es reducido y consiste en introducir la información, campo por campo, en cada una de las pantallas de creación. Cuando el número de equipos a cargar en la base de datos del SAP adquiere dimensiones tales que hacen impráctico el método anterior, el software permite utilizar una interfase con un programa que posea un ambiente de carga más práctico para introducir la información. En cualquiera de los casos, la carga de datos se realiza en un ambiente de desarrollo en el cual no es posible modificar la base de datos real de los equipos de la corporación en SAP. Una vez completada la data de los equipos en el ambiente de desarrollo, se pasa por un ambiente donde se verifica la calidad de la información de los equipos, siendo ésta posteriormente llevada al ambiente real donde finalmente es incluida dentro de la base de datos.

DATO DE CARGA	DESCRIPCIÓN	SALA DE MANEJO DE AIRE N° 1
Tipo de equipo	Clasificación que se le da al equipo dentro de la corporación; M: equipos industriales, P: medio auxiliar de fabricación, Q: equipos de inspección y S: equipos de seguridad	M
Denominación del equipo	Descripción técnica del equipo	SALA DE MANEJO DE AIRE 1 SS TE
Clase	Parte de la clave del documento que clasifica los documentos por características específicas y los procesos organizativos	PM_UNIDAIREACONDIC
Clase de objeto	Clasificación del objeto según el tipo de actividad para la cual está destinado	SERVICIOS
Grupo de autorización para el objeto técnico	Se refiere al grupo responsable de la integridad del objeto técnico	GSER
Fabricante del inmovilizado	Nombre del fabricante del equipo	METALAIRE

Tabla 6.10.a. Datos de carga de un objeto técnico en SAP.

<b>DATO DE CARGA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>SALA DE MANEJO DE AIRE N° 1</b>
Denominación de tipo del fabricante	Nombre del equipo asignado por el fabricante	SALA DE MAN. DE AIRE
Número de pieza según el fabricante	Identificación del modelo del equipo hecha por el fabricante	S.E
Número de serie según el fabricante	Serial asignado al equipo por el fabricante	5259-24
Centro de emplazamiento	Espacio físico donde se instalan los almacenes de suministro, las estructuras técnicas y donde se define la organización	1A00
Emplazamiento del inmovilizado	Se refiere a una división del centro de emplazamiento donde se define la ubicación física de los objetos	CCS
Local	Nombre que se le da al sitio de alojamiento del objeto técnico	CAMPIÑA
Área de empresa	Se refiere a una subdivisión del centro de emplazamiento donde se considera la organización o los procesos del negocio	CAM
Puesto de trabajo	Unidad o cuadrilla que ejecuta los trabajos de mantenimiento dentro de un centro de planificación	SMO2-ECA
Indicador ABC para objeto técnico	Se refiere a la criticidad asignada al equipo dentro de la corporación; A: alta, B: media, C: baja	A
Sociedad	Unidad organizativa de la contabilidad externa donde se lleva el estado financiero de la empresa	HPDV
División	Unidad organizativa donde pueden generarse balances de ganancias y pérdidas, como informe financiero interno.	SERV
Centro de costos	Se refiere al ente encargado de pagar los costos asociados al mantenimiento del objeto técnico	CCCSERGE22
Centro de planificación del mantenimiento	Unidad organizacional donde se planifican los requerimientos de mantenimiento	1A00

Tabla 6.10.b. Datos de carga de un objeto técnico en SAP.

DATO DE CARGA	DESCRIPCIÓN	SALA DE MANEJO DE AIRE N° 1
Grupo planificador del mantenimiento	Organización responsable de planificar y programar los trabajos de mantenimiento dentro de un centro de planificación	SGC
Puesto de trabajo responsable en las medidas de mantenimiento	Supervisor responsable de la ejecución de los trabajos de mantenimiento	SMO2-ECA
Centro del puesto de trabajo	Centro de planificación que clasifica al mantenedor según su especialidad	1A00
Perfil de catálogo	Identificación del grupo de equipos, asociados según su naturaleza, al que pertenece el objeto técnico	ESQUEMA 11
Ubicación técnica	Serial que identifica el lugar donde se ubica(n) uno o varios objetos técnicos	IAMTINI-EDIFI-CAMTE-AAREFVF
Número de identificación técnica	Número de identificación asignado al equipo	SMA-ESS/01

Tabla 6.10.c. Datos de carga de un objeto técnico en SAP.

### 6.9.- Visualización de la información de los objetos técnicos en SAP

Como se explicó en el capítulo I, por estar el proyecto SAPPMM en la etapa de desarrollo para el momento de elaboración de este trabajo, no se encuentra aún cargada la información concerniente a los equipos del edificio PDVSA La Campiña, incluyendo la sala de manejo de aire N° 1 (equipo más crítico). No obstante, a continuación se mostrará cual sería la secuencia de visualización de los datos de un objeto técnico en SAP con información de la sala de manejo de aire N° 1, cargada en el ambiente de entrenamiento del software.

La visualización de la información de un objeto técnico en SAP se inicia en una pantalla (ver figura 6.9), que contiene la información general del equipo, tal como: número de equipo asignado por SAP, tipo, denominación, clase, clase de objeto, grupo de autorización, fabricante, denominación tipo del fabricante, número de pieza del fabricante y número de serie.

## Visualizar equipo : General

Resumen clases		PtosMedida/Contador	
Equipo	2000843	Tipo	M Equipos Industriales
Denominación	SALA DE MANEJO DE AIRE 1 SS TE	Nota inter.	
Status	DISP		
Válido de	17.09.2004	Validez a	31.12.9999
General    Emplazamiento    Imputación    Datos de Mto.    Documentos			
<b>Datos generales</b>			
Clase	PM_UNIDAIREACONDIC		
Clase de objeto	SERVICIOS	EQ. EDIF, OFIC, ETC.	
Grupo autoriz.	GSER		
Peso		Tamaño/Dimens.	
Nº inventario		PstaEnServDesde	
<b>Datos de fabricación</b>			
Fabricante	METALAIRE	País productor	
Denomin.tipo	SALA DE MAN. DE AIRE	Año/Mes const.	/
NºPieza fabric.	S. E		
Fabr. Nº-serie	5259-24		

Fig. 6.9. Pantalla de carga y visualización de los datos generales de un objeto técnico.

En la pantalla reflejada en la figura 6.10 se observan los datos correspondientes al emplazamiento del objeto técnico, entre los cuales se encuentran: centro de emplazamiento, emplazamiento, local, área de empresa, puesto de trabajo y el indicador ABC.

Los datos de imputación del equipo se muestran en la pantalla de la figura 6.11., que contiene la identificación de la sociedad, la división y el centro de costos.

Visualizar equipo : Emplazamiento

Resumen clases PtosMedida/Contador

Equipo 2000843 Tipo PtosMedida/Contador (Ctrl+F3)

Denominación SALA DE MANEJO DE AIRE 1 SS TE Nota inter.

Status DISP

Válido de 17.09.2004 Validez a 31.12.9999

General Emplazamiento Imputación Datos de Mto. Documentos

**Datos de emplazamiento**

Ce.emplazam. 1A00

Emplazamiento CCS AREA METROPOLITANA

Local CAMPIÑA

Área de empresa CAM CAMPIÑA

Puesto trabajo SM01-ECA Sup mto Servicio

Indicador ABC A ALto

Campo clasif.

Fig. 6.10. Pantalla de carga y visualización de los datos de emplazamiento de un objeto técnico.

Visualizar equipo : Imputación

Resumen clases PtosMedida/Contador

Equipo 2000843 Tipo M Equipos Industriales

Denominación SALA DE MANEJO DE AIRE 1 SS TE Nota inter.

Status DISP

Válido de 17.09.2004 Validez a 31.12.9999

General Emplazamiento Imputación Datos de Mto. Documentos

**Imputación**

Sociedad HPDV HOLDING PDVSA Caracas

División SERV Servicios

Activo fijo /

Centro coste CCCSERGE2 / 0010

Elemento PEP

OrdenPermanente

Ord.liquidación

Fig. 6.11. Pantalla de carga y visualización de los datos de imputación de un objeto técnico.

Existe otra pantalla en la que se pueden visualizar los datos de los responsables de la actividad de mantenimiento del equipo y ciertos datos que permiten ubicar e identificar en forma inequívoca al mismo. En esta pantalla se localiza el centro de planificación, grupo planificador, puesto de trabajo responsable en las medidas de mantenimiento, perfil del catalogo, ubicación técnica y número de identificación técnica del equipo.

**Visualizar equipo : Datos de Mtto.**

Resumen clases PtosMedida/Contador

Equipo 2000843 Tipo M Equipos Industriales

Denominación SALA DE MANEJO DE AIRE 1 SS TE Nota Inter.

Status DISP

Válido de 17.09.2004 Validez a 31.12.9999

General Emplazamiento Imputación Datos de Mtto. Documentos

**Responsabilidades**

Centro planif. 1A00

Grupo planif. SGC

Pto.tbjo.resp. SM02-ECA / 1A00 Supvmtto Servicio

Perfil catálogo ESQUEMA11 UNIDADES AIRE ACOND - REFRIGER

**Estructuración**

Ubicación técn. 1AMTINI-EDIFI-CAMTE-AAREFVF

Denominación

Equipo superior

Denominación

Posición

N°Identif.técn. SMA-ESS/01

Fig. 6.12. Pantalla de carga y visualización de los datos de mantenimiento de un objeto técnico.

La visualización de la información de los equipos contempla una pantalla adicional en la que pueden guardarse documentos que se consideren de interés para el equipo. Los campos que contiene esta pantalla, al igual que ciertos campos en blanco que se mostraron en las pantallas anteriores, no son necesarios para el funcionamiento del software, sin embargo, representan un buen complemento para enriquecer la base de datos del objeto técnico.

### 6.10.- Carga de la información de los programas de mantenimiento preventivo en SAP

Una vez cargado el objeto técnico en SAP, el siguiente paso consiste en definir la información necesaria para la gestión de mantenimiento. Gran parte de la data a cargar en SAP para los planes de mantenimiento es información de los equipos, la cual se carga automáticamente al asociar cada equipo registrado en el software y su correspondiente plan de mantenimiento a una determinada posición dentro de SAP. Al igual que la información de identificación del equipo, la correspondiente a los planes de mantenimiento puede ser cargada una a una, si el caso lo permite, o a través de una interfase cuando el volumen de información a cargar así lo requiera.

Para incluir un plan de mantenimiento en SAP es necesario asignarle al mismo un código que lo diferencie de otros planes. En este caso la flexibilidad del software permite utilizar dos alternativas: una consiste en dejar que el SAP genere automáticamente la identificación alfanumérica del plan de mantenimiento y la otra, la seleccionada por PDVSA, consiste en crear un código que contiene la información mostrada en la figura 6.13 (ver también anexo D).

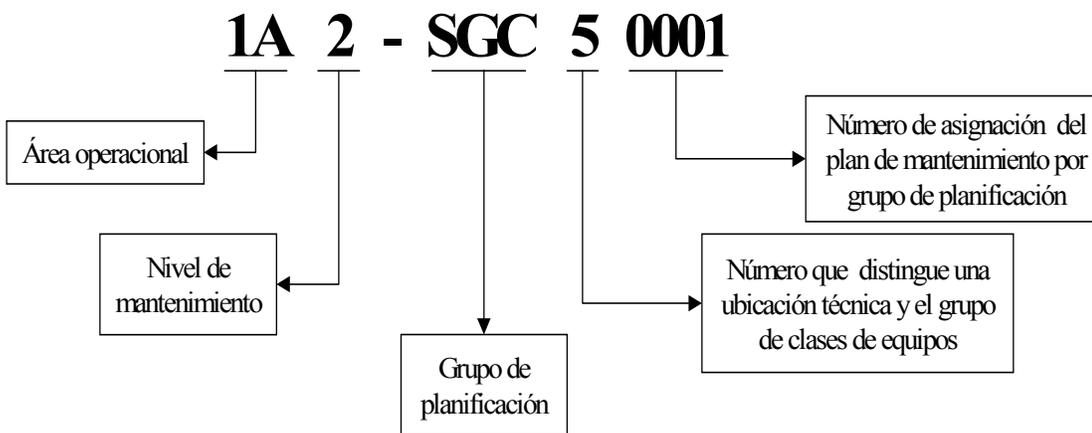


Fig. 6.13. Codificación de planes de mantenimiento.

Además del código del plan de mantenimiento, es necesario suministrar al software información sobre la clase de orden de mantenimiento (figura 6.14), la clase de actividad de mantenimiento, la prioridad de la orden, la estrategia en la cual se basa el plan (figura 6.15) y el serial de la hoja de ruta, tal como se muestra en la figura 6.16.

Cl.	Denominación
PM01	Mantenimiento Correctivo
PM02	Mantenimiento Preventivo
PM03	Mantenimiento Mayor
PM04	Proyectos de Mantenimiento
SM01	ordenes de servicio std. SAP
SM02	ordenes de servicio(Con Ingresos)std SAP

Fig. 6.14. Clase de orden de mantenimiento.

Estr.	Denom. estrategia
A	Programación exacta-calendario
B	Programación exacta-día fijado
C	Programación exacta-CalendFábr
D	Program. dependiente activ. KM
ESTHRO	ESTRATEGIA PDVSA HORAS OPERAC.
ESTKMS	ESTRATEGIA PDVSA KILOMETROS
ESTPDV	ESTRATEGIA PDVSA TIEMPO
ESTVOL	ESTRATEGIA PDVSA VOLUMEN
SET01	Set de Ciclos Flota Terrestre
SET02	Sets de Ciclo para Kilometro

Fig. 6.15. Estrategias de mantenimiento.

**Visualizar plan de mantenimiento preventivo : 1A2-SGC50001**

Posición    Lista objeto posición    Emplazamiento posición

Nº/Descripción    PLAN DE MANTENIMIENTO SMA

Objeto de referencia

Ubicación técn.    1AMTINI-EDIFI-CAM

Equipo    2000843    SISTEMA A/A EDIF CAMPIÑA

Conjunto

Datos de planificación

Centro planif.    1A00    Grupo planif.    SGC

Clase de orden    PM02 Mantenimiento Preventivo    Clase actividad PM    021 PREVENTIVO

Pto.tbjo.resp.    SM02-ECA / 1A00 Supv mto    División    SERV

Prioridad    NORMAL

Documento venta    /

Hoja de ruta/instrucción

Tp. GrHRuta    CGrHR    Descripción

E / 772    / 1    PLAN DE MANTENIMIENTO SMA

Fig. 6.16. Pantalla de carga y visualización del plan de mantenimiento para un objeto técnico.

La hoja de ruta contiene, además de la lista de actividades de mantenimiento preconcebidas para el equipo, parámetros de programación de las tareas, tales como duración estimada de la actividad, cantidad de personal a utilizar, número de horas de trabajo asignadas a cada persona dentro de la actividad y el procedimiento de realización de la tarea. Este último consiste en la elaboración de un documento de texto que describe en forma detallada los pasos a seguir durante la realización de la actividad de mantenimiento (ver figura 6.18).

En la hoja de ruta también se carga un ciclo que dependerá de la estrategia de mantenimiento seleccionada, ejemplo: si la estrategia es de tiempo se cargará automáticamente un cronograma, donde el usuario seleccionará las frecuencias de realización de las actividades, llamado *paquete de mantenimiento*, como se ilustra en la figura 6.19. Este permite establecer la programación según la cual el software genera automáticamente la orden de mantenimiento correspondiente a una determinada actividad.

**Visualizar HRuta p. equipo: resumen operaciones**

Equipo 2000843 SISTEMA A/A EDIF CAMPIÑA  
GrHRuta 772 PLAN DE MANTENIMIENTO SMA ContGrpo1

Op.	SOp	PstoTbjo	Ce.	Ctrl	Descripción de operación
0010		SM01 - YAG	RD02		Alineación y tensión de correas
0020		SM01 - YAG	RD02		Probar func. del variador de velocidad
0030		SM01 - YAG	RD02		Inspección de nivel de ruido y vibración
0040		SM01 - YAG	RD02		Chequear filtros de aire
0050		SM01 - YAG	RD02		Chequear filtros de agua helada
0060		SM01 - YAG	RD02		Chequear la válvula Motoriz
0070		SM01 - YAG	RD02		Probar funcionamiento del sensor de aire
0080		SM01 - YAG	RD02		Chequear cuellos de lona
0090		SM01 - YAG	RD02		Limpieza y ajuste de contactos
0100		SM01 - YAG	RD02		
0110		SM01 - YAG	RD02		
0120		SM01 - YAG	RD02		

Componentes R... MAF PaqServ Carlnsp Entrada 0 / 0

Fig. 6.17. Pantalla de carga y visualización de la hoja de ruta para el mantenimiento de un equipo.

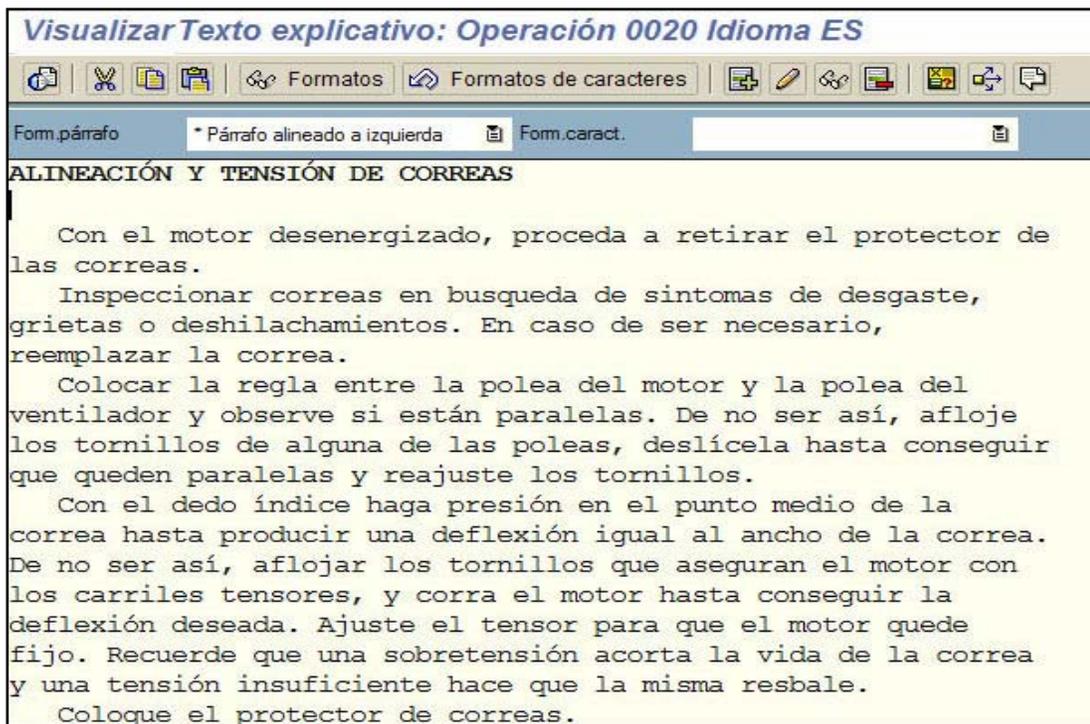


Fig. 6.18. Procedimiento de realización de una actividad de mantenimiento.

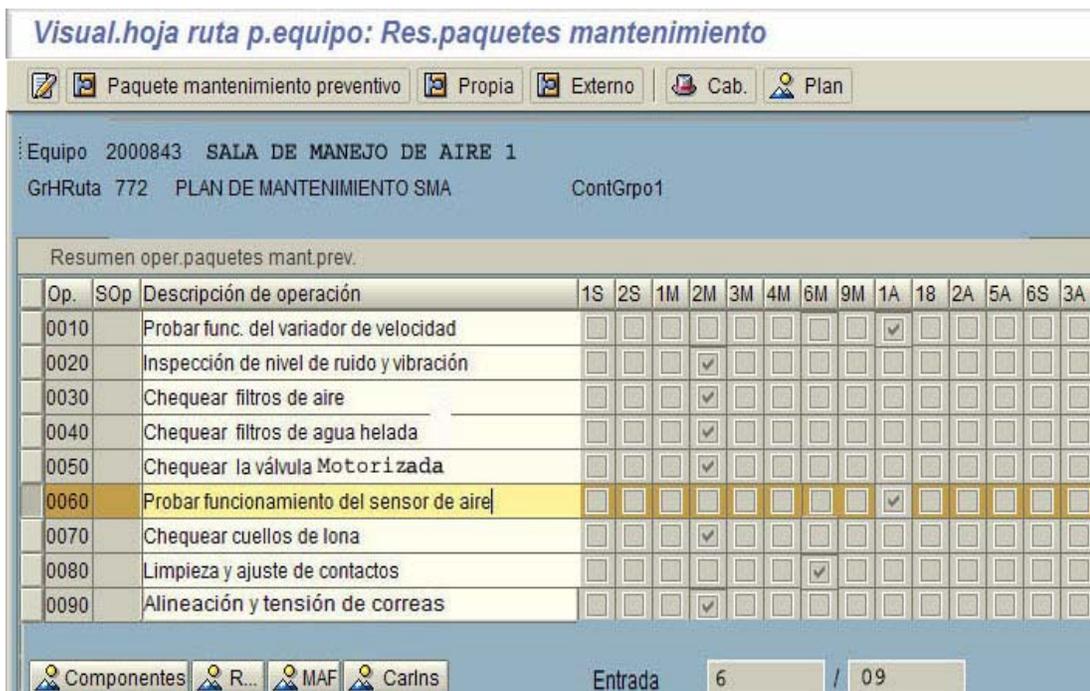


Fig. 6.19. Cronograma de ejecución de las actividades de mantenimiento de un equipo.

La integración del módulo SAPPM con el módulo de materiales permite cargar información sobre los materiales y repuestos necesarios para llevar a cabo cada actividad de mantenimiento establecida dentro de la hoja de ruta. La información específica de cada material se puede encontrar en el módulo de materiales y contiene datos como: características físicas y técnicas del material, la estrategia de procura (almacén, compras o contratos), las cantidades en stock, proveedores (tanto en compras como en contratos), el pronóstico de utilización y la planificación de necesidades de materiales.

**Plan de equipos Visualizar: Resumen componentes**

Equipo 2000843 SISTEMA A/A EDIF CAMPIÑA  
 GrHRuta 772 PLAN DE MANTENIMIENTO SMA ContGrpo1

Operación 0010 ALINEACION Y TENSION DE CORREAS

Selección componente

Asign. componentes material

Material	Cantidad	R	Denomin. componente	T	Conjunto
00200415		<input checked="" type="checkbox"/>	CORREA C-187		
		<input type="checkbox"/>			
		<input type="checkbox"/>			
		<input type="checkbox"/>			
		<input type="checkbox"/>			
		<input type="checkbox"/>			
		<input type="checkbox"/>			
		<input type="checkbox"/>			
		<input type="checkbox"/>			
		<input type="checkbox"/>			

Fig. 6.20. Visualización de los materiales y repuestos asociados a una actividad de mantenimiento.

Además de esto, el módulo de mantenimiento posee una integración con el módulo de costos que permite incluir dentro de la estructura de plan la información concerniente a los costos calculados, y clasificados según la clase, por el grupo de planificación.

### 6.11.- Gestión de mantenimiento preventivo en SAP

En SAP la gestión de mantenimiento preventivo se realiza a través de las órdenes. Existen dos formas básicas de generar órdenes de mantenimiento preventivo, la más sencilla de ellas se nutre con la información proveniente de las inspecciones rutinarias realizadas por los operadores o mantenedores, y consiste en notificar, a través de avisos, anomalías en el funcionamiento de los equipos antes de que se produzcan las fallas. El operador o el mantenedor, una vez que observa la irregularidad, debe notificar al creador de avisos la necesidad de mantenimiento para que éste elabore un reporte o aviso (ver figura 6.21) que le permita al administrador de avisos y órdenes canalizar en la forma más rápida posible la orden de mantenimiento del equipo en cuestión. El software en este caso le ofrece al creador del aviso la ventaja de la utilización de catálogos estandarizados en los cuales se puede encontrar la parte del equipo asociada a la irregularidad, las posibles causas de la aparición de la anomalía, los síntomas que ponen en evidencia la probabilidad de ocurrencia de una falla y las posibles actividades que permitirán la prevención de ésta.

**Crear aviso-MT: Solicitud de Mantto.**

Aviso: %00000000001 M1

Status: MEAB DISP

Orden:

Aviso | Datos emplazamiento | Resumen de fechas | Posiciones | Medidas generales

**Circunstancias**

Descripción: VIBRACIÓN EXCESIVA DEL MOTOR DEL VENT

EL MOTOR DEL VENTILADOR PRESENTA VIBRACIONES EXCESIVAS POR LO CUAL SE REQUIERE APLICARLE ACCIONES PREVENTIVAS NO PROGRAMADAS QUE PUEDEN IMPLICAR REEMPLAZO DE RODAMIENTOS O LUBRICACION DE LOS MISMOS.

**Objeto de referencia**

Ubicación técn.: 1AMTINI - EDIFI

Equipo: 200843

Conjunto:

**Responsabilidades**

Grupo planif.: SG /

Pto.tbjo.resp.: SM02-E / 1A0

Responsable:

Autor del aviso: SANBOX-27

Fecha de aviso: 22.09.2004 14:30:17

Fig. 6.21. Solicitud de mantenimiento preventivo a través de un aviso.

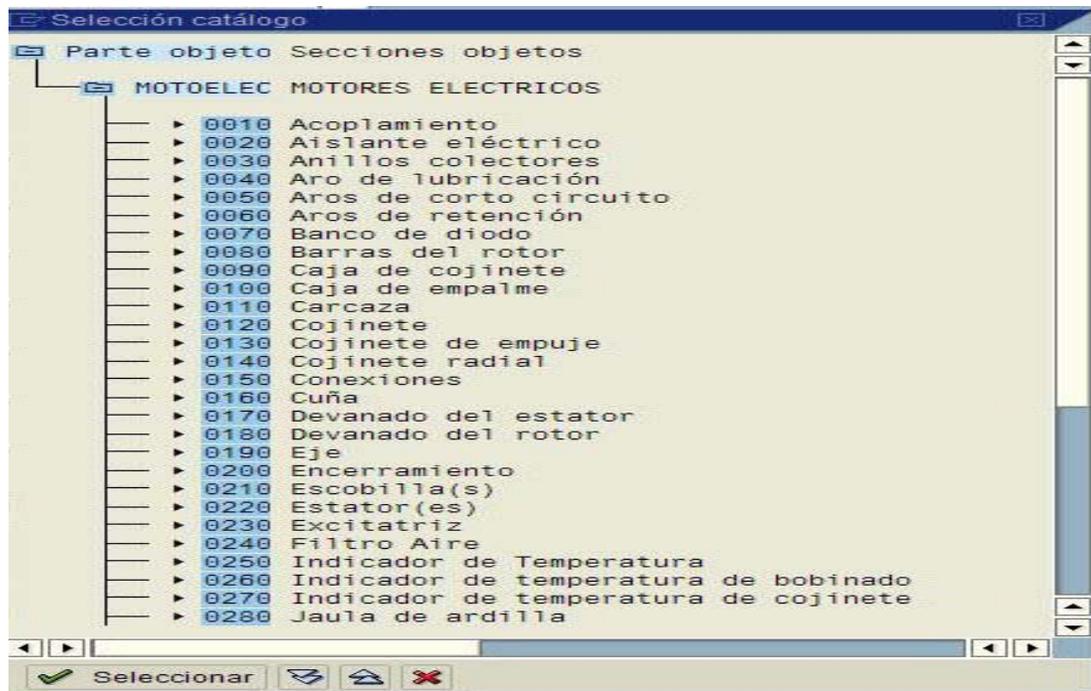


Fig. 6.22. Catálogo de partes de un equipo.

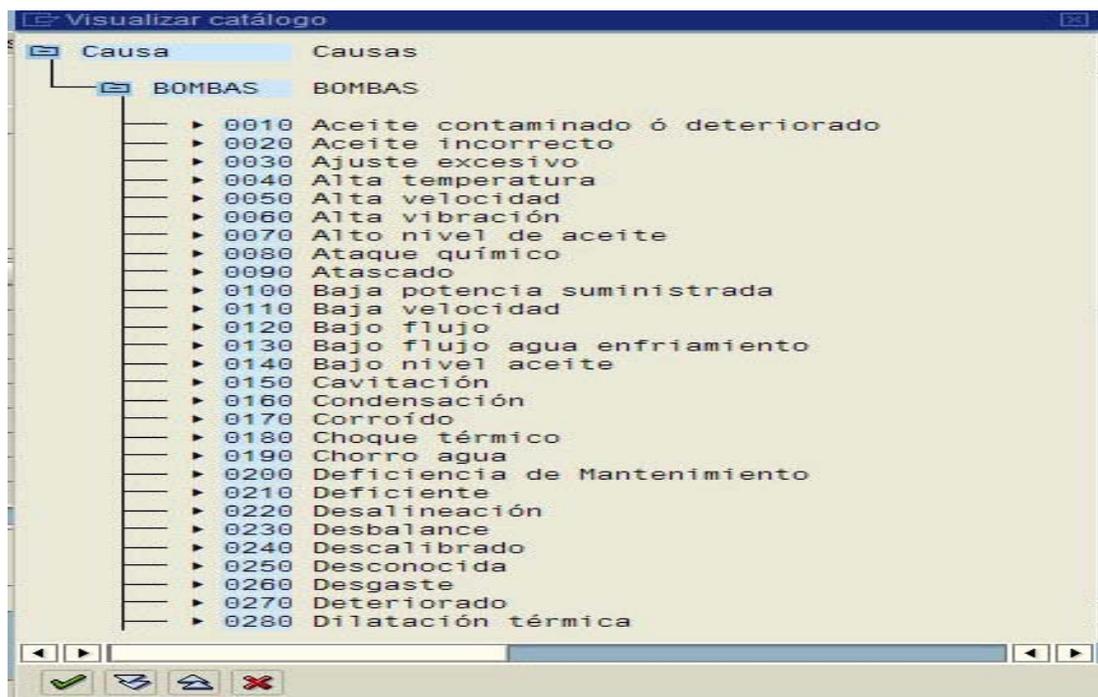


Fig. 6.23. Catálogo de causas de la aparición de una anomalía.

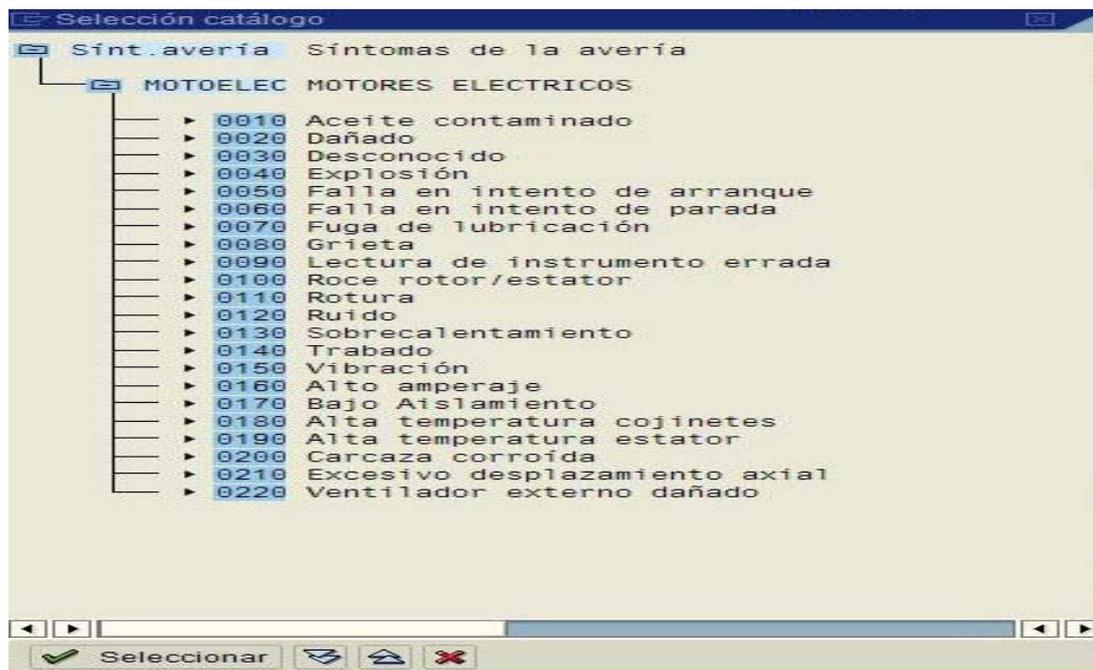


Fig. 6.24. Catálogo de síntomas de falla.

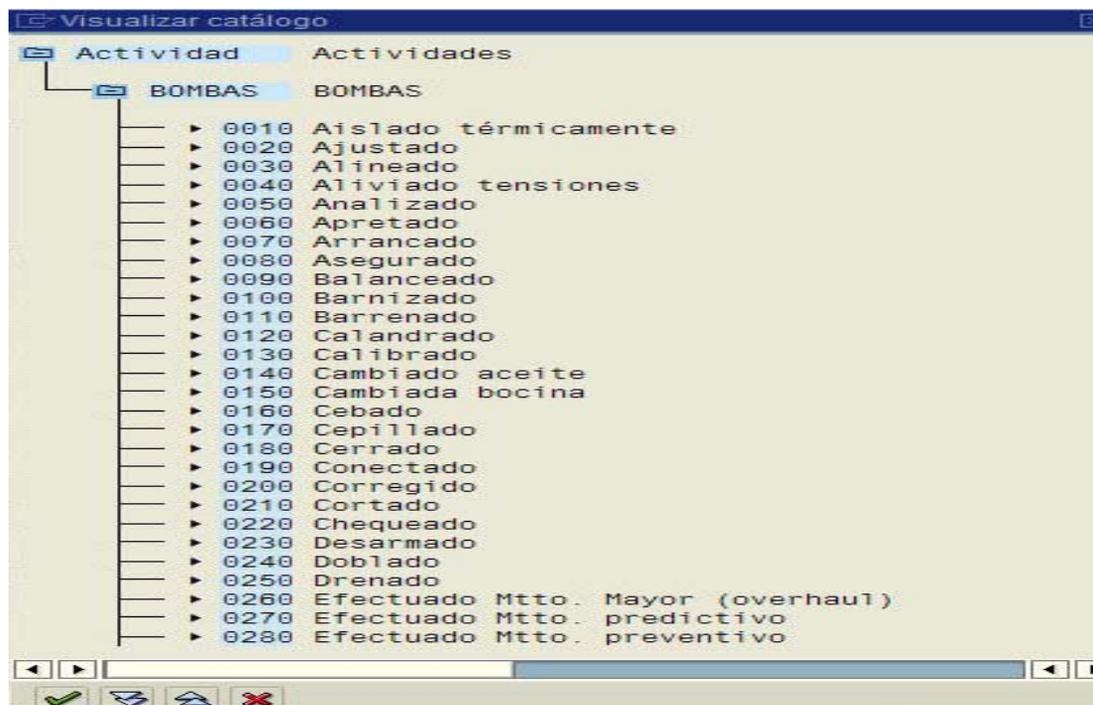


Fig. 6.25. Catálogo de actividades de mantenimiento.

La otra opción que existe en SAP para la generación de las órdenes de mantenimiento preventivo consiste en realizar una programación de las actividades de mantenimiento de los equipos según los planes de mantenimiento previamente cargados en el sistema. En este caso, el software crea automáticamente las órdenes con la información propuesta en el plan y según el cronograma de frecuencias (aplicado al caso de estrategia de tiempo) establecido para el mantenimiento del equipo.

Cuando se genera una orden de mantenimiento preventivo para un determinado equipo, el administrador de avisos y órdenes debe visualizar dentro de la misma la información que necesita la cuadrilla de mantenimiento para realizar los trabajos. Dentro de la orden esta información se resume en dos pantallas como las de las figuras 6.26 y 6.27; en una de estas se puede observar las actividades de mantenimiento a ejecutar, las horas-hombre estimadas para realizar el trabajo, la cantidad de personal necesario, el tiempo estimado que debe invertir cada uno de ellos en la labor y datos de planificación referentes tanto al inicio como a la finalización de las actividades. En la otra pantalla se pueden visualizar los materiales y repuestos asociados a cada una de las tareas, las cantidades necesarias, la unidad física que clasifica al material y otros datos correspondientes al almacén (cuando el origen del material es éste).

*Visual.Mantenimiento Preventivo 700500002464: Resumen operaciones*

Op.	SOp	PstoTbjo	Txt.br.v.operación	TE	Cant.	Dur.	Un	Trab... Un	Equipo	Ubicación técn.	FechaInicMásTmp	HorainicMásTmp	FechaFinMásTmp	HoraFinMásTem
0010		ME01-PGS	Desmontar VS	2	4,0	HR	8,0	HR			20.06.2003	07:00:00	20.06.2003	11:16:00
0020		ME01-PGS	Reparar VS	2	5,0	HR	10,0	HR			20.06.2003	11:16:00	23.06.2003	08:36:00
0030		ME01-PGS	Calibrar Vs	1	2,0	HR	2,0	HR			23.06.2003	08:36:00	23.06.2003	10:44:00

Fig. 6.26. Visualización del resumen de actividades de mantenimiento.

Visual.Mantenimiento Preventivo 700500002464: Resumen de componentes

Orden: PM02 700500002464 Mto. Preventivo de VS Bomba #4 TJ-2

Stat.sist. CTEC CEST MACO NLIQ PREC LIEJ APPE APAE INIC

Datos cab. Oper. Component. Costes Objetos Dat.adic. Emplazam. Planific. Control

Po...	Componente	Denomin.	TE	Ctd.neces.	UM	TP	Stock especial	Alm.	Ce.	Op.	Lote	Destinatario	Puesto descarga
0010	00000003	gos CORREA m		3	PZA	L		SP00	PB00	0020		GUTIERREZJA	2799
0020	00000435	KIT		1	KIT	N			PB00	0020		GUTIERREZJA	2799
0030	00388580	DEMULS EC6365A NALCO DE VENEZUELA		2	GAL	N			PB00	0020		GUTIERREZJA	2799

Fig. 6.27. Visualización del resumen de materiales y repuestos.

Cuando la actividad de mantenimiento es ejecutada, y una vez que el administrador de órdenes a ingresado al sistema los costos estimados de la actividad y verificado que el trabajo cumple con los requerimientos de calidad exigidos, se pasa la orden a un cierre técnico que confirma la ejecución de los trabajos. Aunque la orden de mantenimiento esté cerrada técnicamente sigue pasando por diversos *status* hasta que se verifican todos los aspectos técnicos y económicos asociados a la orden, y se produce el cierre comercial de ésta.

Visualizar status

Orden: 700500002601 Clase de orden: PM02 Centro planif.: 1A00

Texto breve: ALINEACION Y TENSION DE CORREAS

Status Operaciones empresariales

Status del sistema		Status con número de clasificación	
Stat	Txt.	Nº	Stat Txt.
<input checked="" type="checkbox"/>	CT... Cerrado técnicamente		
<input checked="" type="checkbox"/>	NOTI Notificado		
<input checked="" type="checkbox"/>	KK... Sin componentes de material		
<input checked="" type="checkbox"/>	NLIQ Norma de liquidación entrada		
<input checked="" type="checkbox"/>	PR... Precálculo del coste		
<input checked="" type="checkbox"/>	LIEJ Liberado para ejecución		
<input type="checkbox"/>	CO... Cancelar orden mantenimie...		
<input type="checkbox"/>	AS... Requiere aprobación ppto		
<input type="checkbox"/>	AS... Requiere aprobación aparta...		
<input checked="" type="checkbox"/>	AP... Aprobación ppto excedido		

Fig. 6.28. Cierre técnico de la orden de mantenimiento y visualización de status.

Uno de los status que requiere la orden para el cierre comercial consiste en realizar el cálculo de los costos reales generados por la actividad de mantenimiento. Estos costos los determina automáticamente el sistema, basado en las notificaciones de trabajo una vez ejecutadas las actividades, los acuse de recibo de material y/o repuesto, y carga de factura por concepto de servicios recibidos. Luego ingresa el administrador de la orden especificando la clase de costos (actividades propias, contratos y servicios, materiales, etc) y las cantidades correspondientes con su respectiva unidad monetaria.



Grupo/Denomin.	CstEstim.	Cst.plan	Cst.reales	M...
Costes	553.570	2.153.756	640.000 V...	
ACTIVIDADES PROPIAS	160.000	800.000	640.000 V...	
CONTRATOS Y SERVICIOS	389.100	389.100	0 V...	
MATERIALES	4.470	964.656	0 V...	

Fig. 6.29. Pantalla de carga y visualización de los costos reales, estimados y de planificación.

### 6.12.- Sistemas de información

El SAP cuenta actualmente con una serie de reportes que permiten realizar evaluaciones de la gestión de mantenimiento. El software entre sus potencialidades contempla la elaboración de un resumen llamado *reporte de confiabilidad*, como el de la figura 6.30, donde se puede analizar el comportamiento de un equipo durante un período de tiempo determinado mediante indicadores como el número de horas de operación, el tiempo promedio para fallar (que se considera actualmente dentro de PDVSA y para efectos prácticos igual a la confiabilidad), el tiempo promedio para



**PMIS: MTTR / MTBR Equipment**

Seleccionar Update estruct. info Imprimir

PMIS: MTTR / MTBR Equipment 1

Equipo : 2000162 SALA DE MANEJO DE AIRE 1				
Período	Paradas	Tmp. muerto (H)	MTTR (H)	MTBR (H)
10.2003	42	667.133.278,02-	15.884.125,67-	15.884.138,62
11.2003	1	746,95	746,95	88,48
12.2003	13	175.547.901,75-	13.503.684,75-	13.505.733,87
<b>Total</b>	<b>56</b>	<b>842.680.432,82- H</b>		
<b>Mean Time To Repair</b>		<b>15.047.864,87- H</b>		
<b>Time Between Repairs</b>		<b>842.708.450,90 H</b>		
<b>Mean Time Between Repairs</b>		<b>15.048.365,20 H</b>		

Fig. 6.31. Reporte de la tendencia del tiempo promedio para fallar y para reparar.

Con el fin de generar historiales de falla de los equipos, y como parte del proyecto de implantación del SAPPM en el área de Servicios Logísticos, actualmente se está desarrollando la plataforma de cálculo BIW (Business Information Warehouse) la cual estará en capacidad de realizar cálculos de la frecuencia de fallas de los equipos, de la cantidad de fallas repetitivas por tipo de falla y de la cantidad de fallas para un objeto técnico.

Estos cálculos y la información de los reportes servirán en un futuro para el mejoramiento de los programas de mantenimiento recomendados en este trabajo mediante el rediseño de las tablas de criticidad, las cuales contarán con frecuencias de falla reales y evaluaciones del impacto sobre las actividades laborales proveniente de reportes confiables. Se podrán realizar análisis de modos y efectos de falla más ajustados a la realidad, ya que a través de estos indicadores y los avisos se obtendrá la información de los tipos de falla que efectivamente ocurren con frecuencia en la instalación y los efectos asociados a estos tipos de falla. Con la realización continua

de estas labores se pueden reestructurar constantemente los planes de mantenimiento hasta lograr su optimización.

También el software cuenta con un reporte que permite comparar, para un objeto técnico en particular, los costos estimados durante la planificación con los costos efectivamente generados por la actividad de mantenimiento. Esto sirve como herramienta para realizar un mejor estimado de los costos durante la planificación (si la desviación observada proviene de ésta), y/o tomar acciones de corrección sobre desviaciones notables generadas por el no seguimiento de las acciones estipuladas en la planificación.

Clases de coste	Real	Plan	Desviación (abs.)
73103001 TRANSPORTE TERREST		389.100	389.100-
74110101 MAT/SUM/PROPIO CON		950.400	950.400-
90100101 Mtto.Ope/Mtto.UE	640.000	800.000	160.000-
90110002 Recargo de Materiale		14.256	14.256-
* Costes	640.000	2.153.756	1.513.756-
** Saldo	640.000	2.153.756	1.513.756-

Fig. 6.32. Visualización de la desviación plan/real por clase de costos.

### 6.13.- Beneficios de la implantación del SAPPm en Servicios Logísticos para el mantenimiento de instalaciones no industriales.

- ✓ Existencia de sistemas propios de mantenimiento.
- ✓ La incorporación del área de Servicios Logísticos a la plataforma de sistemas integrados SAP PDVSA, lo cual permite:
  - ✓ Economía en costos de operación, mantenimiento y actualización tecnológica.
  - ✓ Establecer integridad de procesos y datos (costos, mantenimiento, materiales y contratos).

- ✓ Contribuir al desarrollo de una de las mejores prácticas de mantenimiento Clase Mundial mediante la incorporación de “Sistemas de Información Integrados”.
- ✓ Criterios únicos corporativos de mantenimiento.
- ✓ Estandarización y regulación de los procedimientos administrativos de mantenimiento de las instalaciones asociadas a Servicios Logísticos.
- ✓ Capacidad de manejo oportuno y de análisis de la información para la toma de decisiones.
- ✓ Facilita el proceso de investigación de mejores prácticas (Benchmarking).

## **CONCLUSIONES**

- El Análisis de Criticidad es una herramienta fundamental para establecer un punto de partida en la elaboración de cualquier plan de Confiabilidad Operacional, ya que permite identificar los equipos que poseen mayor impacto global sobre una instalación y hacia los cuales hay que dirigir con prioridad las acciones de mantenimiento planeadas. El Análisis de Criticidad debe considerar todos los posibles factores que pueden causar algún impacto sobre la instalación bajo estudio. La elaboración de una guía de criticidad para edificaciones cuyo objetivo es ser hábitat laboral debe ponderar, aparte de los criterios técnicos y económicos establecidos, la cantidad de personas afectadas por la falta de calidad de los servicios ofrecidos.
  
- El Análisis de Modos y Efectos de Fallas, como eslabón fundamental en la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, permite identificar las causas y las consecuencias de las fallas recurrentes en un equipo para posteriormente, a través de una secuencia lógica de decisiones, generar las tareas preventivas que reducen la ocurrencia de dichas fallas.
  
- La diferencia principal entre el M.C.C. y las filosofías tradicionales de mantenimiento reside en que cada tarea estipulada en el cronograma preparado con un plan M.C.C. está dirigida a una causa de falla específica que afecta algunas de las funciones del equipo, con el propósito reducir la probabilidad de aparición de esta falla.
  
- Los elementos derivados del M.C.C., tales como los modos de falla, efectos de falla y actividades de mantenimiento, permiten enriquecer los catálogos contenidos en SAP referentes a causas, síntomas y actividades, que sirven como

soporte en la estructuración de la información necesaria para los avisos de mantenimiento preventivo y correctivo.

- El SAP es un sistema integrado computarizado de administración de mantenimiento de uso mundial cuyas potencialidades lo colocan como una de las herramientas de más alto nivel. En la gestión de mantenimiento del edificio PDVSA La Campiña, el soporte del SAP permitirá adquirir y manejar data con el propósito de aumentar la capacidad de manejo de la información para la toma de decisiones de manera oportuna, como resultado de mejores análisis de la información procedente de la gestión.
  
- La ejecución de las tareas obtenidas de la filosofía del M.C.C. conjuntamente con el soporte del SAP, permite adaptar la gestión de mantenimiento de instalaciones no industriales a los fundamentos de las “mejores prácticas”, en la búsqueda de un mantenimiento de Clase Mundial.

## **RECOMENDACIONES**

- Incorporar los programas de mantenimiento elaborados en este trabajo para los equipos críticos tratados, considerando las recomendaciones asociadas a los procedimientos de las actividades de mantenimiento dirigidas a cada uno de ellos (los procedimientos para los chillers y las torres de enfriamiento son expuestos en los anexos A y B, respectivamente)
- Utilizar la recopilación de data en SAP de la gestión de mantenimiento para actualizar la guía de criticidad propuesta en este trabajo para el edificio PDVSA La Campiña, con el fin de contar con un análisis de criticidad soportado fielmente con data histórica confiable.
- Adiestrar al personal de mantenimiento acerca de la aplicación y utilidad del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, y sobre el uso y las potencialidades del SAP, con el objetivo de adquirir y elevar el nivel de conocimientos en mantenimiento de dicho personal y mejorar en un futuro la gestión de confiabilidad.
- Crear equipos de trabajo en cada una de las unidades de mantenimiento del edificio PDVSA La Campiña para la aplicación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.
- Aplicar estrategias adecuadas para el manejo del cambio en el momento de adoptar esta metodología, de manera de lograr la mayor motivación y adaptación del personal involucrado.
- Generar historiales de falla de los equipos.

- Incorporar la plataforma de cálculo BIW (Business Information Warehouse) para el cálculo confiable de los indicadores técnicos de la gestión de mantenimiento.
- Apoyarse en los indicadores de gestión arrojados por el sistema de información del SAP R/3 para la toma de decisiones oportunas en la gestión de mantenimiento.
- Estudiar la factibilidad de incorporar la metodología del Análisis de Criticidad y del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para mejorar el mantenimiento de los equipos de las edificaciones administrativas contempladas en el alcance del proyecto SAPPm.
- Aprovechar las bondades de la herramienta tecnológica que es el SAP R/3 para iniciar un proyecto de concepción de “edificios inteligentes” basados en la autogestión de operación y mantenimiento, teniendo como punto piloto edificio PDVSA La Campiña.

## BIBLIOGRAFÍA

DURÁN, José. 2003, *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad*, The Woodhouse Partnership Ltd.

DUFFUAA, Salih, RAOUF A. y CAMPBELL, John. 2002. *Sistemas de Mantenimiento Planeación y Control*. Limusa Wiley. México.

SEELEY, Ivor 1976. *Building Maintenance*. The Macmillan Press LTB.

PAR Consulting Limited. *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad "PLUS". MCC PARA PLANTAS COMPLEJAS*. Manual.

ROSALES, Robert y RICE, James. *Manual de Mantenimiento Industrial*. McGraw Hill. México. Tres (3) volúmenes.

PDVSA, 1989. N° PI-10-03-01 *Torres de enfriamiento (fase de uso operación)*.

PDVSA, 1989. N° PI-12-04-01. *Sellos mecánicos para equipos rotativos*.

PDVSA, 1987. N° PI-13-03-01. *Motores eléctricos*.

PDVSA, 2002. N° PI-13-03-03. *Servicio y reparación de motores eléctricos AC de baja tensión (hasta 600 voltios.)*

<http://www.solomantenimiento.com>

(Consulta: 2004, Mayo, 20).

<http://www.realibilityweb.com>

(Consulta: 2004, Mayo, 28).

<http://intranet.pdvs.com>

(Consulta: 2004, Junio a Sept).

## GLOSARIO

***Avería:*** Término utilizado para denominar una falla.

***Aviso:*** Término utilizado equivalente a reportar la necesidad de realizar un trabajo en una instalación, sistema, equipo ó dispositivo.

***Backlog:*** Índice de la carga de trabajo que se tiene para un período determinado en función de las Horas Hombres disponibles en una semana para ese período.

***Cierre Técnico:*** Es el cierre físico que se le ejecuta a la orden de mantenimiento. Una vez cerrada la orden, no acepta más actividades.

***Contrato Marco:*** Es el nombre asignado en SAP a contratos de servicios o de adquisición de bienes.

***Documento Contable:*** Es un registro que se crea automáticamente cuando el movimiento afecta los datos de contabilidad.

***Documento de Material:*** Es un registro que se crea en el sistema con cualquier movimiento de material y al que el sistema asigna un número secuencial y graba la fecha de la transacción. Si se desea realizar una modificación en el movimiento del material (p. ej. cambiar cantidad), debe revertirse o anularse el movimiento y crear un nuevo movimiento.

***Hoja de Ruta:*** Describe una secuencia de actividades de mantenimiento, individuales, que han de ejecutarse periódicamente al mismo equipo o ubicación técnica.

**ISED:** Sigla que agrupan las palabras Infraestructura, Sistemas, Equipo y Dispositivo.

**Mandante:** Es el elemento de más alto nivel en SAP, corresponde a un negocio con varias subsidiarias; en nuestro caso el mandante es PDVSA.

**Objetos Técnicos:** Término utilizado en el módulo de mantenimiento SAP para denominar a los equipos y ubicaciones técnicas que conforman los distintos procesos productivos de la organización

**Orden Interna:** Es el nivel operacional más detallado de control de costos. Se usa para planificar y controlar servicios, trabajos y/o tareas internas.

**Reserva:** Es una notificación que indica que un material determinado será requerido en una fecha indicada.

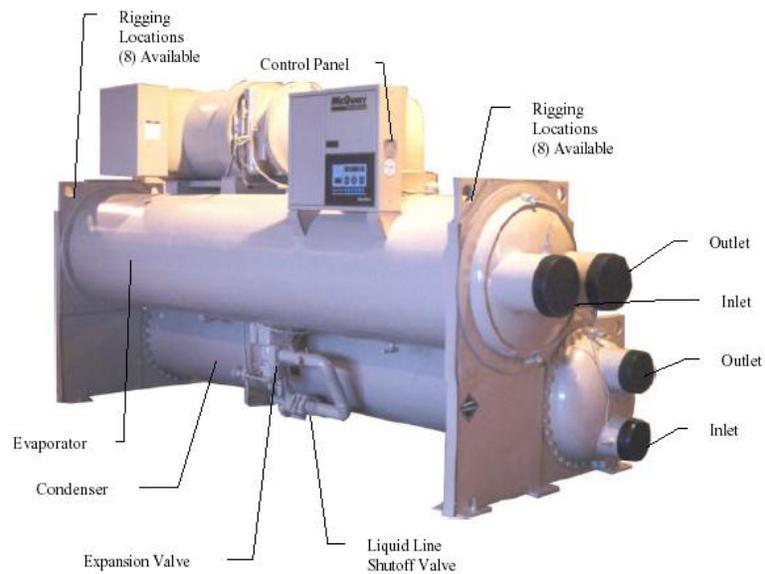
**Solicitud de Mantenimiento:** es una orden de mantenimiento o requerimiento formal para realizar una labor de mantenimiento, que deberá ser llevado a cabo por una persona o cuadrilla de mantenimiento y lleva una planificación y ejecución de recursos, actividades y presupuesto.

# **ANEXOS**

## ANEXO A

### PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LOS CHILLERS (SUBSISTEMA DE GENERACIÓN DE AGUA HELADA)

#### **CHILLERS MONOCOMPRESOR CENTRIFUGO MCQUAY SERIES**



#### **BOMBAS DE AGUA HELADA**



## FICHA TÉCNICA DEL CHILLER N°1

FICHA TÉCNICA	
<b>CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA</b>	
MODELO:	CHILLERS CENTRIFUGO 460 T.R.
CODIGO:	CH-OS2/O01
UBICACION:	Sótano 2. Sala de Máquinas.
<b>DATOS DE PLACA DEL EQUIPO</b>	
MARCA	Mc. QUAY International
SERIAL	STNU991200057
STYLE	9697108010
FACTORY CHARGED	1082
CAPACITY	540 TONS
REFRIGERANT	134A
LOW SIDE	88 psi
HIGH SIDE	135 psi
<b>DATOS DEL COMPRESOR CENTRIFUGO</b>	
MODEL	CE087MBB47RBU
STYLE	069710801F
SERIAL	59M00757-00
MOTOR STYLE	73196141
SPEED CODE	BB
VOLT	460
PHASE	3
HZ	60
	BAH-OS2/O06BAH-OS2/O06
<b>DATOS DEL EVAPORADOR</b>	
N° PASSES	2
TUBE MATERIAL	CU
TUBE THICK	0.025 in
FLOW	1296 GPM
<b>DATOS DEL CONDENSADOR</b>	
N° PASSES	2
TUBE MATERIAL	CU
TUBE THICK	0.028 in
FLOW	1620 GPM

## FICHA TÉCNICA DE LA BOMBA DE AGUA HELADA

FICHA TÉCNICA	
<b>CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA</b>	
MODELO:	Bomba de agua de helada 1.
CÓDIGO:	BAH-OS2/O06
UBICACION:	Sótano 2. Sala de Máquinas.
<b>DATOS DEL MOTOR</b>	
MARCA	LINCOLN
FRAME	326 T
MOTOR	50 HP-460 VOLTS-1770 RPM
CLASE AISL	F
VOLT	230/460
HZ	60
PHASE	3
S.F.	1.15
<b>DATOS DE LA BOMBA</b>	
FLUJO DE AGUA	1360 GPM
ALTURA	115 pies
PRESIÓN	160 psi
REVOLUCIONES	1770 RPM

## FUNCIONES

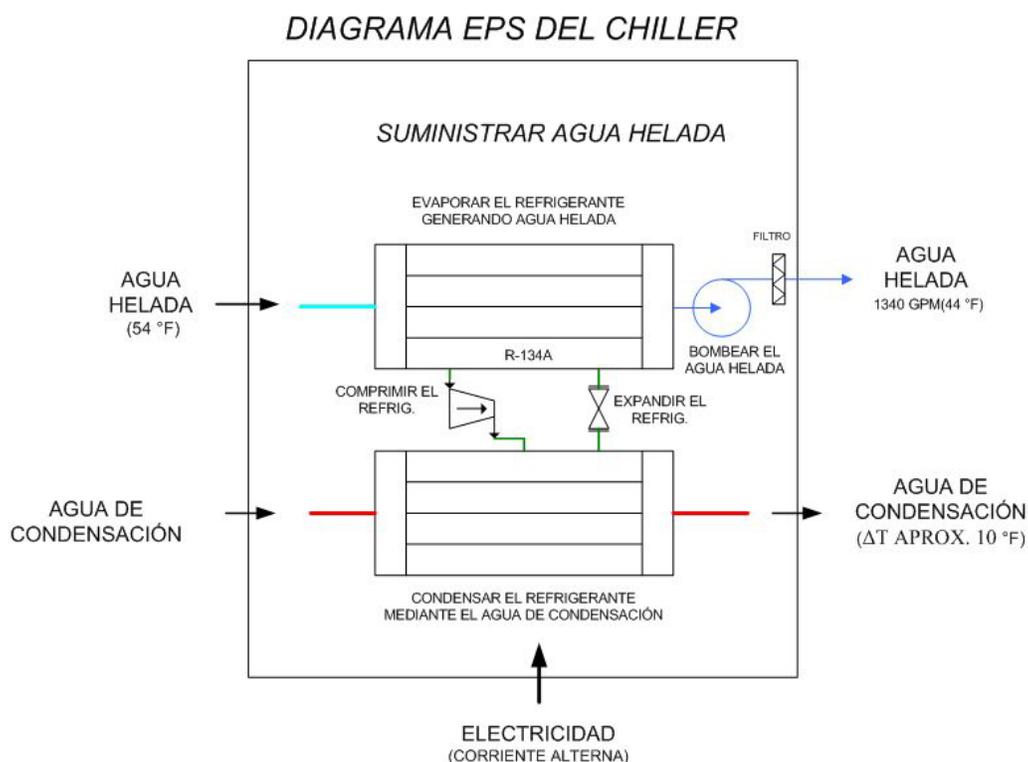
Las funciones del sistema de generación de agua helada se enmarcan en generar y suministrar agua helada a las unidades de manejo de aire y a las salas de manejo de aire que conforman el sistema de aire acondicionado central del edificio.

El agua helada debe ser suministrada a una presión de 120 psig, con una temperatura de 44 °F y un caudal de 1340 GPM.

La bomba de agua helada debe estar totalmente operativa a sus estándares de funcionamiento, de lo contrario obligará el disparo por protección del chiller y por ende la detención del sistema.

## DESCRIPCIÓN DEL SUBSISTEMA

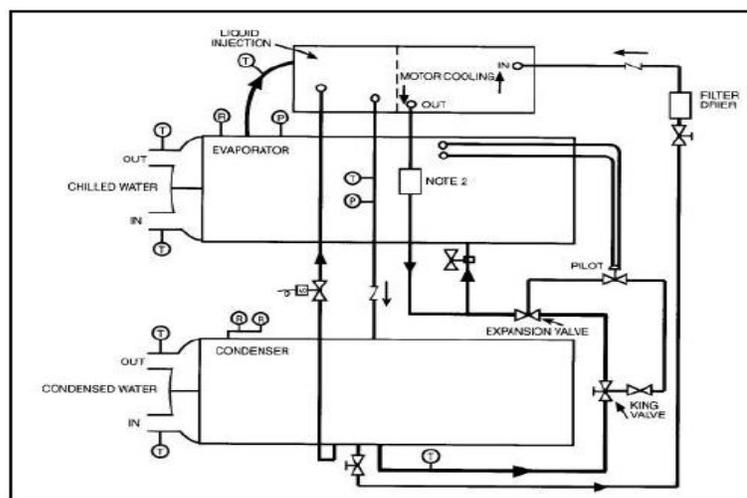
El sistema en general se representa según la siguiente figura:



El agua helada proveniente a una temperatura de aproximadamente 54°F de las torres de enfriamiento, pasa a través de del evaporador del chiller, enfriándose hasta una temperatura de aproximadamente 44 °F, para luego ser impulsada por la bomba de

agua helada hacia los serpentines de las salas de manejo de aire, no sin antes pasar por un filtro.

En el chiller se lleva a cabo un ciclo de refrigeración, en el cual una vez evaporado el refrigerante en el evaporador del equipo, es comprimido por un compresor centrífugo, para posteriormente ser condensado en el condensador de la unidad, y luego ser expandido en la válvula de expansión antes de ingresar al evaporador nuevamente. El ciclo comentado se ilustra en la siguiente figura:



### EQUIPOS QUE COMPONEN EL SUBSISTEMA

La siguiente tabla muestra los equipos que componen el chiller como sistema de generación de agua helada y que complementan su funcionamiento. Los planes de mantenimiento realizados van dirigidos a estos equipos.

EQUIPOS MECÁNICOS	NOMBRE	CÓDIGO
	Chiller N°1	CH-OS2/001
	Chiller N°2	CH-OS2/002
	Chiller N°3	CH-OS2/003
	Chiller N°4	CH-OS2/004
	Bomba de agua helada N°1	BAH-OS2/004
	Bomba de agua helada N°2	BAH-OS2/005
	Bomba de agua helada N°3	BAH-OS2/006
Bomba de agua helada N°4	BAH-OS2/009	

## EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE FALLA

La ausencia de agua helada provoca la total paralización de las operaciones del sistema de aire acondicionado central dependiente de este insumo, siendo su impacto sobre los usuarios muy incómodo, ocasionando la suspensión de las actividades laborales que se ejecutan en la edificación.

El funcionamiento del sistema de generación de agua fuera de sus estándares operativos se refleja en la alteración de las variables termodinámicas del aire de suministro, disminuyendo la calidad del servicio de aire acondicionado.

Dentro de los equipos componentes del sistema, el chiller es el componente esencial para la generación del agua helada; y dentro de esta unidad, el compresor centrífugo adquiere el mayor nivel de criticidad. No obstante, la falla de alguno de los componentes del chiller o la falla de algunos de los componentes de la bomba de agua helada, genera el disparo de la unidad por acción de los dispositivos de protección.

Desde el punto de vista de la flexibilidad operacional la bomba de agua helada tiene una unidad de respaldo, por lo cual no es crítica si esta bomba de respaldo está operativa; de igual forma el chiller presenta una unidad de respaldo.

## HOJAS DE REGISTRO DEL ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS

AMIEF	SUB-SISTEMA: A/A central-Agua Helada		GRUPO DE ANÁLISIS	Grupo MCC	PÁGINA	1
	EQUIPO: Chiller N °1		FECHA	Agosto 2004	DE	12
	CÓDIGO: CH-0S2/001		FUNCIÓN: Suministrar agua helada.			
FUNCIÓN		FALLA DE FUNCIÓN	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA		
1	Suministrar 1.340 GPM de agua helada a 44 °F +/- 2 °F y a 120 psig.	A No suministra agua.	1 El motor de la bomba no acciona por el disparo de dispositivos de protección causado por defectos en el tablero eléctrico.	El motor no opera y genera una señal de parada al chiller si este está operativo, o no permite su arranque si el equipo está inoperativo.		
			2 El motor de la bomba no acciona por el disparo de los dispositivos de protección causado por sobrecarga eléctrica o cortocircuito.	<i>Se analiza separadamente</i> ya que es una falla de la subestación eléctrica. El motor no opera y genera una señal de parada al chiller si este está operativo, o no permite su arranque si el equipo está inoperativo.		
			3 Falta de señal eléctrica en el motor.	<i>Se analiza separadamente.</i> El origen de este tipo de falla se le atribuye a desperfectos en las subestaciones eléctricas.		

<b>AMEF</b>	<b>SUB-SISTEMA:</b> A/A central-Agua Helada		<b>GRUPO DE ANÁLISIS</b>	Grupo MCC	<b>PÁGINA</b>	2
	<b>EQUIPO:</b> Chiller N °1		<b>FECHA</b>	Agosto 2004	<b>DE</b>	12
	<b>CÓDIGO:</b> CH-0S2/001		<b>FUNCIÓN:</b> Suministrar agua helada.			
<b>FUNCIÓN</b>		<b>FALLA DE FUNCIÓN</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>EFECTO DE FALLA</b>		
			4	El motor de la bomba no gira por defectos en los terminales.	No existirá accionará la bomba Esta falla se hará evidente cuando se requiera el arranque del motor o en esté en estado operativo normal. Se genera una señal de parada al chiller.	
			5	Falla en el variador de velocidad del motor de la bomba en el arranque.	Se observa una aceleración muy lenta en el motor, que origina inmediatamente la suspensión del proceso de arranque del chiller, o si esta operativo, ocasiona un disparo del equipo.	
			6	Bomba trancada por rodamientos defectuosos	Con el paso del tiempo el giro del motor se hace ruidoso y con presencia de vibraciones. Los rodamientos defectuosos trancan el motor por el excesivo roce. Se produce entonces una falla eléctrica por una sobrecarga de corriente que genera la parada del chiller.	

<b>AMEF</b>	<b>SUB-SISTEMA:</b> A/A central-Agua Helada		<b>GRUPO DE ANÁLISIS</b>	Grupo MCC	<b>PÁGINA</b>	3
	<b>EQUIPO:</b> Chiller N °1		<b>FECHA</b>	Agosto 2004	<b>DE</b>	12
	<b>CÓDIGO:</b> CH-0S2/001		<b>FUNCIÓN:</b> Suministrar agua helada.			
<b>FUNCIÓN</b>		<b>FALLA DE FUNCIÓN</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>EFECTO DE FALLA</b>		
		<b>B</b> Suministra un caudal menor de 1340 GPM.	1	Filtro obstruido.	Con el pasar del tiempo el filtro se obstruye y limita el paso de agua helada.	
		<b>C</b> Suministra agua helada a una temperatura superior de 46 °F	1	Falla asociada a otros componentes del ciclo de refrigeración del chiller.	<i>Se analiza separadamente</i> como funciones subsidiarias de la unidad.	
		<b>D</b> Suministra agua helada a una presión inferior de 100 psig.	1	Fuga de agua helada a través de los sellos de la bomba.	La fuga de agua se aprecia progresivamente y mientras mayor sea el nivel de la fuga en mayor rango la bomba opera fuera de eficiencia.	
			2	Filtro obstruido.	Con el pasar del tiempo el filtro se obstruye y limita el paso de agua helada, lo que provoca una caída de presión de la misma.	

<b>AMEF</b>	<b>SUB-SISTEMA:</b> A/A central-Agua Helada		<b>GRUPO DE ANÁLISIS</b>	Grupo MCC	<b>PÁGINA</b>	4
	<b>EQUIPO:</b> Chiller N °1		<b>FECHA</b>	Agosto 2004	<b>DE</b>	12
	<b>CÓDIGO:</b> CH-0S2/O01		<b>FUNCIÓN:</b> Suministrar agua helada.			
	<b>FUNCIÓN</b>	<b>FALLA DE FUNCIÓN</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>EFECTO DE FALLA</b>		
2	Elevar la presión del refrigerante a 112 psig +/- 10 psig.	A No comprime.	1 Falta de señal eléctrica en el motor del compresor.	Se analiza separadamente. El origen de este tipo de falla se le atribuye a desperfectos en las subestaciones eléctricas		
			2 Falla en el dispositivo de control de apertura de los Vanes, fallando totalmente cerrados.	Se produce el disparo de la unidad por baja presión de refrigerante a la descarga del compresor.		
			3 Falla en la bomba de aceite del compresor.	El desgaste progresivo de los elementos de la bomba producirá la falla. Se genera la parada de la unidad por baja presión de aceite.		
			4 Motor del compresor atascado.	Es una falla que ocurre con poca frecuencia y se puede monitorear mediante la presión de aceite. Se genera la parada de la unidad.		

<b>AMEF</b>	<b>SUB-SISTEMA:</b> A/A central-Agua Helada		<b>GRUPO DE ANÁLISIS</b>	Grupo MCC	<b>PÁGINA</b>	5
	<b>EQUIPO:</b> Chiller N °1		<b>FECHA</b>	Agosto 2004	<b>DE</b>	12
	<b>CÓDIGO:</b> CH-0S2/O01		<b>FUNCIÓN:</b> Suministrar agua helada.			
	<b>FUNCIÓN</b>	<b>FALLA DE FUNCIÓN</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>EFECTO DE FALLA</b>		
		B No eleva la presión al valor mínimo de 102 psi.	1 $\Delta T$ de temperatura del agua de condensación superior a 12 °F (subenfriamiento).	Se analiza separadamente ya que el agua de condensación es un insumo proveniente de las torres de enfriamiento. Se producirá la parada de la unidad.		
			2 Condensador sucio.	Con el paso del tiempo se genera ensuciamiento en los tubos de cobre del condensador, lo cual origina que la unidad opere fuera de la eficiencia esperada. De persistir la falla se producirá el disparo de la unidad.		
3	Condensar el refrigerante a una condición de 97 °F +/- 2 °F ò 132 psi +/-5 psi.	A No condensa.	1 No circula agua de condensación.	Se analiza separadamente ya que el agua de condensación es un insumo proveniente de las torres de enfriamiento. Se producirá la parada de la unidad.		

<b>AMEF</b>	<b>SUB-SISTEMA:</b> A/A central-Agua Helada		<b>GRUPO DE ANÁLISIS</b>	Grupo MCC	<b>PÁGINA</b>	6
	<b>EQUIPO:</b> Chiller N°1		<b>FECHA</b>	Agosto 2004	<b>DE</b>	12
	<b>CÓDIGO:</b> CH-0S2/001		<b>FUNCIÓN:</b> Suministrar agua helada.			
	<b>FUNCIÓN</b>	<b>FALLA DE FUNCIÓN</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>EFECTO DE FALLA</b>		
		<b>B</b> Temperatura de condensación por debajo de 42°F.	<b>1</b> ΔT de temperatura del agua de condensación superior a 12 °F (subenfriamiento).	<i>Se analiza separadamente</i> ya que el agua de condensación es un insumo proveniente de las torres de enfriamiento. Se producirá la parada de la unidad.		
		<b>C</b> Temperatura de condensación por encima de 44°F.	<b>1</b> ΔT de temperatura del agua de condensación inferior a 8 °F.	<i>Se analiza separadamente</i> ya que el agua de condensación es un insumo proveniente de las torres de enfriamiento. Se producirá la parada de la unidad.		
			<b>2</b> Bajo caudal de agua de condensación.	<i>Se analiza separadamente</i> ya que el agua de condensación es un insumo proveniente de las torres de enfriamiento, en este caso dependiente de las bombas de condensación. Se producirá la parada de la unidad.		
			<b>3</b> Condensador sucio.	Se presenta el mismo efecto redactado en 2-B-2.		

<b>AMEF</b>	<b>SUB-SISTEMA:</b> A/A central-Agua Helada		<b>GRUPO DE ANÁLISIS</b>	Grupo MCC	<b>PÁGINA</b>	7
	<b>EQUIPO:</b> Chiller N°1		<b>FECHA</b>	Agosto 2004	<b>DE</b>	12
	<b>CÓDIGO:</b> CH-0S2/001		<b>FUNCIÓN:</b> Suministrar agua helada.			
	<b>FUNCIÓN</b>	<b>FALLA DE FUNCIÓN</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>EFECTO DE FALLA</b>		
	<b>4</b> Expandir el refrigerante hasta una presión 38 psi +/- X psi.	<b>A</b> No expande hasta la presión de evaporación.	<b>1</b> Falla asociada a otros componentes del ciclo de refrigeración del chiller.	<i>Se analiza separadamente</i> ya que la presión del evaporador no depende del accionamiento de esta válvula.		
	<b>5</b> Evaporar el refrigerante a una condición de temperatura entre 43 °F y 38 °F ò entre 52 psi y 48 psi.	<b>A</b> No evapora.	<b>1</b> Bajo caudal de agua helada circulando por los tubos del evaporador.	<i>Se analiza separadamente</i> ya que la insuficiencia de caudal de agua helada depende de las bombas de agua helada o la válvula motorizada.		
		<b>B</b> Evapora a una temperatura superior a 43°F (sobrecalentamiento)	<b>1</b> Agua helada a una temperatura superior de 56 °F.	<i>Se analiza separadamente.</i> Puede existir un problema de regulación del caudal de agua en la válvula motorizada. Se producirá un aumento progresivo de la presión del evaporador. Si esta situación persiste se producirá la señal de parada de la unidad.		

<b>AMEF</b>	<b>SUB-SISTEMA:</b> A/A central-Agua Helada		<b>GRUPO DE ANÁLISIS</b>	Grupo MCC	<b>PÁGINA</b>	8
	<b>EQUIPO:</b> Chiller N°1		<b>FECHA</b>	Agosto 2004	<b>DE</b>	12
	<b>CÓDIGO:</b> CH-0S2/001		<b>FUNCIÓN:</b> Suministrar agua helada.			
	<b>FUNCIÓN</b>	<b>FALLA DE FUNCIÓN</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>EFECTO DE FALLA</b>		
		C Evapora a una temperatura inferior de 38°F (subenfriamiento)	I Evaporador sucio.	Existirá mala transferencia de calor a través de los tubos del evaporador, con lo cual se producirá una disminución progresiva de la presión del evaporador. Si esta situación persiste se producirá la señal de parada de la unidad.		
6	Estar en capacidad de emitir una señal de parada de la unidad si la presión del evaporador cae al valor de 29 psi en operación normal.	A No esta en capacidad de activarse y por lo tanto de parar la unidad.	I Oxidación de los mecanismos de accionamiento del sensor.	Esta falla no será observada por los operadores sino hasta que ocurra una baja fuerte de la presión en el evaporador, con lo cual ocurrirá el disparo de la unidad pero por activación del presostato de congelamiento.		

<b>AMEF</b>	<b>SUB-SISTEMA:</b> A/A central-Agua Helada		<b>GRUPO DE ANÁLISIS</b>	Grupo MCC	<b>PÁGINA</b>	10
	<b>EQUIPO:</b> Chiller N°1		<b>FECHA</b>	Agosto 2004	<b>DE</b>	12
	<b>CÓDIGO:</b> CH-0S2/001		<b>FUNCIÓN:</b> Suministrar agua helada.			
	<b>FUNCIÓN</b>	<b>FALLA DE FUNCIÓN</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>EFECTO DE FALLA</b>		
10	Estar en capacidad de emitir una señal de parada de la unidad si la temperatura del aceite alcanza el valor de 140 °F en operación normal.	A No esta en capacidad de activarse y por lo tanto de parar la unidad.	I Falla en los componentes electrónicos del sensor.	Esta falla no será observada por los operadores en operación normal. Sin embargo, en caso de suceder, puede existir un daño severo en el eje del motor y del compresor.		
11	Estar en capacidad de emitir una señal de parada de la unidad si la corriente del motor asciende por encima del 10% de la corriente necesaria para el nivel de carga de la unidad en operación normal. (Dispositivo ubicado en el tablero)	A No esta en capacidad de activarse y por lo tanto de parar la unidad.	I Falla en los componentes electrónicos del sensor.	Esta falla no será observada por los operadores en operación normal. Sin embargo, en caso de suceder, se producirá la parada de la unidad a causa de la activación de los dispositivos de protección eléctrica internos del motor del compresor.		

AMEF	<b>SUB-SISTEMA:</b> A/A central-Agua Helada		<b>GRUPO DE ANÁLISIS</b>	Grupo MCC	<b>PÁGINA</b>	10
	<b>EQUIPO:</b> Chiller N°1		<b>FECHA</b>	Agosto 2004	<b>DE</b>	12
	<b>CÓDIGO:</b> CH-0S2/001		<b>FUNCIÓN:</b> Suministrar agua helada.			
	<b>FUNCIÓN</b>	<b>FALLA DE FUNCIÓN</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>EFECTO DE FALLA</b>		
10	Estar en capacidad de emitir una señal de parada de la unidad si la temperatura del aceite alcanza el valor de 140 °F en operación normal.	A No esta en capacidad de activarse y por lo tanto de parar la unidad.	I Falla en los componentes electrónicos del sensor.	Esta falla no será observada por los operadores en operación normal. Sin embargo, en caso de suceder, puede existir un daño severo en el eje del motor y del compresor.		
11	Estar en capacidad de emitir una señal de parada de la unidad si la corriente del motor asciende por encima del 10% de la corriente necesaria para el nivel de carga de la unidad en operación normal. (Dispositivo ubicado en el tablero)	A No esta en capacidad de activarse y por lo tanto de parar la unidad.	I Falla en los componentes electrónicos del sensor.	Esta falla no será observada por los operadores en operación normal. Sin embargo, en caso de suceder, se producirá la parada de la unidad a causa de la activación de los dispositivos de protección eléctrica internos del motor del compresor.		

AMEF	<b>SUB-SISTEMA:</b> A/A central-Agua Helada		<b>GRUPO DE ANÁLISIS</b>	Grupo MCC	<b>PÁGINA</b>	11
	<b>EQUIPO:</b> Chiller N°1		<b>FECHA</b>	Agosto 2004	<b>DE</b>	12
	<b>CÓDIGO:</b> CH-0S2/001		<b>FUNCIÓN:</b> Suministrar agua helada.			
	<b>FUNCIÓN</b>	<b>FALLA DE FUNCIÓN</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>EFECTO DE FALLA</b>		
12	Estar en capacidad de emitir una señal de parada de la unidad si no hay flujo de agua helada a través del evaporador.	A No esta en capacidad de activarse y por lo tanto de parar la unidad.	I Falla en los componentes electrónicos del sensor.	Esta falla no será observada por los operadores en operación normal. Sin embargo, en caso de suceder, se producirá la parada de la unidad a causa de la activación del dispositivo de protección contra congelamiento.		
13	Estar en capacidad de emitir una señal de parada de la unidad si no hay flujo de agua de condensación a través del condensador.	A No esta en capacidad de activarse y por lo tanto de parar la unidad.	I Falla en los componentes electrónicos del sensor.	Esta falla no será observada por los operadores en operación normal. Sin embargo, en caso de suceder, se producirá la parada de la unidad a causa de la activación del dispositivo de protección contra alta presión de descarga del compresor.		

ANIEF	SUB-SISTEMA: A/A central-Agua Helada		GRUPO DE ANÁLISIS	Grupo MCC	PÁGINA	12
	EQUIPO: Chiller N°1		FECHA	Agosto 2004	DE	12
	CÓDIGO: CH-0S2/001		FUNCIÓN: Suministrar agua helada.			
FUNCIÓN		FALLA DE FUNCIÓN		MODO DE FALLA		EFEECTO DE FALLA
14	Estar en capacidad de emitir una señal de parada de la unidad si existe sobrecalentamiento del motor del compresor.	A	No esta en capacidad de activarse y por lo tanto de parar la unidad.	1	Falla en los componentes electrónicos del sensor.	Esta falla no será observada por los operadores en operación normal. Sin embargo, en caso de suceder y ser prolongado el sobrecalentamiento se producirá el disparo de la unidad a causa de sobrecarga eléctrica a nivel del tablero de distribución.

### HOJA DE REGISTRO DE LAS TAREAS DERIVADAS DE LA APLICACIÓN DEL ARBOL LÓGICO DE DECISIÓN

EQUIPO: Chiller N°1			GRUPO DE ANÁLISIS: Grupo MCC			PÁGINA: 1								
CÓDIGO: CH-0S2/001			FECHA: Agosto 2004			DE: 7								
NUMERO DE REFERENCIA			EVALUACIÓN DE LA CONSECUENCIA				REFERENCIA DE LAS TAREAS				OBSERVACIONES:			
F	FF	FM	DO	SE	OP	NOP	LUB	DO1 SE1 OP1 NP1	DO2 SE2 OP2 NP2	DO3 SE3	DO4	TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA	HECHO POR
1	A	1			S		N	N	N			No hay mantenimiento programado. Se recomienda aplicar un nivel mínimo de mantenimiento el cual consiste en limpieza de los componentes eléctricos y ajuste de los contactos. En caso del ser necesario, reemplazar componentes.	Annual	Técnico electricista
1	A	2										Los dispositivos de potencia eléctrica se analizan separadamente.		
1	A	3										Los dispositivos de potencia eléctrica se analizan separadamente.		
1	A	4			S		N	N	N			No hay mantenimiento programado. Se recomienda el ajuste de los contactos.	Trimestral	Técnico electricista
1	A	5	S				N	N	N	S		Pesquisas de fallas. Consiste en probar la función del variador de velocidad. Adicionalmente, aplicar limpieza y ajuste de los componentes.	Annual	Técnico electricista

EQUIPO: Chiller N°1											GRUPO DE ANÁLISIS: Grupo MCC		PÁGINA: 2	
CÓDIGO: CH-0S2/001											FECHA: Agosto 2004		DE: 7	
NUMERO DE REFERENCIA			EVALUACIÓN DE LA CONSECUENCIA				REFERENCIA DE LAS TAREAS				OBSERVACIONES:			
F	FF	FM	DO	SE	OP	NOP	LUB	DO1 SE1 OP1 NP1	DO2 SE2 OP2 NP2	DO3 SE3	DO4	TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA	HECHO POR
1	A	6			S		N	S				<b>Mantenimiento basado en la condición.</b> Consiste en inspeccionar los niveles de vibración y ruido de los rodamientos. Lubricar o reemplazar si es necesario.	Bimensual	Técnico mecánico
1	B	1				S	N	S				<b>Mantenimiento basado en la condición.</b> Chequeo del grado limpieza del filtro. Reemplazarlos en caso de estar muy deteriorados.	Bimensual	Técnico mecánico
1	C	1										<b>Se analiza separadamente.</b>		
1	D	1			S		N	S				<b>Mantenimiento basado en la condición.</b> Consiste en inspeccionar los niveles de goteo. En caso de ser necesario reemplazar los sellos.	Semestral	Técnico mecánico
1	D	2			S		N	S				Actividades referidas en 1-B-1		

EQUIPO: Chiller N°1											GRUPO DE ANÁLISIS: Grupo MCC		PÁGINA: 3	
CÓDIGO: CH-0S2/001											FECHA: Agosto 2004		DE: 7	
NUMERO DE REFERENCIA			EVALUACIÓN DE LA CONSECUENCIA				REFERENCIA DE LAS TAREAS				OBSERVACIONES:			
F	FF	FM	DO	SE	OP	NOP	LUB	DO1 SE1 OP1 NP1	DO2 SE2 OP2 NP2	DO3 SE3	DO4	TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA	HECHO POR
2	A	1										Los dispositivos de potencia eléctrica <b>se analizan separadamente.</b>		
2	A	2			S		N	N	N			<b>No hay mantenimiento programado.</b> Se recomienda realizar la apertura de la unidad y chequear el estado de los componentes de los vanes.	Anual	Contrato
2	A	3			S		N	N	S			<b>Mantenimiento basado en la condición.</b> Consiste en realizar la apertura de la unidad y chequear el estado de los componentes de la bomba de aceite. Reemplazar componentes de ser necesario.	Anual	Contrato
2	A	4			S		N	S	S			<b>Mantenimiento basado en la condición.</b> Consiste en realizar la apertura de la unidad y chequear el estado de los componentes del motor. Reemplazar componentes de ser necesario.	Anual	Contrato

EQUIPO: Chiller N°1											GRUPO DE ANÁLISIS: Grupo MCC		PÁGINA: 4	
CÓDIGO: CH-0S2/001											FECHA: Agosto 2004		DE: 7	
NUMERO DE REFERENCIA			EVALUACIÓN DE LA CONSECUENCIA				REFERENCIA DE LAS TAREAS				OBSERVACIONES:			
F	FF	FM	DO	SE	OP	NOP	LUB	DO1 SE1 OP1 NP1	DO2 SE2 OP2 NP2	DO3 SE3	DO4	TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA	HECHO POR
2	B	1										Se analizan separadamente		
2	B	2			S		N	S	S			Mantenimiento basado en la condición. Consiste en realizar la limpieza interna de los tubos del condensador en caso de ser necesario.	Cuatrimestral	Técnico mecánico
3	A	1										Se analiza separadamente		
3	B	1										Se analiza separadamente		
3	C	1										Se analiza separadamente		
3	C	2										Se analiza separadamente		
3	C	3										Se analiza separadamente		
4	A	1										Se analiza separadamente, sin embargo se recomienda el chequeo de la válvula de expansión cuando se aplique la actividad de mantenimiento mayor.	Anual	Contrato

EQUIPO: Chiller N°1											GRUPO DE ANÁLISIS: Grupo MCC		PÁGINA: 5	
CÓDIGO: CH-0S2/001											FECHA: Agosto 2004		DE: 7	
NUMERO DE REFERENCIA			EVALUACIÓN DE LA CONSECUENCIA				REFERENCIA DE LAS TAREAS				OBSERVACIONES:			
F	FF	FM	DO	SE	OP	NOP	LUB	DO1 SE1 OP1 NP1	DO2 SE2 OP2 NP2	DO3 SE3	DO4	TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA	HECHO POR
5	A	1										Se analiza separadamente		
5	B	1			S		N	S				Se analiza separadamente. Las actividades de mantenimiento van dirigidas a la válvula motorizada como medio de regulación.		
5	C	1			S		N	S	S			Mantenimiento basado en la condición. Consiste en realizar la limpieza interna de los tubos del evaporador en caso de ser necesario.	Cuatrimestral	Técnico mecánico
6	A	1	S				N	N	N	S		Pesquisas de fallas. Probar el funcionamiento del instrumento para determinar posibles fallas. Ajustar contactos y de ser necesario y reemplazar componentes.	Anual	Técnico mecánico
7	A	1	S				N	N	N	S		Pesquisas de fallas. Probar el funcionamiento del instrumento para determinar posibles fallas. Ajustar contactos y de ser necesario reemplazar componentes.	Anual	Operador Mecánico

EQUIPO: Chiller N °1										GRUPO DE ANÁLISIS: Grupo MCC		PÁGINA: 6		
CÓDIGO: CH-0S2/001										FECHA: Agosto 2004		DE: 7		
NUMERO DE REFERENCIA			EVALUACIÓN DE LA CONSECUENCIA				REFERENCIA DE LAS TAREAS					OBSERVACIONES:		
F	FF	FM	DO	SE	OP	NOP	LUB	DO1 SE1 OP1 NP1	DO2 SE2 OP2 NP2	DO3 SE3	DO4	TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA	HECHO POR
8	A	1	S				N	N	N	S		<b>Pesquisas de fallas.</b> Probar el funcionamiento del instrumento para determinar posibles fallas. Ajustar contactos y de ser necesario reemplazar componentes.	Anual	Técnico mecánico
9	A	1	S				N	N	N	N	N	<b>No hay mantenimiento programado.</b> Es poco factible operar la unidad a las condiciones señaladas. Se recomienda chequear los componentes del sensor en actividades de mantenimiento mayor.	Anual	Contratado
10	A	1	S				N	N	N	N	N	<b>No hay mantenimiento programado.</b> Es poco factible operar la unidad a las condiciones señaladas. Se recomienda chequear los componentes del sensor en actividades de mantenimiento mayor.	Anual	Contratado
11	A	1	S				N	N	N	S		<b>Pesquisas de fallas.</b> Probar el funcionamiento del instrumento para determinar posibles fallas. Ajustar contactos y de ser necesario reemplazar componentes.	Anual	Técnico mecánico

EQUIPO: Chiller N °1										GRUPO DE ANÁLISIS: Grupo MCC		PÁGINA: 7		
CÓDIGO: CH-0S2/001										FECHA: Agosto 2004		DE: 7		
NUMERO DE REFERENCIA			EVALUACIÓN DE LA CONSECUENCIA				REFERENCIA DE LAS TAREAS					OBSERVACIONES:		
F	FF	FM	DO	SE	OP	NOP	LUB	DO1 SE1 OP1 NP1	DO2 SE2 OP2 NP2	DO3 SE3	DO4	TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA	HECHO POR
12	A	1	S				N	N	N	S		<b>Pesquisas de fallas.</b> Probar el funcionamiento del instrumento para determinar posibles fallas. Ajustar contactos y de ser necesario reemplazar componentes.	Anual	Técnico mecánico
13	A	1	S				N	N	N	S		<b>Pesquisas de fallas.</b> Probar el funcionamiento del instrumento para determinar posibles fallas. Ajustar contactos y de ser necesario reemplazar componentes.	Anual	Técnico mecánico
14	A	1	S				N	N	N	S		<b>Pesquisas de fallas.</b> Probar el funcionamiento del instrumento para determinar posibles fallas. Ajustar contactos y de ser necesario reemplazar componentes.	Anual	Técnico mecánico

**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA LOS CHILLERS Y LAS BOMBAS DE AGUA HELADA**

**CHILLERS**

NUMERO	ESTRAT	NIVEL	TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA DE LAS TAREAS						
				D	1M	2M	3M	4M	6M	1A
1	Tiempo	II	Limpieza y ajuste de contactos y de dispositivos eléctricos y electrónicos						◆	
2	Tiempo	IV	Chequeo del estado de los Vanes							◆
3	Condicion	IV	Chequeo de los componentes del motor del compresor del Chiller							◆
4	Condicion	IV	Limpieza de los tubos del evaporador					◆		
5	Condicion	IV	Limpieza de los tubos del condensador					◆		
6	Tiempo	IV	Chequeo de la válvula de expansión							◆
7	Tiempo	IV	Prueba de la función de los dispositivos de protección medidores de presión, temperatura y corriente eléctrica							◆
8	Tiempo	IV	Prueba de acidez del aceite del motor							◆

**MOTOR-BOMBA DE AGUA HELADA-TABLERO ELÉCTRICO**

NUMERO	ESTRAT	NIVEL	TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA DE LAS TAREAS						
				D	1M	2M	3M	4M	6M	1A
1	Tiempo	II	Limpieza y ajuste de contactos de dispositivos electrónicos y eléctricos						◆	
2	Condición	III	Inspección de los sellos de las bombas						◆	
3	Condición	III	Inspección del nivel de ruido y vibración del conjunto motor-bomba			◆				
4	Tiempo	II	Probar el funcionamiento del variador de velocidad							◆

## RECOMENDACIONES PARA LOS PROCEDIMIENTOS DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DE LOS CHILLERS, BOMBAS DE AGUA HELADA Y TABLEROS ELÉCTRICOS ASOCIADOS

### ❖ *Limpieza y ajuste de contactos eléctricos y de dispositivos electrónicos de los tableros de los chillers y de las bombas de agua helada.*

- Limpiar los contactos con solvente no volátil (posteriormente deben limpiarse con acetona para eliminar los residuos del solvente) y apriétense los herrajes o reemplácese. De igual forma deben apretarse los tornillos de montaje de los alambres de carga y del elemento térmico.
- Reemplazar de ser necesario los muelles de los contactos para evitar presión débil entre ellos. Verificar que el portacontactos no esté deformado.
- No limar los contactos de plata. Los puntos rugosos o las decoloraciones no afectarán su eficiencia.
- Utilizar un ohmmetro para detectar bobinas abiertas o en cortocircuito. De igual forma verificar el voltaje del sistema y de la bobina y observar las variaciones durante el arranque.
- Verificar la aplicación de las bobinas en el circuito. Las bobinas operarán satisfactoriamente dentro de los límites del 85% y 110% del voltaje nominal.
- Verificar la aplicación de los elementos térmicos.
- Reemplazar de ser necesario, los componentes defectuosos o cuyo funcionamiento no sea el óptimo.

### Materiales:

Solvente dieléctrico en aerosol.

Borna portafusible de tipo 5x20 para protección del transformador.\*

Borna portafusible de tipo 5x20 para protección de 110 VAC.\*

Lámpara de señalización ámbar de falla S.M.A. 1\*

Lámpara de señalización verde de variador S.M.A. 1\*

Lámpara de señalización ámbar de BYPASS.\*

Lámpara de señalización verde de señal EXCEL.\*

\* De ser necesario en caso de reemplazo.

### ❖ *La complejidad del diseño de los chillers y el nivel de dificultad de la intervención del mismo obliga a que la realización de las actividades de mantenimiento N° 2,3,4,5,6,7,8 sea realizada mediante la contratación del servicio especializado ofrecido por el fabricante.*

❖ ***Inspección del nivel de ruido y vibración del motor de la bomba.***

- Con el equipo adecuado monitorear el nivel de vibración del eje del motor.
- En caso de ser necesario, reemplazar los rodamientos y chumacera según la tabla siguiente. Tomar las siguientes precauciones:
  1. Verifique las tolerancias del eje y la carcasa.
  2. Asegúrese que las tolerancias están dentro del intervalo recomendado por el proveedor del cojinete.
  3. Limpie el área de instalación y las partes en contacto.
  4. No retire la envoltura del rodamiento hasta que se necesite hacerlo para la instalación.
  5. No esponga el rodamiento al polvo o suciedad.
  6. No lave un rodamiento nuevo, porque eliminara la película protectora.
  7. En ningún caso se deberá montar el rodamiento ejerciendo fuerza sobre o a través de los elementos rodantes.

Material:

Rodamientos: 6215-27-JC3; 6212-27-JC3

❖ ***Inspección de los sellos de las bombas***

La inspección durante el servicio del equipo debe efectuarse en forma periódica. La frecuencia se determinará dependiendo de la criticidad de éste, las recomendaciones del fabricante y la experiencia de su funcionamiento.

En caso de reemplazo debe comprobarse el buen estado del equipo donde será instalado el sello, tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- El eje o camisa del área de sello debe estar liso, libre de asperezas, rayas o materiales extraños. El acabado superficial debe tener como valor mínimo 16 a 32 RMS.
- La concentricidad del eje con la caja, debe estar dentro de los valores permitidos  $-0,001$  pulg. +  $0,001$  pulg. La excentricidad del eje debe estar dentro de lo permitido, valor máximo  $0,0015$  pulg.
- La caja de sello debe estar lisa, perpendicular al eje, cilíndrica y concéntrica (no se aceptan desviaciones).

Material:

Sellos mecánicos de  $1 \frac{1}{2}$  pulgada.

❖ ***Probar el funcionamiento del sensor de aire***

- Simular la falla de suministro de aire de la sala manejo de aire y verificar la existencia de una señal de alarma.
- En caso de no presentarse problema con la alarma, realizar la limpieza de los elementos mecánicos del sensor para retirar polvo y/o cualquier tipo de suciedad presente.
- En caso de existir falla, reemplazar el sensor.

## ANEXO B

### PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LAS TORRES DE ENFRIAMIENTO (EQUIPO DE ENFRIAMIENTO DE AGUA DE CONDENSACION)



## FICHA TÉCNICA DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO

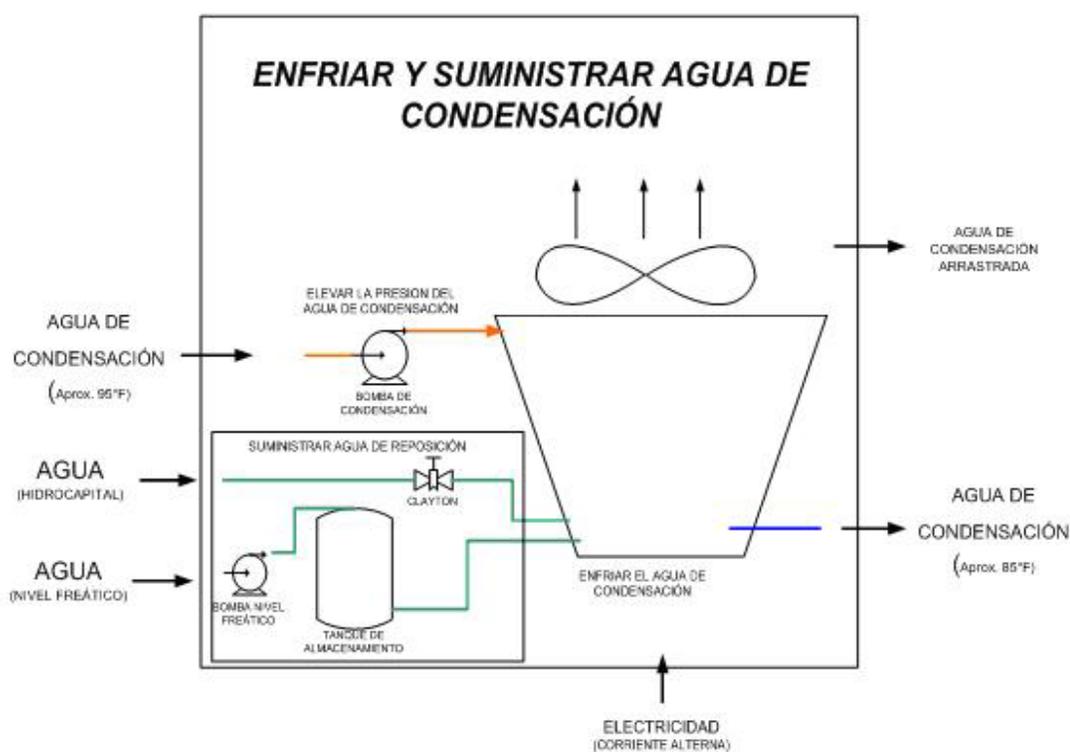
CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA	
MODELO:	Torres de Enfriamiento Marca: Marley Versión 3.51
No	1
CODIGO	TE-MZ-01, TE-MZ-02, TE-MZ-03
UBICACIÓN	En Mezanina, subiendo por las escaleras frente a los ascensores que estan en Plaza Aerea.
DATOS DE LA TORRE	
MODELO	Quadraflow
No DE CELDDAS	1
MOTOR	50HP-480volt -1800RPM
SALIDA DEL MOTOR	50 BHP
RANGO FLUJO TORRE	1645 GPM
TEMP AGUA CALIENTE	95 F
TEMP AGUA FRIA	85 F
TEMP BULB. SECO	78 F
NIVEL DE SONIDO	85 DBA/CELL
VENTILADOR	8.00 ft Dia, 8 BLADES
VELOCIDA DEL VENTILADOR	507 RPM 12742 ft/min
FLUJO AIRE	181200 CFM
DATOS COMPONENTES ELECTRICOS	
VARIADOR	Telemecanique ALTIVAR 66
SIST. INTELIGENTE MARLEY	Modelo A86794
CONTACTORES	Telemecanique para 50HP
TERMICO	Telemecanique ( 40 - 60 Amp. )
FUSIBLES	55 Amp.
SIST. INTELIGENTE MARLEY	
VOLT ENTRADA	24 VAC CONTROL
RESOLUCIÓN DEL DISPLAY	TEMPREATURA 1 F
RANGO DEL DISPLAY	-30F HASTA +250F
Set Point de TEMP. DISPALY	40F HASTA 100F
SALIDA ANALÓGICA	0 A 10 VDC
RANGO SALIDA MÁX	30ma
DIMENSIONES	4" x 4" X 1X 1/32"
Máx Potencia Consumida	15VA

## FUNCIONES

Las funciones de las torres de enfriamiento consisten en enfriar el agua de condensación proveniente del condensador del chiller, para luego devolverla al condensador mediante la impulsión de las bombas de condensación.

## DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

El sistema en general se representa según la siguiente figura:



El agua de condensación proveniente del condensador del chiller a una temperatura de 95 °F, es impulsada por las bombas de condensación y se introduce a través de una conexión de entrada hasta los aspersores, en donde es distribuida para circular en caída a través de la torre. Simultáneamente el aire es inducido a entrar a través de la torre, provocando el enfriamiento evaporativo del agua. El agua enfriada cae en la piscina de torre, en donde por gravedad es devuelta a la fuente de calor.

Las pérdidas de agua por arrastre del aire son compensadas con agua de reposición, cuyas fuentes son simultáneamente el agua del nivel freático, impulsada por las bombas de nivel freático, y el suministro externo de Hidrocapital.

## EQUIPOS QUE COMPONEN EL SUBSISTEMA

La siguiente tabla muestra los equipos que dan soporte al funcionamiento de las torres. Los planes de mantenimiento realizados van dirigidos a estos equipos.

EQUIPOS MECÁNICOS	NOMBRE	CÓDIGO
	Torre de enfriamiento N°1	TE-MZ-01
	Torre de enfriamiento N°2	TE-MZ-02
	Torre de enfriamiento N°3	TE-MZ-03
	Bomba de agua de condensación N°1	BAC-0S2/O01
	Bomba de agua de condensación N°2	BAC-0S2/O02
	Bomba de agua de condensación N°3	BAC-0S2/O03
	Bomba de agua de condensación N°4	BAC-0S2/O04
	Bomba de nivel freático N°1	MB-ES3/06
	Bomba de nivel freático N°2	MB-ES3/07

## EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE FALLA

El funcionamiento de la torres de enfriamiento fuera de sus estándares operativos traerá como consecuencia posibles disparos de los dispositivos de protección de los chillers.

Desde el punto de vista de la flexibilidad operacional y en condiciones normales de operación, generalmente están operativas dos de las tres torres de enfriamiento, por lo cual siempre existirá una unidad de respaldo. De igual forma siempre están operativas dos de las cuatro bombas de condensación, por lo cual habrá dos unidades de respaldo. En cuanto a las bombas de nivel freático, existe una unidad operativa y otra en respaldo.

HOJA DE REGISTRO DEL ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS

<b>AMIEF</b>	<b>SUB-SISTEMA:</b> Aire acondicionado central (agua helada)		<b>GRUPO DE ANÁLISIS</b>	Grupo MCC	<b>PÁGINA</b>	1
	<b>EQUIPO:</b> Torres de enfriamiento		<b>FECHA</b>	Agosto 2004	<b>DE</b>	10
	<b>CÓDIGO:</b>		<b>FUNCIÓN:</b> Enfriar y suministrar agua de condensación			
	<b>FUNCIÓN</b>	<b>FALLA DE FUNCIÓN</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>EFEECTO DE FALLA</b>		
1	Suministrar 1300 GPM de agua de condensación con $\Delta T$ de 10 °F +/- 2°F a una presión de 120 psig +/- 20 psig.	A No suministra agua.	1	Falla del control automatizado Excel Building en el arranque del motor eléctrico.	El equipo se puede operar manualmente. Sin embargo, esta falla debe ser atacada rápidamente de manera de evitar un aumento en el consumo eléctrico.	
			2	El motor de la bomba no acciona por el disparo de los dispositivos de protección causado por defectos de los elementos del tablero eléctrico.	El motor no opera y genera una señal de parada al chiller si este está operativo, o no permite su arranque si el equipo está inoperativo.	
			3	El motor de la bomba no acciona por el disparo de los dispositivos de protección causado por sobrecarga eléctrica o cortocircuito.	<i>Se analiza separadamente</i> ya que es una falla de la subestación eléctrica. El motor no opera y genera una señal de parada al chiller si este está operativo, o no permite su arranque si el equipo está inoperativo.	

<b>AMIEF</b>	<b>SUB-SISTEMA:</b> Aire acondicionado central (agua helada)		<b>GRUPO DE ANÁLISIS</b>	Grupo MCC	<b>PÁGINA</b>	2
	<b>EQUIPO:</b> Torres de enfriamiento		<b>FECHA</b>	Agosto 2004	<b>DE</b>	10
	<b>CÓDIGO:</b>		<b>FUNCIÓN:</b> Enfriar y suministrar agua de condensación			
	<b>FUNCIÓN</b>	<b>FALLA DE FUNCIÓN</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>EFEECTO DE FALLA</b>		
			4	Falta de señal eléctrica en el motor.	<i>Se analiza separadamente.</i> El origen de este tipo de falla se le atribuye a desperfectos en las subestaciones eléctricas.	
			5	Bomba trancada por rodamientos defectuosos	Con el paso del tiempo el giro del motor se hace ruidoso y con presencia de vibraciones. Los rodamientos defectuosos truncan el motor por el excesivo roce. Se produce entonces una falla eléctrica por una sobrecarga de corriente que genera la parada del chiller.	
			6	El motor eléctrico no gira por defectos en los terminales.	No existirá movimiento de la bomba con lo cual se activará una alarma. Esta falla se hará evidente cuando se requiera el arranque del motor o en esté en estado operativo normal.	

<b>AMEF</b>	<b>SUB-SISTEMA:</b> Aire acondicionado central (agua helada)		<b>GRUPO DE ANÁLISIS</b>	Grupo MCC	<b>PÁGINA</b>	3
	<b>EQUIPO:</b> Torre de enfriamiento N°1		<b>FECHA</b>	Agosto 2004	<b>DE</b>	10
	<b>CÓDIGO:</b> TE-MZ-01		<b>FUNCIÓN:</b> Enfriar y suministrar agua de condensación			
	<b>FUNCIÓN</b>	<b>FALLA DE FUNCIÓN</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>EFECTO DE FALLA</b>		
		<b>B</b> Suministra un caudal de agua de condensación inferior a 1240 GPM	<b>1</b> Suministro de agua de reposición insuficiente (Hidrocapital)	<i>Se analiza separadamente.</i> El agua de reposición proveniente de hidrocapital es un insumo que no depende del subsistema. Será necesario obtener el agua de otra fuente.		
			<b>2</b> El motor se tranca en el arranque por rodamientos defectuosos	Con el paso del tiempo el giro del motor se hace ruidoso y con vibraciones. Los rodamientos defectuosos trancan el motor por el excesivo roce. Se puede producir el disparo de los dispositivos de protección por sobrecarga eléctrica.		
			<b>3</b> Daño de los sellos mecánicos en la bomba de nivel freático.	La fuga de agua se aprecia progresivamente y mientras mayor sea el nivel de la fuga en mayor rango la bomba opera fuera de la eficiencia esperada.		

<b>AMEF</b>	<b>SUB-SISTEMA:</b> Aire acondicionado central (agua helada)		<b>GRUPO DE ANÁLISIS</b>	Grupo MCC	<b>PÁGINA</b>	4
	<b>EQUIPO:</b> Torres de enfriamiento		<b>FECHA</b>	Agosto 2004	<b>DE</b>	10
	<b>CÓDIGO:</b> TE-MZ-01		<b>FUNCIÓN:</b> Enfriar y suministrar agua de condensación			
	<b>FUNCIÓN</b>	<b>FALLA DE FUNCIÓN</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>EFECTO DE FALLA</b>		
			<b>4</b> Falla del control automatizado Excel Building en el arranque del motor eléctrico de la bomba de nivel freático.	El equipo se puede operar manualmente. Sin embargo, esta falla debe ser atacada rápidamente de manera de evitar un aumento en el consumo eléctrico.		
			<b>5</b> El motor de la bomba de nivel freático no acciona por el disparo de los dispositivos de protección causado por sobrecarga eléctrica o cortocircuito.	<i>Se analiza separadamente.</i> El origen de este tipo de falla se le atribuye a desperfectos en las subestaciones eléctricas.		
			<b>6</b> Falta de señal eléctrica en el motor de la bomba de nivel freático.	<i>Se analiza separadamente.</i> El origen de este tipo de falla se le atribuye a desperfectos en las subestaciones eléctricas.		

<b>AMEF</b>	<b>SUB-SISTEMA:</b> Aire acondicionado central (agua helada)		<b>GRUPO DE ANÁLISIS</b>	Grupo MCC	<b>PÁGINA</b>	5
	<b>EQUIPO:</b> Torres de enfriamiento		<b>FECHA</b>	Agosto 2004	<b>DE</b>	10
	<b>CÓDIGO:</b> TE-MZ-01		<b>FUNCIÓN:</b> Enfriar y suministrar agua de condensación			
	<b>FUNCIÓN</b>	<b>FALLA DE FUNCIÓN</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>EFECTO DE FALLA</b>		
			7	El motor de la bomba de condensación no acciona por el disparo de los dispositivos de protección causado por defectos de los elementos del tablero eléctrico.	El motor de la bomba no opera. No hay manera de predecir esta falla. Se activará una alarma de aviso del desperfecto.	
			8	El motor eléctrico de la bomba de condensación no gira por defectos en los terminales.	No existirá movimiento de la bomba con lo cual se activará una alarma.	
			9	Daño en el dispositivo mecánico de la válvula Clayton.	En caso de que la falla ocurra con el dispositivo cerrado, existirá limitación al paso de agua de reposición proveniente de Hidrocapital. La piscina de la torre estará propensa a tener un nivel bajo de agua. Puede existir cavitación en las bombas de condensación Problema de condensación en el Chiller.	

<b>AMEF</b>	<b>SUB-SISTEMA:</b> Aire acondicionado central (agua helada)		<b>GRUPO DE ANÁLISIS</b>	Grupo MCC	<b>PÁGINA</b>	6
	<b>EQUIPO:</b> Torres de enfriamiento		<b>FECHA</b>	Agosto 2004	<b>DE</b>	10
	<b>CÓDIGO:</b> TE-MZ-01		<b>FUNCIÓN:</b> Enfriar y suministrar agua de condensación			
	<b>FUNCIÓN</b>	<b>FALLA DE FUNCIÓN</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>EFECTO DE FALLA</b>		
		<b>C</b> Suministra agua de condensación a una presión inferior de 100 psig.	1	Fuga de agua de condensación a través de los sellos de la bomba.	La fuga de agua se aprecia progresivamente y mientras mayor sea el nivel de la fuga en mayor rango la bomba opera fuera de la eficiencia esperada.	
			2	Falla asociada a defectos en el suministro de agua de reposición.	La bomba opera fuera de la eficiencia esperada, demostrada en la caída de presión de descarga.	
		<b>D</b> $\Delta T$ del agua de condensación superior a 12 °F.	1	Variador de velocidad del motor del ventilador dañado.	Al fallar este dispositivo no existirá la posibilidad de ajustar la velocidad de giro del ventilador, en este caso disminuirla. El ventilador queda girando a su máxima capacidad De prolongarse la falla se detendrá el chiller por baja presión en el condensador.	

AMIEF	SUB-SISTEMA: Aire acondicionado central (agua helada)		GRUPO DE ANÁLISIS	Grupo MCC	PÁGINA	7
	EQUIPO: Torres de enfriamiento		FECHA	Agosto 2004	DE	10
	CÓDIGO: TE-MZ-01		FUNCIÓN: Enfriar y suministrar agua de condensación			
	FUNCIÓN	FALLA DE FUNCIÓN	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA		
			2	Aspersor de agua de condensación taponado	Con el pasar del tiempo el aspersor se tapa a causa de incrustaciones, con lo cual habrá un menor caudal de agua de condensación circulando en la torre.	
			3	Falla asociada a defectos en el suministro de agua de reposición.	Al existir menor caudal de agua de condensación circulando en la torre y la misma cantidad de aire, existirá mayor enfriamiento del agua. De persistir la falla es posible que existan problemas de condensación en el chiller.	
		E $\Delta T$ del agua de condensación inferior a 8°F.	1	Celdas de entrada de aire taponadas.	Con el pasar del tiempo las celdas de entrada de aire se tapan ofreciendo resistencia a la circulación de aire, con lo cual habrá menor transferencia de calor hacia el agua.	

AMIEF	SUB-SISTEMA: Aire acondicionado central (agua helada)		GRUPO DE ANÁLISIS	Grupo MCC	PÁGINA	8
	EQUIPO: Torres de enfriamiento		FECHA	Agosto 2004	DE	10
	CÓDIGO: TE-MZ-01		FUNCIÓN: Enfriar y suministrar agua de condensación			
	FUNCIÓN	FALLA DE FUNCIÓN	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA		
			2	Falla del control automatizado Excel Building en el arranque del motor eléctrico del ventilador.	El equipo se puede operar manualmente. Sin embargo, esta falla debe ser atacada rápidamente de manera de evitar un aumento en el consumo eléctrico.	
			3	Falta de señal eléctrica en el motor del ventilador.	<i>Se analiza separadamente.</i> El origen de este tipo de falla se le atribuye a desperfectos en las subestaciones eléctricas. El ventilador no girará.	
			4	El motor del ventilador no acciona por el disparo de los dispositivos de protección causado por sobrecarga eléctrica o cortocircuito.	<i>Se analiza separadamente.</i> El origen de este tipo de falla se le atribuye a desperfectos en las subestaciones eléctricas.	

<b>AMEF</b>	<b>SUB-SISTEMA:</b> Aire acondicionado central (agua helada)		<b>GRUPO DE ANÁLISIS</b>	Grupo MCC	<b>PÁGINA</b>	9
	<b>EQUIPO:</b> Torres de enfriamiento		<b>FECHA</b>	Agosto 2004	<b>DE</b>	10
	<b>CÓDIGO:</b> TE-MZ-01		<b>FUNCIÓN:</b> Enfriar y suministrar agua de condensación			
<b>FUNCIÓN</b>		<b>FALLA DE FUNCIÓN</b>	<b>MODO DE FALLA</b>		<b>EFECTO DE FALLA</b>	
			5 El motor de la bomba no acciona por el disparo de los dispositivos de protección causado por defectos de los elementos del tablero eléctrico.		El motor no opera y por lo tanto el ventilador no gira. No hay forma de predecir la ocurrencia de esta falla.	
			6 Motor trancado por rodamientos defectuosos		Con el paso del tiempo el giro del motor se hace ruidoso y con vibraciones. Los rodamientos defectuosos trancan el motor. Se puede producir el disparo de los dispositivos de protección por sobrecarga eléctrica.	
			7 El motor eléctrico no gira por defectos en los terminales.		No existirá movimiento del ventilador. Esta falla se hará evidente cuando se requiera el arranque del motor o en esté en estado operativo normal.	

<b>AMEF</b>	<b>SUB-SISTEMA:</b> Aire acondicionado central (agua helada)		<b>GRUPO DE ANÁLISIS</b>	Grupo MCC	<b>PÁGINA</b>	10
	<b>EQUIPO:</b> Torres de enfriamiento		<b>FECHA</b>	Agosto 2004	<b>DE</b>	10
	<b>CÓDIGO:</b> TE-MZ-01		<b>FUNCIÓN:</b> Enfriar y suministrar agua de condensación			
<b>FUNCIÓN</b>		<b>FALLA DE FUNCIÓN</b>	<b>MODO DE FALLA</b>		<b>EFECTO DE FALLA</b>	
			8 Mala transmisión en el reductor de velocidad del ventilador.		Con el paso del tiempo pueden presentarse problemas de transmisión a causa de desajuste entre engranajes o problemas de lubricación. Ruidos atípicos dan alerta a esta falla.	
			9 Acople entre el eje del motor y el eje del reductor desajustado y/o desalineado.		Con el paso del tiempo de puede desajustar esta unión. Ruidos atípicos dan alerta a esta falla.	

**HOJA DE REGISTRO DE LAS TAREAS DERIVADAS DE LA APLICACIÓN DEL ARBOL LÓGICO DE DECISIÓN**

EQUIPO: Torres de enfriamiento										GRUPO DE ANÁLISIS: Grupo MCC			PÁGINA: 1	
CÓDIGO: TE-MZ-01										FECHA: Agosto 2004			DE: 5	
NUMERO DE REFERENCIA			EVALUACIÓN DE LA CONSECUENCIA				REFERENCIA DE LAS TAREAS				OBSERVACIONES:			
F	FF	MF	DO	SE	OP	NOP	LUB	DO1 SE1 OP1 NP1	DO2 SE2 OP2 NP2	DO3 SE3	DO4	TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA	HECHO POR
1	A	1			S		N	N	N			No hay mantenimiento programado. Se recomienda aplicar un nivel mínimo de mantenimiento el cual consiste en limpieza y ajuste de las tarjetas electrónicas. En caso de ser necesario, reemplazar componentes.	Semestral	Técnico electricista
1	A	2			S		N	N	N			No hay mantenimiento programado. Se recomienda aplicar un nivel mínimo de mantenimiento el cual consiste en limpieza de los componentes eléctricos y ajuste de los contactos. En caso del ser necesario, reemplazar componentes.	Annual	Técnico electricista
1	A	3										Actividad fuera del alcance del personal de mantenimiento de aire acondicionado.		
1	A	4										Actividad fuera del alcance del personal de mantenimiento de aire acondicionado.		

EQUIPO: Torres de enfriamiento										GRUPO DE ANÁLISIS: Grupo MCC			PÁGINA: 2	
CÓDIGO: TE-MZ-01										FECHA: Agosto 2004			DE: 5	
NUMERO DE REFERENCIA			EVALUACIÓN DE LA CONSECUENCIA				REFERENCIA DE LAS TAREAS				OBSERVACIONES:			
F	FF	MF	DO	SE	OP	NOP	LUB	DO1 SE1 OP1 NP1	DO2 SE2 OP2 NP2	DO3 SE3	DO4	TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA	HECHO POR
1	A	5			S		N	S				Mantenimiento basado en la condición. Consiste en inspeccionar los niveles de vibración y ruido de los rodamientos. Lubricar o reemplazar si es necesario.	Bimensual	Técnico mecánico
1	A	6			S		N	N	N			No hay mantenimiento programado. Se recomienda el ajuste y la limpieza de los contactos.	Trimestral	Técnico electricista
1	B	1										Se analiza separadamente		
1	B	2			S		N	S				Actividades referidas en 1-A-5		
1	B	3			S		N	S				Mantenimiento basado en la condición. Consiste en inspeccionar los niveles de goteo. En caso de ser necesario reemplazar los sellos.	Semestral	Técnico mecánico
1	B	4			S		N	N	N			Actividades referidas en 1-A-1		
1	B	5										Se analiza separadamente		
1	B	6										Se analiza separadamente		

<b>EQUIPO:</b> Torres de enfriamiento											<b>GRUPO DE ANÁLISIS:</b> Grupo MCC		<b>PÁGINA:</b> 3	
<b>CÓDIGO:</b> TE-MZ-01											<b>FECHA:</b> Agosto 2004		<b>DE:</b> 5	
NÚMERO DE REFERENCIA			EVALUACIÓN DE LA CONSECUENCIA				REFERENCIA DE LAS TAREAS				OBSERVACIONES:			
F	FF	MF	DO	SE	OP	NOP	LUB	DO1 SE1 OP1 NP1	DO2 SE2 OP2 NP2	DO3 SE3	DO4	TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA	HECHO POR
1	B	7			S		N	N	N			Actividades referidas en 1-A-2	Anual	Técnico electricista
1	B	8			S		N	N	N			<b>No hay mantenimiento programado.</b> Se recomienda el ajuste y la limpieza de los contactos.	Trimestral	Técnico electricista
1	B	9				S	N	N	S			<b>Mantenimiento basado en el tiempo.</b> Realizar chequeo a los componentes de la válvula Clayton para constatar su buen funcionamiento.	Semestral	Técnico mecánico
1	C	1			S		N	S				<b>Mantenimiento basado en la condición.</b> Chequeo de los sellos y reemplazo de los mismos en caso de ser necesario.	Trimestral	Técnico mecánico
1	C	2										<b>Se analiza separadamente</b>		
1	D	1			S		N	N	N			Actividades referidas en 1-A-1	Semestral	Técnico electricista (CONTRATO)

<b>EQUIPO:</b> Torres de enfriamiento											<b>GRUPO DE ANÁLISIS:</b> Grupo MCC		<b>PÁGINA:</b> 4	
<b>CÓDIGO:</b> TE-MZ-01											<b>FECHA:</b> Agosto 2004		<b>DE:</b> 5	
NÚMERO DE REFERENCIA			EVALUACIÓN DE LA CONSECUENCIA				REFERENCIA DE LAS TAREAS				OBSERVACIONES:			
F	FF	MF	DO	SE	OP	NOP	LUB	DO1 SE1 OP1 NP1	DO2 SE2 OP2 NP2	DO3 SE3	DO4	TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA	HECHO POR
1	D	2			S		N	S				<b>Mantenimiento basado en la condición.</b> Chequeo del nivel de limpieza del aspersor. De ser necesario limpiarlo.	Bimensual	Técnico mecánico
1	D	3										Determinar dentro de cual de los modos de falla asociados a la falla de función 1-B es el motivo causa de falla, para aplicar la actividad preventiva correspondiente.		
1	E	1			S		N	S				<b>Mantenimiento basado en la condición.</b> Inspeccionar las celdas de la torres. De ser necesario realizar una limpieza profunda a las celdas.	Bimensual	Técnico mecánico
1	E	2			S		N	N	N			Actividades referidas en 1-A-1		
1	E	3										<b>Se analiza separadamente</b>		
1	E	4										<b>Se analiza separadamente</b>		
1	E	5			S		N	N	N			Actividades referidas en 1-A-2		

EQUIPO: Torres de enfriamiento										GRUPO DE ANÁLISIS: Grupo MCC		PÁGINA: 5		
CÓDIGO: TE-MZ-01										FECHA: Agosto 2004		DE: 5		
NUMERO DE REFERENCIA			EVALUACIÓN DE LA CONSECUENCIA				REFERENCIA DE LAS TAREAS				OBSERVACIONES:			
F	FF	MF	DO	SE	OP	NOP	LUB	DO1 SE1 OP1 NP1	DO2 SE2 OP2 NP2	DO3 SE3	DO4	TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA	HECHO POR
1	E	6			S		N	S				<b>Mantenimiento basado en la condición.</b> Consiste en inspeccionar los niveles de vibración y ruido de los rodamientos. Lubricar o reemplazar si es necesario.	Trimestral	Técnico mecánico
1	E	7			S		N	N	N			<b>No hay mantenimiento programado.</b> Se recomienda el ajuste y la limpieza de los contactos.	Trimestral	Técnico electricista
1	E	8			S		N	S				<b>Mantenimiento basado en la condición.</b> Inspeccionar los niveles de ruido y vibración del reductor de velocidad De ser necesario realizar un chequeo del nivel de aceite, de las características del mismo y de los elementos de la transmisión.	Anual	Técnico mecánico
1	E	9			S		N	S				<b>Mantenimiento basado en la condición.</b> Inspeccionar los niveles de ruido y vibración del acople. De ser necesario realizar un chequeo del acople y ajuste del mismo	Anual	Técnico mecánico

**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA LAS TORRES DE ENFRIAMIENTO Y LOS EQUIPOS QUE SOPORTAN SU OPERACIÓN.**

***TORRES DE ENFRIAMIENTO***

NUMERO	ESTRAT	NIVEL	TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA DE LAS TAREAS							
				D	1M	2M	3M	4M	6M	1A	
1	Condición	III	Eliminación de obstrucciones o incrustaciones en el drenaje.			◆					
2	Condición	III	Lavado de la torre.			◆					
3	Condición	III	Chequeo de la válvula Clayton.						◆		
4	Tiempo	II	Inspección visual de la estructura.			◆					
5	Condición	III	Inspección del nivel de ruido y vibración del reductor de la torre de enfriamiento.								◆
6	Condición	III	Cambio de aceite del reductor de la torre.								◆
7	Tiempo	II	Chequeo del nivel de aceite del reductor		◆						
8	Condición	III	Alineación del conjunto motor-reductor.								◆

***MOTOR-BOMBA-TABLERO ELECTRICO***

NUMERO	ESTRAT	NIVEL	TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA DE LAS TAREAS							
				D	1M	2M	3M	4M	6M	1A	
1	Tiempo	II	Limpieza y ajuste de contactos eléctricos y de dispositivos electrónicos							◆	
2	Condición	III	Inspección de los sellos de las bombas							◆	
3	Condición	III	Inspección del nivel de ruido y vibración del motor y de la bomba			◆					

## RECOMENDACIONES PARA LOS PROCEDIMIENTOS DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DE LAS TORRES DE ENFRIAMIENTO Y LAS BOMBAS DE CONDENSACIÓN Y NIVEL FREÁTICO

### ❖ *Limpieza y ajuste de contactos eléctricos y de dispositivos electrónicos de los tableros de las torres y de las bombas de condensación*

- Limpiar los contactos con solvente no volátil (posteriormente deben limpiarse con acetona para eliminar los residuos del solvente) y apriétense los herrajes o reemplácese. De igual forma deben apretarse los tornillos de montaje de los alambres de carga y del elemento térmico.
- Reemplazar de ser necesario los muelles de los contactos para evitar presión débil entre ellos. Verificar que el portacontactos no esté deformado.
- No limar los contactos de plata. Los puntos rugosos o las decoloraciones no afectarán su eficiencia.
- Utilizar un ohmmetro para detectar bobinas abiertas o en cortocircuito. De igual forma verificar el voltaje del sistema y de la bobina y observar las variaciones durante el arranque.
- Verificar la aplicación de las bobinas en el circuito. Las bobinas operarán satisfactoriamente dentro de los límites del 85% y 110% del voltaje nominal.
- Verificar la aplicación de los elementos térmicos.
- Reemplazar de ser necesario, los componentes defectuosos o cuyo funcionamiento no sea el óptimo.

### Materiales:

Solvente dieléctrico en aerosol.

Borna portafusible de tipo 5x20 para protección del transformador.\*

Borna portafusible de tipo 5x20 para protección de 110 VAC.\*

Lámpara de señalización ámbar de falla S.M.A. 1\*

Lámpara de señalización verde de variador S.M.A. 1\*

Lámpara de señalización ámbar de BYPASS.\*

Lámpara de señalización verde de señal EXCEL.\*

\* De ser necesario en caso de reemplazo.

❖ ***Inspección del nivel de ruido y vibración del motor de la bomba.***

- Con el equipo adecuado monitorear el nivel de vibración del eje del motor.
- En caso de ser necesario, reemplazar los rodamientos y chumacera según la tabla siguiente. Tomar las siguientes precauciones:
  1. Verifique las tolerancias del eje y la carcasa.
  2. Asegúrese que las tolerancias están dentro del intervalo recomendado por el proveedor del cojinete.
  3. Limpie el área de instalación y las partes en contacto.
  4. No retire la envoltura del rodamiento hasta que se necesite hacerlo para la instalación.
  5. No esponga el rodamiento al polvo o suciedad.
  6. No lave un rodamiento nuevo, porque eliminara la película protectora.
  7. En ningún caso se deberá montar el rodamiento ejerciendo fuerza sobre o a través de los elementos rodantes.

Material:

Rodamientos: 6312-27-JC3; 6311-27-JC3 (Bomba de condensación)

❖ ***Inspección de los sellos de las bombas***

La inspección durante el servicio del equipo debe efectuarse en forma periódica. La frecuencia se determinará dependiendo de la criticidad de éste, las recomendaciones del fabricante y la experiencia de su funcionamiento.

En caso de reemplazo debe comprobarse el buen estado del equipo donde será instalado el sello, tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- El eje o camisa del área de sello debe estar liso, libre de asperezas, rayas o materiales extraños. El acabado superficial debe tener como valor mínimo 16 a 32 RMS.
- La concentricidad del eje con la caja, debe estar dentro de los valores permitidos  $-0,001$  pulg. +  $0,001$  pulg. La excentricidad del eje debe estar dentro de lo permitido, valor máximo  $0,0015$  pulg.
- La caja de sello debe estar lisa, perpendicular al eje, cilíndrica y concéntrica (no se aceptan desviaciones).

Material:

Sellos mecánicos de  $1 \frac{1}{2}$  pulgada.

❖ ***Inspección visual de la estructura***

- Hacer una inspección detallada a fin de comprobar la posible formación de grietas, fisuras, desprendimientos o erosión, y a la vez, verificar derrames de lubricantes los cuales pueden perjudicar la estructura.
- Verificar que todas las placas de los deflectores estén colocadas en posición angular y en buenas condiciones.
- Verificar posibles daños por corrosión en los tornillos, tuercas y arandelas. Verificar que los soportes y elementos de fijación estén sujetos y en posición. No deben presentar daños o acumulaciones de residuos. Los pernos que unen las estructuras deben ser inspeccionados por muestreo removiendo los seleccionados para determinar si existe corrosión.
- Verificar condiciones de las escaleras de metal por daños de corrosión y deterioro externo.
- Verificar condiciones de los ramales de distribución por posibles daños por corrosión, deberá poner atención a las abrazaderas, bridas y espárragos que sirven de sujeción al colector principal.
- Verificar las condiciones de las aspas del ventilador, poniendo atención de que no existan formaciones o incrustaciones de partículas extrañas y corrosión en los encajes de las aspas.
- Verificar el estado de la pintura de la torre y el motor.

❖ ***Lavado de la torre***

- Aplicar suficiente agua a presión para retirar las incrustaciones en las celdas de la torre.
- Retirar los desechos que se depositen en la piscina de la torre.
- No use la superficie horizontal superior de la torre como plataforma de trabajo.

❖ ***Chequeo del nivel de aceite***

- Apagar la unidad y espere 5 minutos para permitir estabilizar el nivel de aceite.
- Chequear el sistema en búsqueda de posibles fugas si la cantidad de aceite aparenta ser la inusual.

❖ ***Cambio de aceite del reductor de la torre***

- Apagar la unidad y espere 5 minutos para permitir estabilizar el nivel de aceite.
- Drenar completamente el aceite.
- Inspeccionar las condiciones de la estructura interna del reductor de velocidad.

- Introducir 4.73 litros del nuevo aceite
- Chequear el sistema en búsqueda de posibles fugas si la cantidad de aceite aparenta ser la inusual.

Material: Aceite mineral.

❖ ***Inspección del nivel de ruido y vibración del reductor de la torre***

- Medir las vibraciones (frecuencia y amplitud) del motor en los apoyos. Tomar el promedio de las mediciones para establecer un parámetro.
- Si la medición excede de 0,02 pulgadas de amplitud y 29,3 ciclos por segundos, se tiene que hay un desbalance.

❖ ***Alineación del conjunto motor-reductor***

***Se recomienda que esta actividad sea realizada por personal especializado bajo la figura de un contrato***

## **ANEXO C**

### **GERENCIA DE SERVICIOS LOGÍSTICOS**

#### ***1.- VISIÓN***

---

---

##### ***1.1. Valores medulares*** (Fundamentos esenciales y perdurables de la organización)

- ⇒ Visión Estratégica: Negocio → Trabajador → Comunidad.
- ⇒ Transparencia en el manejo de los procesos.
- ⇒ Compartir conocimiento y aprendizaje continuo.
- ⇒ Trabajo en equipo.
- ⇒ Orientado a la excelencia, actuación proactiva y sinérgica

##### ***1.2 Propósito medular:*** (Razón de ser de la organización)

Ser una organización que garantice a la empresa:

- ⇒ Óptimos ambientes físicos de trabajo e inmuebles oportunamente habilitados.
- ⇒ Altos niveles de calidad de vida a sus empleados, a través de nuestros servicios.
- ⇒ Contribución al desarrollo regional.
- ⇒ Servicios que potencien la productividad de los procesos del negocio.

##### ***1.3. Metas retadoras*** (Lo que nos va a guiar o inspirar)

- ⇒ Desarrollar una cultura de servicio.
- ⇒ Ser reconocidos por la excelencia de nuestra gente.
- ⇒ Mejorar la relación valor-costos año tras año.
- ⇒ Cero defectos en nuestros productos y servicios.
- ⇒ Lograr la organización que aprende.

## ***2.- MISIÓN***

---

---

### ***2.1 Productos***

- ⇒ Administrar, operar y mantener las instalaciones no operacionales de la empresa.
- ⇒ Proveer unos 4.5 MM de comidas anuales a 54 comedores.
- ⇒ Entregar servicios de hasta 9.2 MM de fotocopias mensuales.
- ⇒ Manejar boletería, hotelería y solicitudes de taxis en el apoyo de negocios de la empresa.
- ⇒ Desarrollar proyectos integrales para: infraestructura social en el apoyo operacional y comunidades del entorno, campamentos integrados, viviendas adecuadas para el trabajador y fortalecimiento institucional de entes regionales y locales.
- ⇒ Administrar la ocupación 18 MM Hectáreas al año a través de 2.420 contratos.
- ⇒ Administrar 7.000 activos inmobiliarios.
- ⇒ Administrar información geo-espacial equivalente al 40% del territorio nacional.

### ***2.2 Propuesta de valor***

Conjunto de recursos, prácticas y tecnologías integrados armónicamente para:

- ⇒ Apoyar las operaciones y los negocios de la empresa.
- ⇒ Proveer una mejor calidad vida a nuestra gente.
- ⇒ Promover la economía de escala.
- ⇒ Manejo eficiente de los activos.
- ⇒ Buena imagen de la empresa con su entorno.

Todos los objetivos anteriores se logran mediante la formulación y ejecución de planes y proyectos integrales, en sinergia con clientes internos y externos.

### ***2.3 Clientes/Usuarios***

- ⇒ Ministerio de Energía y Minas.
- ⇒ PDVSA: Corporativa, unidades de negocio
- ⇒ Trabajadores
- ⇒ Comunidades, alcaldías, gobernaciones, asociaciones de vecinos, cooperativas.

### ***2.4. Alcance geográfico***

Todo el territorio nacional

## ***3.- DIMENSIÓN***

---

Áreas verdes: 850 Ha.

Clínicas: 38

Clubes: 47

Comedores: 54

Casas de abasto: 14

Escuelas: 23 (210 aulas)

Estacionamientos: 27.300

Instalaciones deportivas: 98

Laboratorios de salud: 29

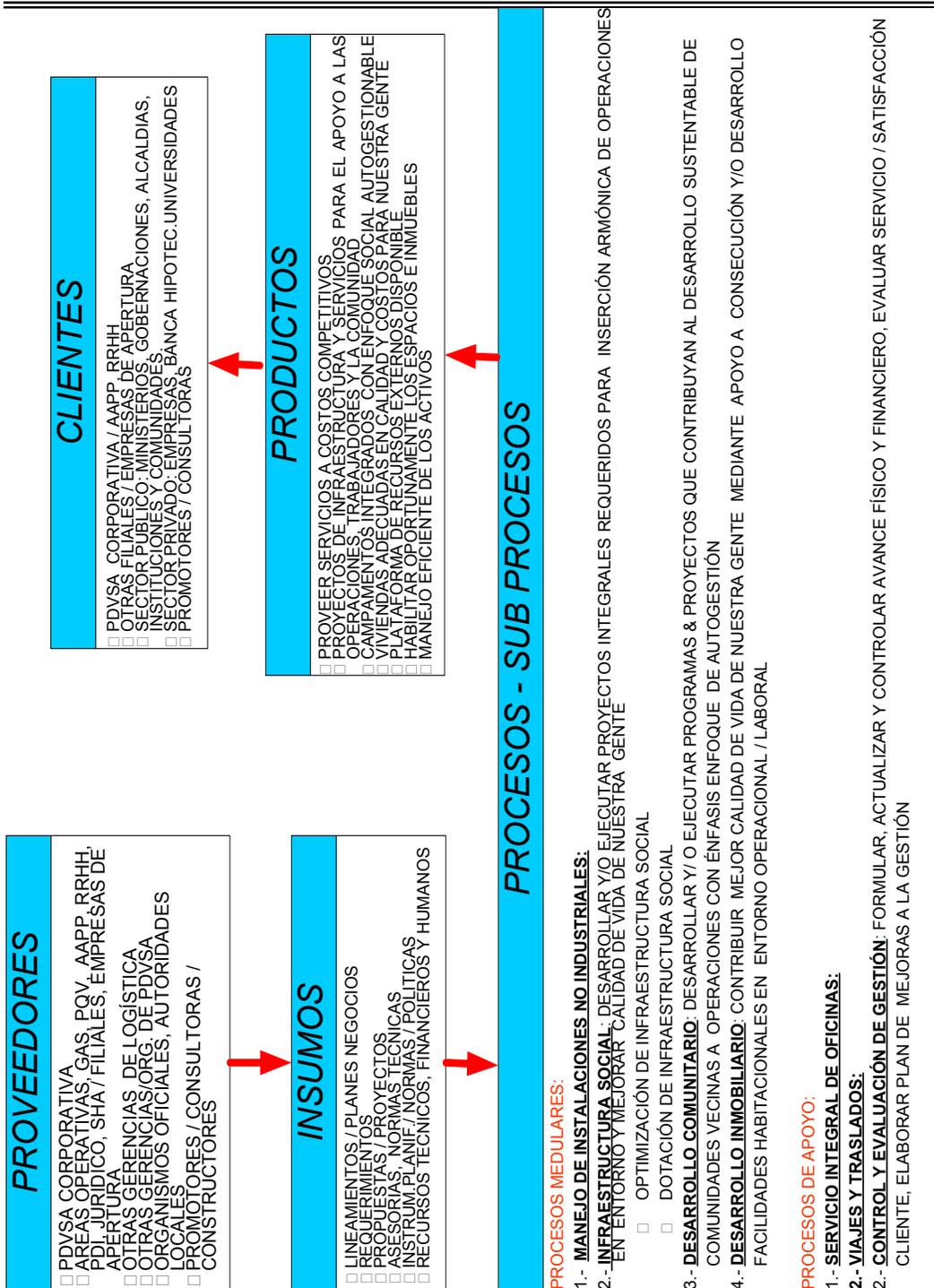
Laboratorios industriales: 274

Oficinas: 28.200 (816.865 m<sup>2</sup>)

Superficies operacionales: 1.194.000 Ha (propias: 294.034 Ha)

Viviendas: 10.070

## 4.- MACRO PROCESO

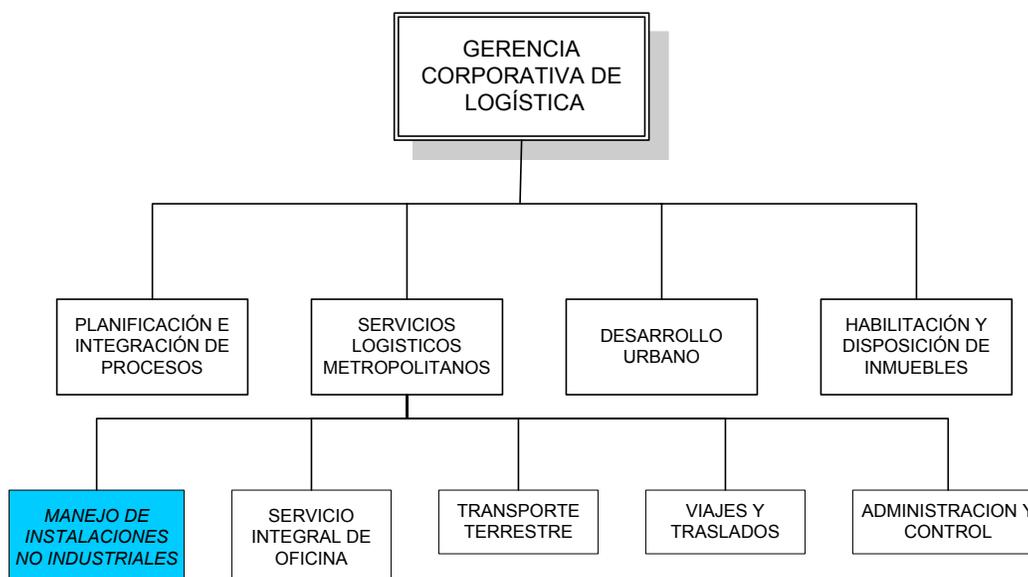


## 5.- VALORES CLAVES PARA EL ÉXITO

- ⇒ Compromiso del personal con los objetivos y metas de la organización.
- ⇒ Inserción en proceso de planificación del cliente y la asignación del presupuesto adecuado
- ⇒ Confianza y credibilidad en la organización.
- ⇒ Velocidad de respuesta al cliente.
- ⇒ Personal con orientación y sensibilidad social.
- ⇒ Continuidad en funciones de los actores claves externos.
- ⇒ Actores externos comprometidos en objetivos comunes.
- ⇒ Comunicación clara y efectiva (respeto mutuo)

## 6.- ORGANIZACIÓN

La Gerencia Corporativa de Logística presenta la siguiente estructura, siendo el área de Manejo de Instalaciones No Industriales (MINI) la beneficiaria directa de este trabajo especial.



## ***PROYECTO SAP PM PARA SERVICIOS LOGÍSTICOS***

### ***1.- OBJETIVO***

---

---

Implantar los Módulos de Mantenimiento (PM), Distribución de Costos (CO) y Materiales y Contratos (MM) del Sistema SAP en las Organizaciones de Logística.

### ***2.- OBJETIVOS ESTRATÉGICOS***

---

---

- ⇒ Asegurar eficiencia operativa.
- ⇒ Optimización de procesos.

### ***DESCRIPCIÓN***

---

---

Adoptar, ajustar e implantar los Módulos de Mantenimiento (PM) y de Distribución de Costos del Sistema SAP en las Organizaciones de Logística a nivel nacional a fin de garantizar el control de la gestión de mantenimiento y distribución de los costos asociados a esta actividad siempre enmarcado dentro de los lineamientos de integración y funcionalidad del diseño de SAP en PDVSA.

### ***ALCANCE FUNCIONAL DEL PROYECTO***

---

---

Dentro del área de logística se pretende abarcar:

- 1.- Mantenimiento de instalaciones no industriales:
  - ⇒ 57 Edificios de Oficinas.
  - ⇒ 1 Área recreacional.
  - ⇒ Comedores.
  - ⇒ Clínicas.
  - ⇒ Escuelas.
  - ⇒ Clubes.
  - ⇒ Lab. de Salud.

2.- Equipos de transporte terrestre:

⇒ 4800 Vehículos Flota Liviana.

⇒ 750 Unidades Flota Pesada.

### ***PREMISAS***

- ⇒ Configurar el modelo de negocio en SAP.
- ⇒ Aprovechar al máximo los recursos con experiencia en implantaciones de los módulos SAP.
- ⇒ Aprobar cambios de alcance con comité guía.
- ⇒ Validar y certificar con representantes de servicios logísticos el producto, previa migración a producción.
- ⇒ Evaluar las mejores prácticas de SAP vs. el proceso de servicios logísticos.
- ⇒ Maximizar el uso de SAP Standard.

### ***METODOLOGÍA DE IMPLANTACIÓN***

Se establece la metodología Accelerated SAP (ASAP) para la realización del proyecto. El ASAP es el componente metodológico de SAP para procesos de implantación de sus productos.



(1) *Preparación del Proyecto*: Definición del proyecto, estrategia de implementación, estructura organizativa, plan desarrollo, estándares.

(2) *Esquema del negocio*: Revisión, adopción y ajustes diseño, ajustes, interfaces, conversiones, extensiones, reportes.

(3) *Realización*: Configuración, pruebas, desarrollo de conversiones, interfaces, reportes y extensiones; material de adiestramiento.

(4) *Preparación Final*: Pruebas de integración y volumen, entrenamiento, Plan Going Live, paso a ambiente productivo.

(5) *Arranque y Soporte*: Mediciones, implementar soporte, arranque, optimización. de rendimiento.

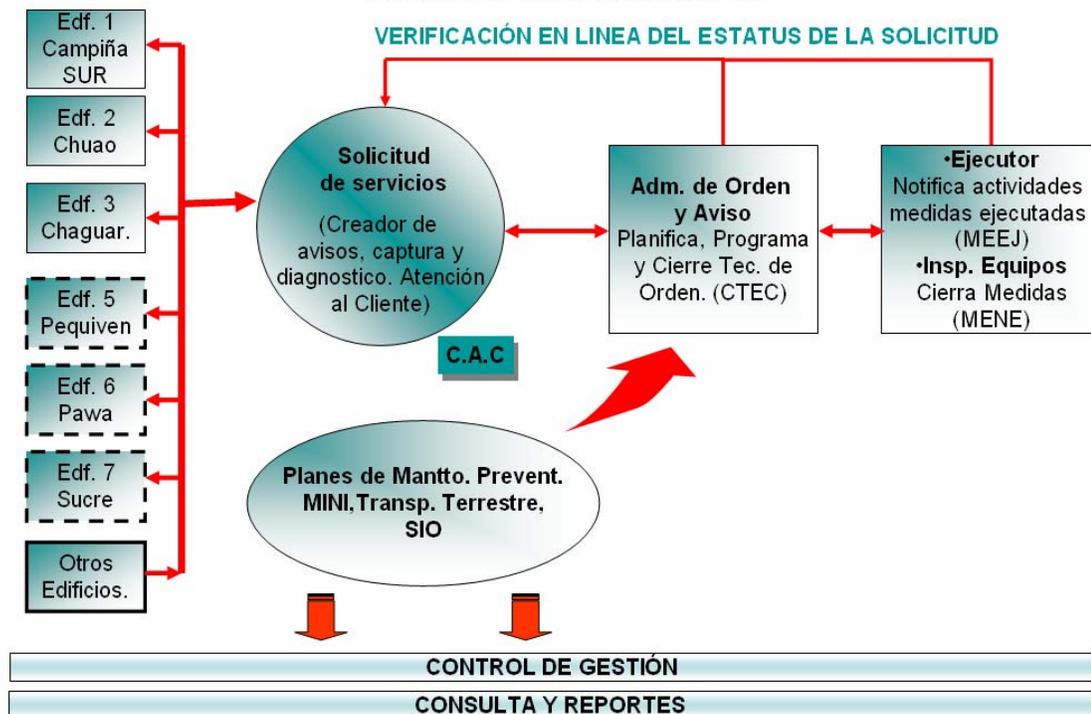
### ***FACTORES CLAVES PARA EL ÉXITO***

---

---

- ⇒ Compromiso gerencial al más alto nivel con el proyecto, su adopción, divulgación y arranque.
- ⇒ Equipo de proyecto involucrado
- ⇒ Disponibilidad de recursos financieros, humanos y técnicos necesarios para el desarrollo e implantación del proyecto.
- ⇒ Comunicación permanente entre los diferentes actores: comité guía, equipo del proyecto y usuarios finales.
- ⇒ No-reingeniería durante el desarrollo e implantación.
- ⇒ Visualización temprana del posible impacto en la organización.

**ADMINISTRACIÓN DE LAS SOLICITUDES DE MANTENIMIENTO EN SERVICIOS LOGISTICOS SAPPM**



## **ANEXO D**

### ***CODIFICACIÓN DE PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO***

#### **1. OBJETIVO**

Homologar la codificación a utilizar para los Planes de Mantenimiento a ISED en el sistema SAP R/3, por las diferentes áreas de la Corporación.

#### **2. PLANES DE MANTENIMIENTO**

##### **Definición:**

Un plan de mantenimiento describe el alcance de las actividades los recursos y los períodos de mantenimiento e inspección a realizar sobre los ISED, y por lo tanto podrá ser utilizado para asegurarse de que estos funcionan de manera óptima.

##### **Campos SAP:**

Como requerimiento de información para elaborar los planes de mantenimiento en SAP-R/3, se decidió asignar un tipo de numeración a cada plan, previamente codificada a nivel corporativo, el cual permite ser identificado por un código único.

Existen 12 campos para la asignación del código a los planes de mantenimiento. La codificación obedece a un enfoque de búsqueda que permita facilitar la asignación y visualización por cada área operacional.

La codificación a utilizar es la siguiente:

**Campos 1 2**

(X Y) : Area operacional. Ejemplo :

Producción Occidente	PB
Centro Refinador Paraguayaná	RB
Refinería El Palito	RD
Producción Oriente	PC
Producción Sur	PS
Refinería Puerto La Cruz	RC
Distribución Metropolitano	DM
Distribución Occidente	DW
Distribución Centro	DC
Distribución Oriente	DO

**Campo 3**

(X) : ( 1) : Contempla los planes con Niveles de mantenimiento 1 y 2, de acuerdo a los cinco niveles (1 al 5 según **Norma Covenin 18:1-0001**) establecidos en forma corporativa. En este campo serán considerados los planes que correrán el job para la generación de ordenes de preventivo en forma automática.

(2) : contempla los planes con niveles de mantenimiento 3, 4 y 5, que serán tratados bajo el proceso de llamadas.

**Campo 4**

(-) : Guión para separar el tipo de plan del Grupo Planificador.

**Campos 5 6 7**

(W R T): Grupo de Planificación MT.

Ejemplo: Lagotreco	UTP
San Tomé Plantas	SPT
Conver. Media Cardón	CMC
Distribución El Vigía	ELV

**Campo 8**

(#) : Es un número que permite distinguir una ubicación técnica y el Grupo de Clases de equipos (Tal como fue definido en el sistema de clasificación y búsqueda).

1 = Dinámico                      2 = Eléctricos                      3 = Estático  
4 = Instrumentos & Electrónicos  
5 = Refrigeración y Aire Acondicionado.  
6 = Taller y Equipos especiales  
7 = Transporte, Izamiento y Construcción  
9 = Ubicaciones técnicas.

**Campos 9 10 11 12**

(W X Y Z): Número consecutivo desde el 0001 hasta el 9999, para la asignación de Planes de Mantenimiento, por Grupo de Planificación.

**ANEXO E**  
**ÍNDICES DE MANTENIMIENTO.**

ID	Indicadores	Formula	Unidad de Medida /Frecuencia	Procedimiento carga inf. / transacción SAP	Observaciones
1	Tiempo Promedio para Fallar (TPPF)	TPPF = horas operadas / N° de fallas	Horas/ Semanal	<b>Se obtienen con: MCJC (ubi. Técnica) : MCJB - (equipos): En diseño aviso M7</b>	Se debe verificar el status de usuario de equipos: - Mantenimiento Preventivo MPRE - Equipo parado por causa externa - Equipo en Stand By STBY - ACTUALMENTE SAP NO CALCULA LAS HORAS DE OPERACIÓN RESTANDO LOS TIEMPOS POR PARADA
2	Tiempo Promedio para Reparar (TPPR)	TPPR = horas de fallas / N° de fallas	Horas/ Semanal	<b>Se obtienen con: MCJC (ubi. Técnica) : MCJB - (equipos): En diseño aviso M7</b>	Se debe verificar el status de usuario de equipos: - Mantenimiento Preventivo MPRE - Equipo parado por causa externa - Equipo en Stand By STBY - ACTUALMENTE SAP NO CALCULA LAS HORAS DE OPERACIÓN RESTANDO LOS TIEMPOS POR PARADA
3	Disponibilidad	$\%D = (TPPF / (TPPF + TPPR)) * 100$	Porcentaje/ Semanal	<b>Se obtienen con: MCJC (ubi. Técnica) : MCJB - (equipos): En diseño aviso M7</b>	Se obtiene a partir de los dos indicadores anteriores (TPPR y TPPF).

ID	Indicadores	Formula	Unidad de Medida /Frecuencia	Procedimiento carga inf. / transacción SAP	Observaciones
4	Utilización o Factor de Servicio.	$\%U = (\text{horas operadas} / \text{horas en el período}) * 100$	Porcentaje/ Semanal	<b>Se obtienen con: MCJC (ubi. Técnica) : MCJB - (equipos): En diseño aviso M7</b>	Se obtiene al igual que TPPF y los indicadores de confiabilidad.
5	Confiabilidad	$C = \exp (-t / \text{TPPFt})$	Horas/ Semanal	<b>Se Obtiene con: ZI14</b>	Se obtiene a partir del indicador TPPF
6	Recomendaciones Técnicas Pendientes.	$\% \text{ Recomend. Técnicas Pendientes} = (\text{recomend. técnicas abiertas acumuladas} / \text{recomend. técnicas emitidas}) * 100$	Porcentaje / Semanal	<b>Se Obtiene con ZI13</b>	Una Recomendación Técnica no debe tener una orden asociada. A partir de ella se crea un aviso con una orden de mantenimiento ya sea preventivo o correctivo asociada.
7	BACKLOG a Ejecutar (ODM's y/o Puestos de Trabajo)	BACKLOG = ordenes trabajo (HH) pendientes por ejecución / HH disponibles por periodo	Semanas/ Semanal	<b>Se Obtienen con: CM02</b>	Para cada puesto de trabajo se tiene información de la oferta y demanda en horas por cada semana, el backlog semanal y el del periodo completo. El reporte Backlog de indicadores de gestión definido en R/3 debe ser considerado
8	Desviación de la Planificación.	$\% \text{ Desviación planificación} = ((\text{HH planificadas} - \text{HH ejecutadas}) / \text{HH planificadas}) * 100$	Porcentaje/ Semanal	<b>BPP PMGO1001 Se obtienen con ZIR7</b>	Su frecuencia para medir la gestión es Mensual. A nivel operacional es Semanal.

ID	Indicadores	Formula	Unidad de Medida /Frecuencia	Procedimiento carga inf. / transacción SAP	Observaciones
9	Cumplimiento del Programa de Trabajo.	$\% \text{ cumplimiento del Programa de trab.} = (\text{HH ejecutadas} / \text{HH programadas}) * 100$ $\% \text{ cumplimiento del Programa de trab.} = (\text{operac. ejecutadas} / \text{operac. planificadas}) * 100$	Porcentaje/ Semanal	<b>Se Obtiene con ZIR3</b>	Se puede calcular a nivel de cantidad de operaciones y horas hombre. Se obtiene por puesto de trabajo y grupo de planificación.
30	Órdenes cerradas vs Órdenes generadas acumuladas.	total ordenes cerradas en el periodo vs total ordenes generadas acumuladas	Cantidad/ Semanal	<b>Se obtienen via tratamiento lista: IW39</b>	
31	Número de Órdenes creadas por clase de orden.	Total ODM generadas para una clase de mtto	Cantidad/ Mensual	<b>Se obtienen via tratamiento lista: IW39</b>	
32	Número de Ordenes por prioridad	Total ODM generadas para una prioridad	Cantidad/ Mensual	<b>Se obtienen via tratamiento lista: IW39 y con la transacción: ZI10</b>	Las órdenes pueden ser de rutina, urgencias, emergencias.
33	Tiempo promedio de cierre de las ODM's por Prioridad.	Sumatoria de días (Fecha fin - Fecha Inicio) ODM cerrada por prioridad/ Total de ordenes	Horas/ Diaria	<b>En proceso a través del proyecto BIW (se diseña aviso M7)</b>	
40	Distribución de los costos por clase como porcentaje del Costo Total de Mtto.	$\% \text{Costo total Mtto por costo por clase} = (\text{Costo real por clase} / \text{Costo total real Mtto}) * 100$	Porcentaje/ Semanal	<b>Se obtienen con las transacciones ZI12 y MCI3</b>	

ID	Indicadores	Formula	Unidad de Medida /Frecuencia	Procedimiento carga inf. / transacción SAP	Observaciones
46	Avisos Tratados	%Avisos Tratados = (Cantidad de avisos tratados/Cantidad de avisos generados acumulados)*100	Porcentaje/ Semanal	Se obtienen via tratamiento lista: IW29	
48	Índice de Ordenes de Mantenimiento Preventivo y Correctivo.	% ODM Preventivo = (cantidad ODM preventivo / cantidad total ODM) * 100 % ODM Correctivo = (cantidad ODM correctivo / cantidad total ODM) * 100	Porcentaje/ Semanal	Se obtienen con la transacción MCI8	
49	Cantidad y horas de fallas en un periodo t	Nº de fallas, Horas de falla	Horas/ Semanal	En proceso a través del proyecto BIW	Se obtiene a partir del indicador TPPR (2)
50	Tasa de Falla	Nº fallas /horas operadas	Horas/ Semanal	En proceso a través del proyecto BIW	Se obtiene a partir del indicador TPPF (1)
51	Cantidad de fallas repetitivas por tipo de falla y objeto técnico	Nº de fallas por categoría.	Cantidad/ Semanal	En proceso a través del proyecto BIW	Al calcular el Nº de fallas se obtiene el indicador. Se debe obtener por tipo de falla y objeto técnico.
56	Ordenes preventivo asociadas a un plan	% Ordenes preventivo asociadas plan = (Nº ODM que vienen de un plan / total ODM preventivas)*100	Porcentaje/ Mensual	Se obtienen via tratamiento lista: IW39	Las ordenes preventivas pueden estar asociadas a un aviso (M1,M3 o M4) o a un plan
57	Ordenes Canceladas	Número de ODM Canceladas	Cantidad/ Mensual	Se obtienen via tratamiento lista: IW39	

ID	Indicadores	Formula	Unidad de Medida /Frecuencia	Procedimiento carga inf. / transacción SAP	Observaciones
58	Porcentaje de ordenes por Prioridad	$\%ODM \text{ por prioridad} = \frac{N^{\circ} ODM \text{ por prioridad}}{\text{total de ODM}} * 100$	Porcentaje/ Mensual	<b>Se obtienen a través de la transacción: Z110</b>	* Se diferencia al indicador 12 (Indice de trabajo por prioridad) en que éste no utiliza el status de ejecutada * Se referencia el reporte del indicador 12 para identificar campos en R/3
59	Cumplimiento de duración programada	$(\text{fecha fin real} - \text{fecha inicio real}) / (\text{fecha fin programada} - \text{fecha inicio programada})$	Horas/ Semanal	<b>BPP PMG00405</b>	
60	Cumplimiento de ejecución en fecha programada	$\frac{\text{fecha fin real} - \text{fecha fin programada}}{\text{fecha fin real} - \text{fecha fin programada}}$	Horas/ Semanal		