

**DISEÑO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN
LA EFICIENCIA ENERGETICA DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DE
LA UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR**

**CARLOS EDUARDO CASTANG MONTIEL
ALEXANDER CASTILLA PEREZ**

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA INGENIERIA MECANICA
MINOR MANTENIMIENTO INDUSTRIAL
CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.**

2007

**DISEÑO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN
LA EFICIENCIA ENERGETICA DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DE
LA UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR**

**CARLOS EDUARDO CASTANG MONTIEL
ALEXANDER CASTILLA PEREZ**

**Trabajo presentado como requisito
final para optar al título de Ingeniero
Mecánico con énfasis en Mantenimiento
Industrial**

**Dirigida por:
JUAN GABRIEL FAJARDO CUADRO
Ing. Mecánico**

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA INGENIERIA MECANICA
MINOR MANTENIMIENTO INDUSTRIAL
CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.
2007**

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Cartagena de indias, 16 de Octubre de 2007

DEDICATORIA

*A mis padres Gerardo y
Emilia por su amor y confianza
Infinitos, gracias por el apoyo inquebrantable
Acompañado de la más sincera voz
De aliento, necesaria para no
Desfallecer ante las adversidades.*

*A mis hermanos Gera y Adri que me
Demuestran cada día que el amor va
Más allá de las fronteras de nuestros
Corazones y de la distancia que nos separa.*

*Y...para Betico que nos enseña a todos
A querer sin reproches entregándonos
El amor más limpio y diáfano de su pequeño ser.*

CARLOS EDUARDO

DEDICATORIA

***A DIOS por darme unos
Excelentes padres, que con todo
Su amor, cariño y humildad
Me dieron cuanto tuvieron,
Brindándome la oportunidad
Y todo el apoyo para
Lograr este título.***

***A mis hermanos, mis amigos y otros
seres queridos Que siempre me
apoyaron en todo, Y a todas
aquellas personas Que de
uno u otro modo aportaron
De forma incondicional.***

ALEXANDER

AGRADECIMIENTOS

Todos nuestros agradecimientos a:

Bienvenido Sarria, Director del proyecto URE en la Universidad Tecnológica de Bolívar, por su total colaboración y apoyo en la realización de este proyecto.

El equipo de Mantenimiento general de la Universidad Tecnológica de Bolívar, por su confianza al permitirnos ingresar a las instalaciones para la realización de esta investigación.

A los profesores del Minor de Mantenimiento, Alfonso Núñez, Juan Fajardo, Julio Burbano cuyas ganas de enseñar, fueron el mayor estímulo para hacer de este Minor una gran experiencia de vida.

Así mismo a todas aquellas personas que directa o indirectamente colaboraron para que este trabajo investigativo llegara a feliz término.

Cartagena de indias, 16 de Octubre de 2007

Señores:

COMITÉ DE EVALUACION

Programa de Ingeniería Mecánica

Universidad Tecnológica de Bolívar

Ciudad.

Estimados señores:

De la manera más cordial, nos permitimos presentar a ustedes para su estudio, consideración y aprobación el trabajo de grado titulado "DISEÑO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN LA EFICIENCIA ENERGETICA DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DE LA UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR", trabajo de grado para optar al titulo de Ingeniero Mecánico.

Cordialmente,

Carlos Eduardo Castang Montiel
98.666.551 de Envigado (Ant)

Alexander Castilla Pérez
7.919.384 de Cartagena (Bol)

Cartagena de indias, 16 de Octubre de 2007

Señores:

COMITÉ DE EVALUACION

Programa de Ingeniería Mecánica

Universidad Tecnológica de Bolívar

Ciudad.

Estimados señores:

De la manera mas cordial, me permito presentar a ustedes para su estudio, consideración y aprobación el trabajo de grado titulado "DISEÑO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN LA EFICIENCIA ENERGETICA DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DE LA UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR", realizado por los estudiantes Carlos Castang Montiel y Alexander Castilla Pérez, como requisito para optar al titulo de Ingeniero Mecánico.

Agradeciendo la atención prestada,

JUAN GABRIEL FAJARDO CUADRO

AUTORIZACION

Nosotros; Carlos Eduardo Castang Montiel, identificado con cedula de ciudadanía N° 98666551 de Envigado (Antioquia) y Alexander Castilla Pérez, identificado con cedula de ciudadanía N° 7919384 de Cartagena (Bolívar), autorizamos a la Universidad Tecnológica de Bolívar para hacer uso de nuestro trabajo de grado y publicarlo en el catalogo On-line de la biblioteca.

Carlos Eduardo Castang Montiel
98.666.551 de Envigado (Ant)

Alexander Castilla Pérez
7.919.384 de Cartagena (Bol)

RESUMEN

El mantenimiento es una combinación de acciones técnicas destinadas a retener o restaurar un activo en un estado en el que pueda desempeñar su función dentro de unos parámetros permitidos de eficiencia, costo y seguridad.

Si establecemos una relación entre el mantenimiento y la eficiencia energética podemos concluir que un programa deficiente traerá implicaciones en los costos de operación.

Analizaremos entonces las “deficiencias” que inciden sobre dichos costos. Es muy importante observar que cambios pequeños en algunos parámetros operacionales pueden llegar a tener un impacto muy significativo, “por ejemplo: un incremento de 1°C en la temperatura de condensación aumenta los costos en 2 a 4%, una reducción de 1°C en la temperatura de evaporación produce incrementos del 2 al 4%, el desvío de gas en las válvulas de expansión puede ampliar los costos en más de un 20%, un control inadecuado de compresores puede extender los costos en un 20% o más ¹”, todas estas actividades se planificaran dentro del marco de la prevención en el área de Mantenimiento.

Este Mantenimiento Preventivo también es denominado mantenimiento planificado o periódico por cuanto sus actividades están controladas por el tiempo.

La característica principal de este tipo de mantenimiento es la de inspeccionar los equipos y detectar las fallas en su fase inicial y corregirlas en el momento oportuno.

¹ HANDBOOK OF ENERGY AUDITS, Chapter 12

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	
INTRODUCCIÓN	
1. PROBLEMA Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION	2
1.1 IDENTIFICACION Y DESCRIPCION DEL PROBLEMA	2
1.2 JUSTIFICACION	3
1.3 FORMULACION DEL PROBLEMA	4
1.4 METODOLOGIA	4
1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION	5
1.5.1 OBJETIVO GENERAL	5
1.5.2 OBJETIVO ESPECIFICO	5
2. RELACION MANTENIMIENTO EFICIENCIA ENERGETICA	6
2.1 CAPACIDAD INSTALADA DE EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO EN LA UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR SEDE TERNERA	13
2.1.1 Aumento del consumo por incremento de la capacidad instalada – mes de agosto	18
2.2 EFECTOS DEL MANTENIMIENTO SOBRE LA EFICIENCIA ENERGETICA	21
2.3 AHORROS POR MANTENIMIENTO Y REEMPLAZO DE TERMOSTATOS	23
2.3.1 Inspección de termostatos de la unidades instaladas en ternera	27
2.3.2 evaluación de ahorros obtenidos por ajuste y reemplazo de termostatos dañados	29
2.4 EFECTOS DE UN MANTENIMIENTO DEFICIENTE SOBRE LA EFICIENCIA DE UN COMPRESOR DE 5 TONELADAS DE CAPACIDAD	31
2.5 ANALISIS EN UN SECTOR CRÍTICO DEL SISTEMA DE AA DE	35

LA UNIVERSIDAD TECNOLOGICA SEDE TERNERA: SERVIDOR
DE BIBLIOTECA

2.5.1	Cuadro comparativo del consumo de energía actual y con actividades de mantenimiento	36
3.	DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO	38
3.1	METODOLOGIA DE LA CODIFICACION DE EQUIPOS Y ELEMENTOS	40
3.2	INVENTARIO DE LOS EQUIPOS	45
3.3	IDENTIFICACION DE LOS EQUIPOS CRITICOS DE CADA SISTEMA	48
3.3.1	EQUIPOS CRITICOS	48
3.3.1.1	unidad condensadora	48
3.3.1.2	unidad manejadora	48
3.3.1.3	aire ventana	48
3.3.1.4	fancoil	49
3.3.1.5	chiller	49
3.3.1.6	split	49
3.4	MATRIZ DE ANALISIS DE RIESGO (RAM)	49
3.4.1	DEFINICION DE GRAVEDAD EN CONSECUENCIA	52
3.5	MODOS DE FALLA FRECUENTES EN EQUIPOS	55
3.5.1	OTRAS FALLAS FRECUENTES EN EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO	60
3.5.1.1	compresores	60
3.5.1.2	válvulas de expansión	61
3.5.1.3	unidades manejadoras de aire	61
3.5.1.4	motores eléctricos	62
3.6	PROGRAMA DE FICHA TECNICA Y HOJA DE VIDA DE LOS EQUIPOS	64
3.7	FORMATO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DE	66

	EQUIPOS	
3.8	ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO EN LA UNIVERSIDAD TECNOLOGICA	69
3.8.1	FAN COIL	69
3.8.2	AIRE VENTANA	71
3.8.3	SISTEMA CHILLER	73
3.8.3.1	manejadoras de aire	73
3.8.3.2	unidad enfriadora de líquido	75
3.8.4	EQUIPOS DE EXPANSION DIRECTA	77
3.8.4.1	split	77
3.8.4.2	mini split	80
3.9	FRECUENCIAS DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO	83
4.	RECOMENDACIONES DE AHORRO ENERGETICO	87
	CONCLUSIONES	
	BIBLIOGRAFIA	
	ANEXOS	

LISTA DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1: Parámetros ciclo PDCA	9
TABLA 2: Índices para evaluación y control de mantenimiento	11
TABLA 3: Capacidad instalada y consumo promedio por edificio	13
TABLA 4: Capacidad instalada y consumo promedio por tipo de local	16
TABLA 5: Aumento del consumo por incremento de la capacidad instalada – mes de agosto	19
TABLA 6: Altos consumos durante los días de la semanas	20
TABLA 7: Ahorros obtenidos por ajuste del termostato Caso 1	25
TABLA 8: Ahorros obtenidos por ajuste del termostato Caso 2	26
TABLA 9: Datos de placas de equipos	32
TABLA 10: Mediciones realizadas a compresor	34
TABLA 11: Consumo de energía actual y con actividades de mantenimiento	36
TABLA 12: Cálculos de los ahorros obtenibles con actividades de mantenimiento	37
TABLA 13: Inventario de los Equipos	45
TABLA 14: Definición de gravedad en consecuencias	52
TABLA 15: Interpretación de riesgos (prioridad de trabajos)	53
TABLA 16: Clasificación de riesgos y priorización de trabajos en equipos de aire acondicionado de la UTB sede Ternera	54
TABLA 17: Frecuencias de Mantenimiento de Unidades de Aire Acondicionado	83
TABLA 18: Frecuencias de Mantenimiento para equipos Aire Ventana	85

LISTA DE GRAFICAS

		Pág.
GRAFICA 1	Gráfica comparativa entre la capacidad instalada para producción de frío y para el suministro del mismo	14
GRAFICA 2	Consumo promedio por equipos de aire acondicionado por edificios	15
GRAFICA 3	Consumo promedio debido al aire acondicionado por edificios	16
GRAFICA 4	Capacidad instalada según tipo de espacio	17
GRAFICA 5	Capacidad instalada según tipo de espacio	17
GRAFICA 6	Efecto de mantenimiento deficiente de compresores	31

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
FIGURA 1	Toma de datos de compresor	33
FIGURA 2	Nomenclatura para codificación de equipos de los sistemas de aire acondicionado	41
FIGURA 3	Matriz de riesgo (RAM)	51
FIGURA 4	Ficha técnica de los equipos	65
FIGURA 5	Actividades de mantenimiento	68
FIGURA 6	Fan Coil expansión Directa (DX)	69
FIGURA 7	Aire Ventana (DX)	71
FIGURA 8	Fan Coil de agua fría (WC)	73
FIGURA 9	Unidades Condensadora (WC)	75
FIGURA 10	Fan Coil piso techo (DX)	77
FIGURA 11	Unidad Condensadora (DX)	77
FIGURA 12	Unidad Terminal minisplit (DX)	80
FIGURA 13	Unidad condensadora (DX)	80

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1: Fotos de equipos	92

INTRODUCCIÓN

Esta investigación se organizó con el fin de diseñar un plan de mantenimiento programado basado en la eficiencia energética, es decir, utilizando los efectos producidos sobre el consumo energético debido a la utilización errónea de los activos, para el sistema de aire acondicionado en la UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR, este contiene información necesaria para entender y evaluar el proceso en la Universidad.

En el Diseño del Plan de Mantenimiento basado en la eficiencia energética en la UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR, se desarrollaron pasos fundamentales como codificación de los equipos, toma de las estadísticas de fallas más frecuentes y recomendación de técnicas de mantenimiento.

Se podrá demostrar que el mantenimiento es vital en el desarrollo de cualquier empresa independiente del trabajo que esta realiza, resaltando la importancia de la manutención de los activos debido a que un uso incorrecto y actividades no programadas, generarán pérdidas económicas e inconvenientes en cuanto a disponibilidad.

1. PROBLEMA Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

1.1 IDENTIFICACION Y DESCRIPCION DEL PROBLEMA

La Universidad Tecnológica de Bolívar cuenta con un sistema de aire acondicionado, en donde algunos equipos no tienen registro que represente de manera detallada las actividades de mantenimiento realizadas desde la instalación de los mismos, lo cual trae como consecuencia deterioro e incremento en el consumo energético. Con esta investigación se pretende establecer un medio en el cual se provee de información referente a los equipos, su funcionamiento y las acciones preventivas o correctivas desarrolladas sobre este, además de establecer un plan de mantenimiento preventivo para todos los sistemas de aire acondicionado.

En la implementación del plan de mantenimiento preventivo basado en la eficiencia energética para el sistema de aire acondicionado de la UTB sede Ternera, se van a llevar a cabo una serie de actividades que serán fundamentales para el desarrollo de acciones tendientes a conservar los equipos dentro de los parámetros de eficiencia, como las estadísticas de fallas más frecuentes y codificación de los equipos.

Con esta investigación se optimizará el trabajo en las acciones cotidianas para el equipo de mantenimiento, y se podrán planificar las tareas de manera tal que no se vea afectado el normal desarrollo de las actividades académicas.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Para poder cumplir los objetivos trazados, diseñaremos un programa de mantenimiento preventivo basado en la eficiencia energética para la Universidad Tecnológica de Bolívar (UTB) con el fin de establecer de qué forma incide la utilización errónea de los activos en los costos producidos por un mantenimiento no programado y además su incidencia en el consumo energético. En la actualidad la Universidad no cuenta con un plan de actividades de mantenimiento para el sistema de aire acondicionado, adicional a esto no se ha realizado el estudio de consumo de cada equipo y de que manera a través de actividades programadas de mantenimiento creadas para reducir los niveles de contaminación de los equipos se pueden obtener resultados inmediatos en cuanto al consumo energético.

Por lo tanto, y a lo largo de tantos años de uso de los equipos, no disponemos de una base de datos que nos permita llevar seguimientos controlados de las acciones de mantenimiento realizados sobre los equipos. El objetivo principal de nuestra investigación radica en la importancia de cada componente, mejorando a través de actividades su funcionamiento e incrementado la confiabilidad, generando directamente reducción de los costos ocasionados por un mantenimiento no programado.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es la mejor alternativa que se le puede brindar a la Universidad Tecnológica de Bolívar (UTB) sede Ternera para que los equipos del sistema de aire acondicionado no fallen, y así no se vea afectado el presupuesto y la calidad de los servicios, brindando una excelente confiabilidad y ahorro del capital en el área de mantenimiento?

1.4 METODOLOGÍA

El propósito principal de nuestra propuesta es establecer una metodología esquematizada y práctica, que permita corregir fallas en los sistemas de aire acondicionado de la UTB mediante técnicas que nos proporcionen el restablecimiento de sus funciones normales. Además ejecutar en los sistemas de aire acondicionado acciones fundamentales preventivas en intervalos predeterminados de operación.

Con este método pretendemos encontrar la causa o el origen de los desperfectos e inconvenientes que puedan sufrir algunos equipos en su periodo de vida útil, con llevando a obtener de este el 98% de la vida funcional y además, regular los costos que implican la adquisición continua de un repuesto.

1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

1.5.1 OBJETIVO GENERAL:

- ◆ Diseño de plan de mantenimiento para el sistema de aire acondicionado de la UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR basado en la eficiencia energética.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- ◆ Conocer Cuales son los modos de fallas predominantes que afectan los equipos.
- ◆ Crear un listado de equipos con su respectiva codificación.
- ◆ Identificar las partes críticas de cada equipo.
- ◆ Elaborar la ficha técnica y hoja de vida de equipos, crear una base de datos con actividades de mantenimiento.
- ◆ Establecer relación entre mantenimiento y eficiencia energética

2. RELACION MANTENIMIENTO EFICIENCIA ENERGETICA

“La eficiencia energética es una herramienta para mejorar la productividad y la competitividad de las empresas ².”

El mantenimiento es una disciplina integradora que garantiza la disponibilidad, funcionalidad y conservación del equipamiento, siempre que se aplique correctamente. Esto significa un incremento importante de la vida útil de los equipos y sus prestaciones, adicional a esto y ligado estrictamente con el cumplimiento cabal de las actividades de mantenimiento planificadas con antelación se producirán ahorros sustanciales en consumo de servicios y adquisición innecesaria de repuestos que pueden llegar a ser en un caso determinado obsoletos.

Las necesidades de confort térmico y calidad del aire interno son exigencias en los sistemas de aire acondicionado. Para lograr dichos propósitos es necesario confirmar la ausencia de acumulaciones de agua en los serpentines, condensaciones, filtraciones de humedad, correcta operación de filtro de aire, inexistencia de contaminantes y microorganismos, correcto mantenimiento de los elementos del sistema. Como complemento se debe operar el sistema con el nivel de ruido apropiado, 50 dB o menos para todas las aplicaciones en sistemas de aire acondicionado. Todo lo anterior debe ser manejado dentro del concepto del Uso Racional de la Energía

Un uso eficiente en los sistemas de aire acondicionado se obtiene:

- Seleccionando o diseñando la unidad apropiada (cálculo adecuado de cargas térmicas)
- Minimizando las infiltraciones de aire externo
- Mejorando la eficiencia de la iluminación.
- Alta eficiencia de ventiladores, compresores y motores eléctricos.

- Optimización del diseño de ductos y distribución del aire.
- Aplicar un programa de mantenimiento apropiado (preventivo y predictivo)

Si partimos de la premisa de mejorar el mantenimiento o establecer actividades tendientes a optimizar las condiciones actuales de funcionamiento de los equipos, y siendo coherentes con la línea de investigación relacionada con el uso eficiente de la energía en el sistema de aire acondicionado de la Universidad Tecnológica de Bolívar, debemos establecer claramente que *“los equipos sin mantenimiento adecuado consumen más energía”* y nuestra función es establecer indicadores de que nos permitan realizar un seguimiento controlado de la gestión de mantenimiento .

¿Por qué controlar y evaluar la gestión de mantenimiento? Sencillamente porque necesitamos saber cuan eficiente es la aplicación de la política de mantenimiento que planificamos para nuestro entorno.

Esta información nos permite actuar de forma rápida y precisa sobre los factores débiles en nuestro mantenimiento.

Este proceso de revisión de la gestión se llevara a cabo a través de parámetros que faciliten la información sobre un factor crítico identificado en el proceso respecto a las expectativas en cuanto a costo, calidad y plazos, guiando las acciones de un colectivo para que sus resultados coincidan o superen los objetivos establecidos por medio de acciones que permitan comprobar la eficacia y resultados del control.

² HVAC, CONTROL OPERATION AND MANTENANCE, Sixth Edition.

Una buena política para controlar y evaluar la gestión de mantenimiento en el sistema de aire acondicionado en la Universidad Tecnológica de Bolívar resulta del análisis de un paquete de indicadores. Estos deben ser:

- Pocos.
- Claros de entender
- Útiles para conocer rápidamente cómo van las cosas y porqué.

Deben:

- Identificar los factores claves que inciden sobre los equipos
- Permitir tomar las oportunas acciones y decisiones ante las desviaciones que se detecten.

Objetivos fundamentales:

1. Seguir a través de indicadores los disfuncionamientos que existan, interpretando los problemas para identificar las causas.
2. Preparar la motivación de todos los implicados en los procesos para mejorar la organización, relaciones cotidianas y la retroalimentación en todos los niveles de la estructura.
3. Apoyarse en las herramientas de la calidad (ciclo PDCA) para la solución de los problemas.

- **QUE ES EL CICLO PDCA ³?**

El ciclo PDCA, de las siglas en ingles: Planificar (Plan), Hacer (Do), Controlar o verificar (Check), Actuar (Action) es una estrategia básica en los procesos de mejora continua.

Tabla 1. Parámetros del ciclo PDCA

Parámetros del ciclo PDCA	
Planificar	Establecer tareas. Planificar actividades según prioridad.
Hacer	Métodos de ejecución
Chequeo (verificar, controlar)	Revisión del plan rutinas diarias Análisis de inspección
Acción	Tomar las decisiones adecuadas.

Cuando un empleado encuentra un problema en su tarea, este analiza e identifica las posibles causas para proponer las soluciones.

Por tanto un ciclo PDCA se utiliza para analizar problemas y planificar acciones arrancando por la fase de control diario (C) verificación.

Es así como a través de acciones planificadas y contando con un plan estructurado estratégicamente logramos

³ MEMORIAS MINOR MANTENIMIENTO INDUSTRIAL 2006, Núñez Alfonso

relacionar las actividades de mantenimiento con el ahorro energético, a través del desarrollo de indicadores que nos permiten además incrementar la confiabilidad y disponibilidad de nuestros equipos.

De igual forma para la función de mantenimiento, esto significa una constante búsqueda de nuevas y novedosas formas de incrementar la vida útil de equipos, siempre a través de un control efectivo.

El hecho de planificar y programar los trabajos de Mantenimiento a grandes volúmenes de equipos e instalaciones ha visto en la planificación una oportunidad de constantes mejoras, y la posibilidad de plasmar procedimientos dirigidos al bienestar de los activos.

El modelo de mantenimiento, a través de indicadores ligados al ahorro permite la clasificación y caracterización de la información, para que ésta sea agrupada y consultada de acuerdo a los requerimientos específicos, lo cual facilita los procesos de análisis y toma de decisiones, tan importantes en las áreas de costos y confiabilidad.

Los Indicadores de mantenimiento y los sistemas de planificación asociados al área de confiabilidad permiten evaluar el comportamiento operacional de las instalaciones, equipos y componentes, de esta manera será posible diseñar un plan orientado a perfeccionar la labor de mantenimiento y establecer una relación directa con la eficiencia energética.

Después de realizar un estudio sobre los datos estrechamente ligados a la eficiencia energética se proponen los siguientes indicadores para la evaluación y control del mantenimiento:

Tabla 2. Índices para la evaluación y control del mantenimiento de equipos.

ID	Denominación del Indicador	UM
1	Horas averías	Horas
2	Horas averías	\$
3	Costo total del Mtto por averías	\$
4	Horas preventivo	Horas
5	Horas preventivo	\$
6	Material empleado preventivo	\$
7	Costo total de Mtto preventivo	\$
8	Total mano de obra	\$
9	Total materiales	\$
10	N° de horas realmente trabajadas en Mtto	Horas
11	Horas de parada de equipo	Horas
12	N° de horas de funcionamiento de equipo	Horas
13	Personal efectivo existente en Mtto	Horas
14	Índice de la reducción de costos de Mtto (general y preventivo)	%

Otro indicador importante que relaciona el mantenimiento con el ahorro energético y permite la planificación es:

- Tiempo Medio entre fallas (MTBF) - Mean Time Between Fail (MTBF): Este indicador mide el tiempo medio que es capaz de operar el equipo a capacidad sin interrupciones hasta que pueda ocurrir un nuevo incidente, este constituye un indicador directo de la confiabilidad del equipo o sistema.

$$MTBF = (\text{Tiempo calendario}) / (\text{Numero de fallas})$$

COMPRESORES sin Mantenimiento preventivo

- Fallas por lubricación 0.5 a 4 años
- Falla del sistema de lubricación 5 a 10 años
- Fallas por rodamientos 4 a 8 años

BLOWERS sin Mantenimiento preventivo

- Daños en el rotor 5 a 10 años
- Falla en rodamientos 1 a 5 años
- Fallas en los acoples 2 a 4 años
- Fallas en correas 1 a 5 años
- Daños en la hélice 4 a 8 años

MOTORES ELECTRICOS sin Mantenimiento preventivo

- Fluctuaciones de voltaje hasta 5 años
- Falla por rodamientos 1 a 5 años
- Falla en rotor 0.5 a 4 años

INTERCAMBIADORES sin Mantenimiento preventivo

- Fugas a partir 10 años
- Fallas en el haz de tubos a partir de 10 años
- Fallas por suciedad en los tubos 1 a 4 años

BOMBAS sin Mantenimiento preventivo

- Fallas por rodamientos 0.5 a 2 años
- Fallas por sellos mecánicos 0.5 a 3 años
- Fallas en los acoples 2 a 8 años
- Fallas en el impulsor 3 a 10 años
- Fallas en el sistema de lubricación 0.5 a 6 años

2.1 CAPACIDAD INSTALADA DE EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO EN LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR SEDE TERNERA⁴

Tabla 3. Capacidad instalada y consumo promedio por edificio

CAPACIDAD INSTALADA Y CONSUMO POR EDIFICIOS – HASTA AGOSTO 2007			
Edificio	Capacidad de Producción de frío (TR)	Capacidad de Suministro de Frío (TR)	Consumo (KWh)
A2	188	168	129,21
A1	73	73	83,97
BT	50	50	61,37
AD	35,08	36,33	43,74
MK	32	26	46,149
RT	22,5	22,5	26,8
AL	9,25	9,75	11,52
BU	31,15	32,15	40,708
TOTALES	440,98	417,73	443,46

A2 = Edificio de Aulas 2

A1 = Edificio de Aulas 1

BT = Biblioteca

AD = Edificio Administración

MK = Edificio Maloka (Incluye la zona de Maloka, Sirius y Papiros)

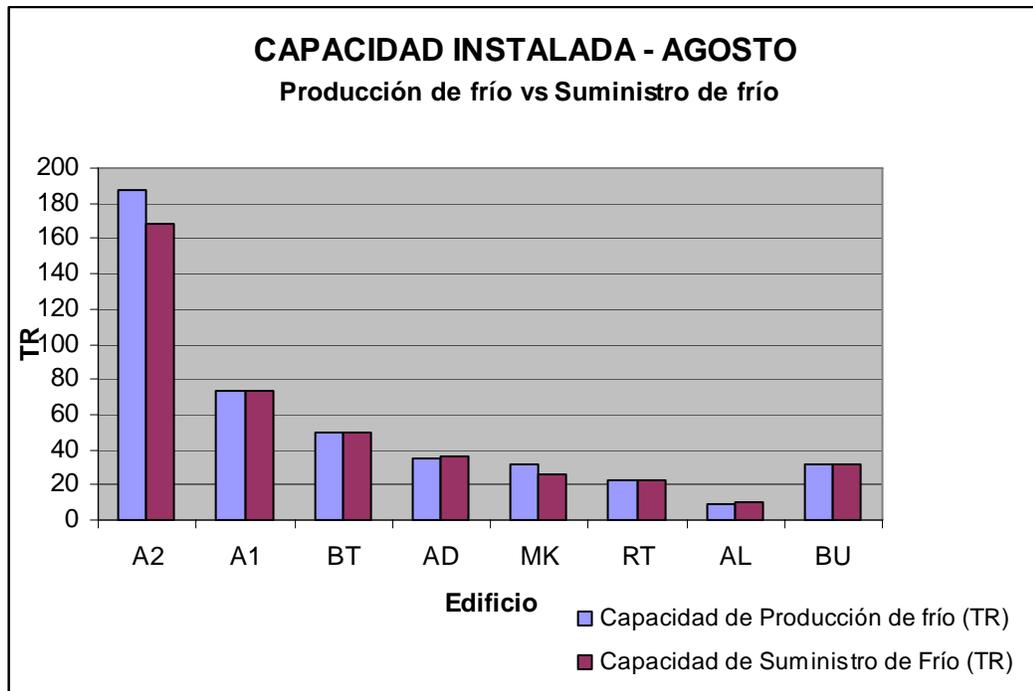
RT = Rectoría

AL = Edificio Alcatraz

BU = Bienestar Universitario

Se especifica entre la capacidad instalada para la producción de frío (corresponde a las unidades exteriores tales como condensadoras y los chiller) y las unidades de suministro de frío (corresponde a las unidades interiores tales como manejadoras, fan coil y minisplit)

⁴ Informe general proyecto URE Universidad Tecnológica de Bolívar 2007



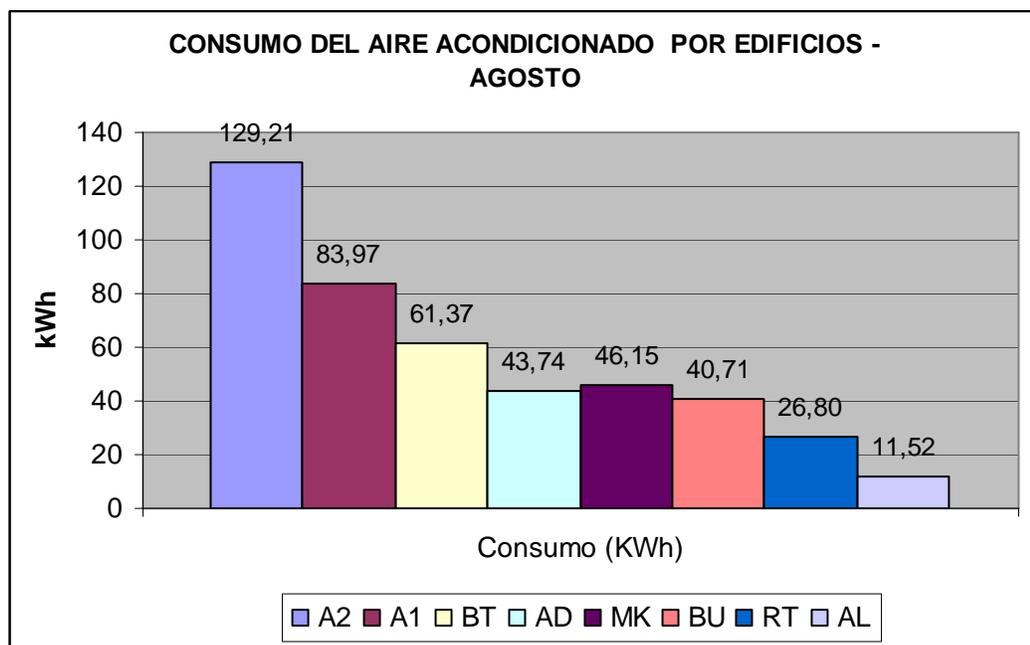
Grafica 1. Comparativa entre la capacidad instalada para producción de frío y para el suministro del mismo⁶

En el edificio de aulas 2 se observa que la capacidad instalada para la producción de frío es mayor a la capacidad de suministro del mismo; esto se debe a que el chiller de absorción es de 100 TR mientras las aulas que este acondiciona tienen una capacidad instalada de 77 TR.

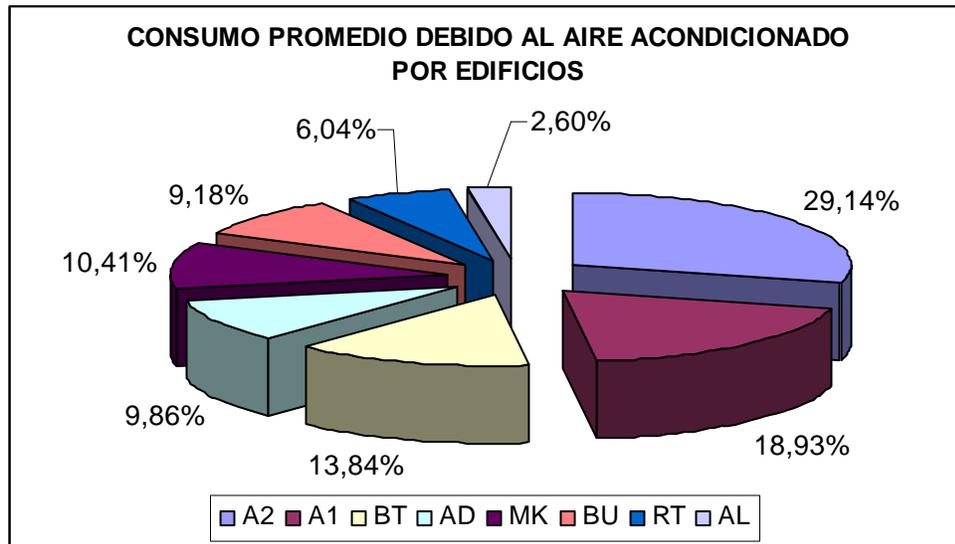
Esta misma situación se presenta en el edificio Maloka debido a que existe un chiller eléctrico de 10 TR de las cuales solo se utilizan 4 TR para acondicionar maloka; esto debido a que se ha venido independizando cada uno de los espacios que hacen parte de este sector. Esto implica que se están desperdiciando 6TR que equivale a un 60% de la capacidad del equipo.

⁵Informe general proyecto URE Universidad Tecnológica de Bolívar 2007

En el edificio de Administración y Alcatraz (que incluye la oficina de adquisiciones, computadores para educar y el comedor de profesores más el almacén y la oficina de servicios generales) se observa que la capacidad instalada para producir frío es menor a la capacidad de suministro; aquí es necesario aclarar que en la práctica es posible que para sistemas de acondicionamiento que trabajan con agua fría la capacidad instalada para suministrar el aire acondicionado puede ser mayor a la unidad de producción pues los chiller pueden trabajar más del 100% de su capacidad.



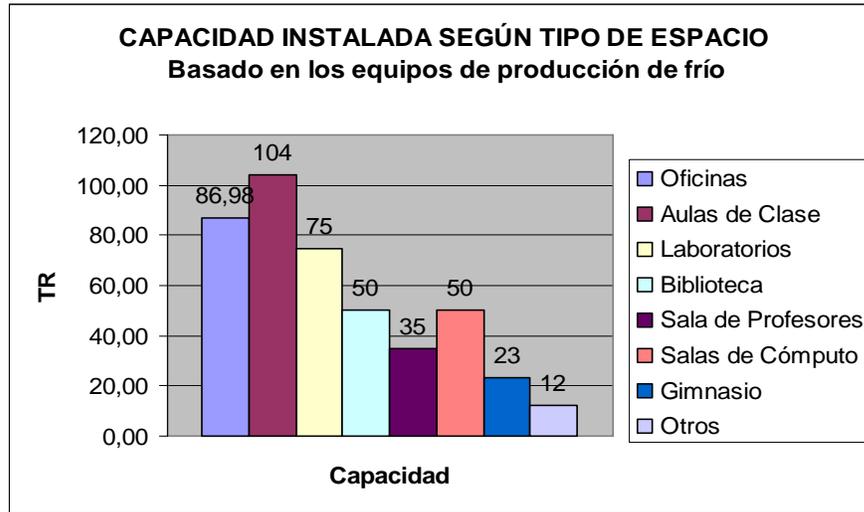
Grafica 2. Consumo promedio por equipos de aire acondicionado por edificios



Grafica 3. Consumo promedio debido al aire acondicionado por edificios

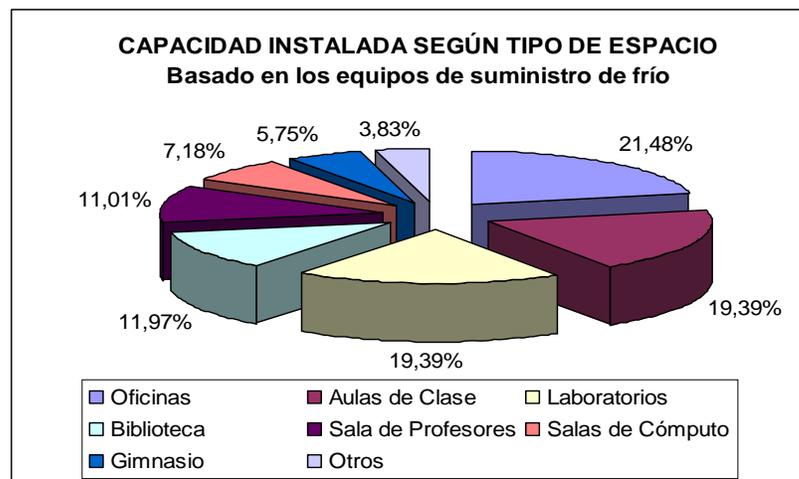
Tabla 4. Capacidad instalada y consumo promedio por tipo de local⁶

CAPACIDAD INSTALADA SEGÚN TIPO DE ESPACIO				
Tipo de Espacio según actividad	Por Producción de Frío	Por Suministro de frío	Capacidad (%)	Consumo (kWh)
Oficinas	86,98	89,73	21,5%	118,21
Aulas de Clase	104	81	19,4%	23,29
Laboratorios	75	81	19,4%	89,23
Biblioteca	50	50	12,0%	61,37
Sala de Profesores	35	46	11,0%	43,26
Salas de Cómputo	50	30	7,2%	57,461
Gimnasio	23	24	5,7%	30,998
Otros	12	16	3,8%	19,655
TOTAL	435,98	417,73	100,0%	443,46



Grafica 4. Capacidad instalada según tipo de espacio

El tipo de espacio denominado oficina en la gráfica hace referencia a las oficinas del edificio administrativo, las oficinas del edificio de Rectoría y oficinas dispersas tales como audiovisuales, Desarrollo Docente, Sirius, Adquisiciones entre otros.



Grafica 5. Capacidad instalada según tipo de espacio

⁶ Informe general proyecto URE Universidad Tecnológica de Bolívar 2007

Los locales dedicados a docencia directa representan el 48,98% de la capacidad instalada y el 40,32% del consumo promedio de energía por concepto de aires acondicionados

El potencial de ahorro se encuentra en los locales que no son dedicados a la docencia directa. Tales espacios son:

- Oficinas
- Biblioteca
- Sala de profesores
- Gimnasio
- Otros locales (Papiros, Comedor de profesores, Compucolor)

2.1.1 AUMENTO DEL CONSUMO POR INCREMENTO DE LA CAPACIDAD INSTALADA – MES DE AGOSTO

Consumo Promedio

- Por concepto del Gimnasio

Potencia Consumida	30,998 kW
Horas de Operación mensual	282 horas

Consideraciones:

El horario de uso del gimnasio es el siguiente:

Lunes a Viernes: 7:00 a.m. a 6:00 p.m. = 11 horas

Sábados: 8:00 a.m. 2:00 p.m. = 6 horas

Domingos: 10:00 a.m. a 2:00 p.m. = 4 horas

Tabla 5. Aumento del consumo por incremento de la capacidad instalada – mes de agosto⁷

Dias	Horas de uso diario	Dias /mes	Horas de uso mensual	Potencia Consumida kW	Energía consumida a Kwh/mes
Lunes a Viernes	11	22	242	30.998	7501.52
Sábados	6	4	24		743.95
Domingos	4	4	16		495.97
TOTALES	21	30	282		8741.44

- Por concepto de Oficinas

El aumento de Capacidad Instalada en oficinas se debe a la instalación de nuevos equipos en las oficinas de SAVIO, y algunas oficinas del edificio de Administración

Potencia Consumida 13,12 kW

Horas de Operación mensual 198 horas

Consideraciones

El horario de operación de equipos de oficina:

Lunes a Viernes: 7:00 a.m. a 5:00 p.m. = 9 horas*

- Se excluye la hora del almuerzo

Dias	Horas de uso diario	Dias /mes	Horas de uso mensual	Potencia Consumida kW	Energía consumida a Kwh/mes
Lunes a Viernes	9	22	198	13,1202	2597,80
TOTALES	9	22	198		2597,80

Incremento consumo de energía mes de agosto 2007 = 11339.23 kwh.

Se puede establecer adicionalmente que los martes, los lunes y los viernes en términos generales son los días en que se presentan los mayores consumos, más sin embargo son los martes los días en que los valores de consumo toman su mayor incremento, además que entre las horas de la mañana son las 10 A.M. cuando comúnmente se presenta el pico de mayor consumo y durante la tarde ocurre a las 2 p.m.

Tabla 6. Altos consumos durante los días de la semana

ALTOS CONSUMOS DURANTE SEMANAS		
Día	Consumos Repetidos	%
Lunes	7	21,875
Martes	8	25
Miercoles	6	18,75
Jueves	4	12,5
Viernes	7	21,875
Total	32	100

Estos parámetros nos permitirán planificar las actividades de mantenimiento de nuestros equipos debido al nivel de ocupación de los mismos en la semana académica, además nos facilita la intervención oportuna en caso de una emergencia, podremos acordar las actividades urgentes para los días de menor carga y así no interferir con las labores, ni afectar el confort de la comunidad estudiantil.

⁷Informe general proyecto URE Universidad Tecnológica de Bolívar 2007

2.2 EFECTOS DEL MANTENIMIENTO SOBRE LA EFICIENCIA ENERGETICA.

“Una buena operación y un mantenimiento adecuado constituyen aspectos claves para que el sistema opere con los menores costos de energía. Es muy común observar sistemas que consumen hasta 20% más de lo que deberían. La mayor parte de las fallas pueden corregirse sin mucha dificultad y con escasa y hasta a veces ninguna inversión de capital ⁸”. Los aspectos operacionales y de mantenimiento deben ser seguidos de cerca constantemente. Se debe implementar un programa de evaluaciones periódicas que permita detectar las fallas con prontitud.

El principal obstáculo para mantener una buena eficiencia, lo constituye la misma complejidad de los sistemas de Aire Acondicionado.

Muchos de los sistemas de Aire Acondicionado presentes en la UTB suelen estar sobredimensionados. En consecuencia, un bajo nivel de rendimiento de las mismas puede pasar desapercibido por largos períodos de tiempo, incrementando los costos de operación. Un enfoque riguroso, sistemático y más importante aun, periódico en la forma de evaluar es primordial. El análisis de fallas puede tomar una cantidad de tiempo considerable si no es llevado a cabo correctamente.

⁸ HANDBOOK ENERGY AUDITS, Chapter 13

Analizaremos entonces las “deficiencias” que inciden sobre los costos de operación (energía). Dichas fallas se clasifican según el componente del sistema que las presenta:

- Condensadores
- Evaporadores
- Válvulas de expansión
- Compresores
- Equipos auxiliares

Por lo general existen buenas oportunidades para mejorar la operación y el mantenimiento. Es muy importante observar que cambios pequeños en algunos parámetros operacionales pueden llegar a tener un impacto muy significativo en los costos de operación. Las siguientes reglas pueden ser de gran ayuda:

- Un incremento de 1°C en la temperatura de condensación incrementa los costos de operación en 2 a 4%
- Una reducción de 1°C en la temperatura de evaporación incrementa los costos de operación en 2 al 4%
- El desvío de gas en las válvulas de expansión puede incrementar los costos en más de un 20%
- Un control inadecuado de compresores puede incrementar los costos de operación en un 20% o más
- El control deficiente de la operación de los equipos auxiliares puede incrementar los costos en un 20% o más.
- Una vez más, es fundamental que se conozcan los costos de operación para que se asignen las prioridades y los recursos necesarios para su mantenimiento y operación

2.3 AHORROS POR MANTENIMIENTO Y REEMPLAZO DE TERMOSTATOS⁹

Los sistemas de acondicionamiento de aire vienen provistos con sistemas de control que permiten el adecuado funcionamiento de los equipos.

Uno de los controles que poseen estos sistemas son los termostatos mediante los cuales se controla que dentro del espacio acondicionado se mantengan la temperatura de confort ajustada por el usuario. Uno de los principales propósitos del uso adecuado de los termostatos es ahorrar energía pues mediante el ajuste en la temperatura requerida se obtienen tiempos de parada del equipo siempre y cuando este tenga la capacidad suficiente para suplir la carga que le exige el espacio.

Basados en lo anterior se procedió a verificar los posibles ahorros obtenidos por la correcta regulación de los termostatos. En primera instancia se analizan los resultados obtenidos al evaluar el caso particular del Laboratorio de Fluidos en el cual se verificó durante dos días el apagado y encendido del equipo por temperatura al ajustar adecuadamente el termostato.

CASO 1

CONDICIONES EXTERIORES			
Text °C	27,1	HR	89%
Hora de la medición		11:15 A.M	
Día Lluvioso / Nublado			

En este caso particular las condiciones exteriores son para un día lluvioso, lo que produce mayores ahorros debido a que el equipo estará más tiempo apagado.

Tiempo	Hora de Encendido	Temp. de Encendido °C	Hora de Apagado	Temp. de Apagado °C	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado
1	8:00 am	28	9:18 am	24,9	-	0:26
2	9:44 am	26,2	9:55 am	25,0	0:11	0:31
3	10:26 am	26,1	10:36 am	24,9	0:10	0:29
4	11:05 am	26,11	11:14 am	25,2	0:09	0:22
5	11:36 am	26,2	11:48 am	25,2	0:12	0:23
6	12:11 pm	26,1	12:20 pm	25,0	0:09	0:40
7	1:00 pm	26,1	1:09 pm	25,20	0:09	0:30
8	1:39 pm	26,2	1:49 pm	25,30	0:10	0:31
9	2:20 pm	26,3	2:31 pm	25,20	0:11	0:28
10	2:59 pm	26,3	3:12 pm	25,20	0:13	0:37
11	3:49 pm	26,2	3:59 pm	25,00	0:10	0:35
12	4:34 pm	26,1	4:43 pm	24,90	0:09	0:17
	5:00 pm					
TOTALES					1:53	5:32

RESULTADOS: A partir de los tiempos medidos se observa que por ajustar adecuadamente el termostato para que apague automáticamente a la temperatura de confort de 25 °C se pueden obtener un ahorro en horas de operación del equipo de 5 horas y 32 minutos para las condiciones de un día lluvioso y nublado

⁹Informe general proyecto URE Universidad Tecnológica de Bolívar 2007

Tabla 7. Ahorros obtenidos por ajuste del termostato Caso 1

AHORROS OBTENIDOS POR AJUSTE DEL TERMOSTATO	
Tiempo Total de Apagado por Termostato (h)	5,53
Consumo de Energía del Equipo (kWh/h)	4,95
Consumo de Energía Ahorrado /día (kWh/día)	27,39
Costo de la Energía (\$/kWh)	\$ 188,65
Costo total del Ahorro / día (\$/día)	\$ 5.167

Para este caso particular, bajo las condiciones de la prueba antes mencionada, la unidad de acondicionamiento de aire tiene un ahorro de \$5.167 en ese día

CASO 2

CONDICIONES EXTERIORES			
Text °C	32	HR	79%
Hora de la medición		9:30 a.m	
Día Soleado			

Para este segundo caso las condiciones exteriores son para un día soleado y nos permite tener una referencia para establecer los ahorros que pueden ser obtenidos al ajustar el termostato bajo estas condiciones, las cuales son más representativas debido a que es una condición mas critica que la anterior debido a que el equipo requiere extraer una carga de calor mucho mayor. Esto trae como resultado menos tiempo de apagado y por ende menores ahorros; los resultados obtenidos en la presente prueba nos permiten tomar como referencia minima los tiempo aquí determinados a la hora de establecer ahorros por ajuste de termostatos a la temperatura de confort

RESULTADOS: A partir de los tiempos medidos se observa que por ajustar adecuadamente el termostato para que apague automáticamente a la temperatura de confort de 25 °C se pueden obtener un ahorro en horas de operación del equipo de 1 horas y 4 minutos

A partir de las 12:20 m el equipo no se vuelve a apagar por temperatura; esto se debe a la ubicación del termostato, ya que este se encuentra en la pared del local orientada al oeste, la cual en las horas de la tarde está soleada. Esto genera que la temperatura alrededor o cerca al termostato será mayor a la temperatura del local y aunque se alcance la temperatura de confort en el local, la unidad de acondicionamiento no se apagará. Es por ello que se recomienda ubicar los termostatos lejos de fuentes de calor y adicional a esto lo más cerca posible al retorno del equipo.

Tabla 8. Ahorros obtenidos por ajuste del termostato caso 2

AHORROS OBTENIDOS POR AJUSTE DEL TERMOSTATO	
Tiempo Total de Apagado por Termostato (h)	1,07
Consumo de Energía del Equipo (kWh/h)	4,95
Consumo de Energía Ahorrado /día (kWh/día)	5,28
	\$
Costo de la Energía (\$/kWh)	188,65
Ahorro total / día (\$/día)	\$ 996
Días de operación /mes	22
	\$
Ahorro Total / Mes (\$/mes)	21.914

Para este caso, bajo las condiciones de la prueba antes mencionada, la unidad de acondicionamiento de aire tiene un ahorro de \$996 por día.

Considerando que las condiciones ambientales para las cuales se realizó la prueba son las condiciones normales durante todos los días de algunos meses del año se estima el ahorro para los 22 días de uso del equipo para este local en particular.

El ahorro obtenido por ajuste adecuado del termostato durante un mes será de \$21.914

Considerando todo lo anterior se observa que por ajuste del termostato, siempre y cuando esté operando correctamente, se pueden obtener reducciones en el tiempo de operación total del equipo que van desde una hora para días soleados (caso 2) hasta 5 horas cuando el día es lluvioso y/o nublado.

2.3.1 INSPECCIÓN DE TERMOSTATOS DE LA UNIDADES INSTALADAS EN TERNERA

Cantidad de Locales revisados: 50

Observación: Algunos locales comparten unidades de aire acondicionado; el número indicado arriba solo muestra los locales en donde se ubicaban termostatos. Por otro lado hay locales con varias unidades y que tiene varios termostatos.

Termostatos Evaluados (Incluye termostatos operando, termostatos dañados y unidades sin termostatos, considerando para este último caso que cada unidad interior para suministro de aire debería poseer un termostato): 66

Locales con termostato operando bien: 38

Nota 1: Para considerar un termostato operando bien se evaluó si este permitía el encendido y apagado automática del equipo de aire acondicionado al alcanzar las condiciones de temperatura de confort (24°C).

Nota 2: De los espacios en que se encuentran los 38 termostatos que están operando bien, en 12 los equipos de aire acondicionado instalados no logran alcanzar la temperatura de confort de 24°C, por lo que en estos locales aunque el termostato opere bien su función de pagara automáticamente por temperatura no se logrará ya que en el espacio no se obtendrá el valor adecuado de temperatura al cual el termostato funcionará.

A esta conclusión se llega luego de medir en tales espacios los valores de temperatura con un termo-higrómetro durante cierto tiempo a diferentes horas del día.

Termostatos dañados: 21

Relación de locales en donde se encuentran los termostatos dañados

- Sala de Profesores de Ingeniería de Sistemas
- Dirección del Programa de Ingeniería de Sistemas
- Aula A1 - 404
- Aula A1 - 405
- Aula A1 - 406
- Laboratorio de Psicometría
- Cámara Gessel
- Rectoría 2do Piso
- Recepción edificio Administrativo
- Oficina de Servicios Administrativos
- Dirección de Tesorería

- Servicio Financiero/Uniminuto
- Admisiones
- Nomina
- Oficina programa Computadores para aprender
- Laboratorio de Simulación de procesos
- Laboratorio de Productividad
- Laboratorio de Máquinas Eléctricas
- Laboratorio de Electrónica

Unidades sin termostato: 7

Relación de locales en donde se encuentran las unidades que no tienen termostatos

- Servicio Financiero/Uniminuto
- Mercadeo
- International Center
- Laboratorio de Máquinas Eléctricas (3 equipos sin termostatos)
- Oficina de Audiovisuales/Taller de Reparación

2.3.2 EVALUACIÓN DE AHORROS OBTENIDOS POR AJUSTE Y REEMPLAZO DE TERMOSTATOS DAÑADOS¹⁰

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la prueba realizada en el laboratorio de fluidos y la inspección realizada en los diferentes locales, se procede a evaluar los ahorros que pueden obtenerse si todas las unidades de aire acondicionado tuviesen los controles de temperatura (termostatos) en buen estado y ajustados a la temperatura de confort 24 a 25 °C.

Se emplea como hora de apagado promedio de las unidades de aire acondicionado al ajustar el termostato una hora; este valor se emplea siendo conservadores en los cálculos realizados

TOTAL DE EQUIPOS EVALUADOS EN EL CÁLCULO: 147

Nota: Se toman con un solo equipo las unidades externas con su(s) correspondiente(s) unidad(es) interna(s)

HORA DE APAGADO PROMEDIO POR EQUIPO: 1 Hora

DIAS DE USO DEL EQUIPO MENSUALMENTE: Según cada local

CONSUMO DE ENERGÍA: Determinada mediante mediciones con el Analizador de Redes y mediante los datos técnicos proporcionados por los fabricantes de los equipos.

ENERGÍA AHORRADA POR DÍA: 404 kWh/día

ENERGÍA AHORRADA POR MES: 9726,18 kWh/mes

COSTO DE LA ENERGÍA: \$ 188,65 / kWh

AHORRO MENSUAL: \$1.834.845

AHORRO A DICIEMBRE DE 2007: \$11.009.068*

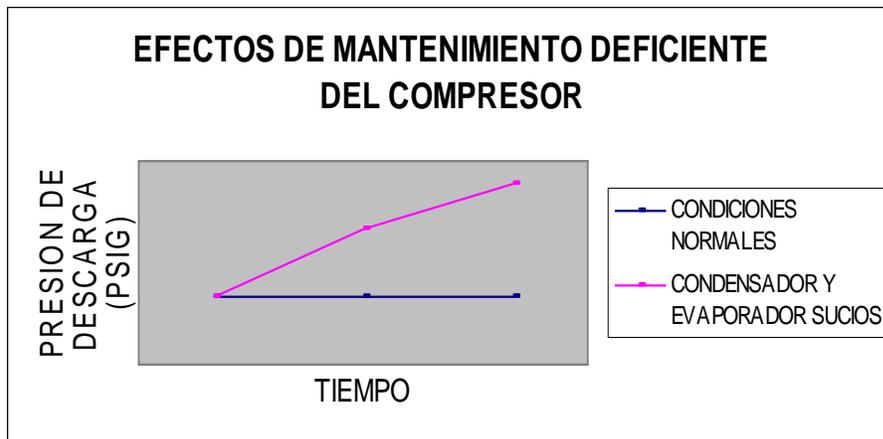
*** Estimado desde el 15 de Junio hasta el 15 de Diciembre = 6 meses**

¹⁰ Informe general proyecto URE Universidad Tecnológica de Bolívar 2007

2.4 EFECTOS DE UN MANTENIMIENTO DEFICIENTE SOBRE LA EFICIENCIA DE UN COMPRESOR DE 5 TONELADAS DE CAPACIDAD

Condiciones	(1) °C	(2) °C	(3) Psig	(4) Psig	(5) %	(6) Hp	(7) Hp/Tn
Normales	21	73	60-70	250	---	5.9	0.8
Condensador Sucio	21	79	70	280-300	8.2	7	1.25
Evaporador Sucio	26	73	30-50	250	18.9	5.3	1.39
Condensador y Evaporador sucio	26	79	30-50	280-300	25.4	6.4	2.3

- 1- Temperatura de succión °C
- 2- Temperatura de descarga °C
- 3- Presión de succión Psig
- 4- Presión de descarga Psig
- 5- Reducción en la capacidad del compresor en %
- 6- Potencia Hp
- 7- Potencia / toneladas



Grafica 6. Efecto de mantenimiento deficiente de compresores.

Tabla 9. Datos de placa del equipo

 Universidad Tecnológica de Bolívar CARTAGENA DE INDIAS		EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO SEDE DE TERNERA	
DATOS TECNICOS			
AREA ACONDICIONADA :	Biblioteca - 1er Piso	CODIGO:	UCA-DX-60-BT-MUL-005
MARCA:	GOODMAN MANUFACTURING CORP.	UBICACIÓN FÍSICA:	Parte Trasera de Biblioteca
MODELO:	CX60-18	SERIE:	9403120531
CAPACIDAD:	5 Ton	EER:	
DATOS DE PLACA DE LA UNIDAD CONDENSADORA			
GENERAL			
VOLT:	208/230	PH:	1
RNAGO DE VOLT:	MIN 197	HZ:	60
AMPERAJE DE CIRCUITO MIN:	23.8	MAX 253	
CARGA DE FABRICA:	116 OZ DE R22	AMPERAJE MAX DE FUSIBLE:	60
PRESIÓN DE DISEÑO (PSIG):			
BAJA	60-70	ALTA	250
COMPRESOR			
AMPERAJE DE CARGA NOMINAL: RLA	23.8	AMPERAJE DE ROTOR BLOQUEADO:	LRA 142
PRESIÓN MAXIMA DE TRABAJO:	400		
MOTOR VENTILADOR			
AMPERAJE A PLENA CARGA:			
FLA	1.8	HP:	1/4
DATOS DE PLACA DELCOMPRESOR			
MARCA:	TECUMSEH	AV 190ET-047-B4	
VOLT:	208 - 230V / 200 -220V	AVB5558EXN	R22
PH:	1	AMPERAJE DE ROTOR BLOQUEADO:	LRA 141.0

De la grafica anterior podemos concluir que si se presenta un incremento súbito en la presión de descarga el cual es un parámetro de funcionamiento importante se presentara un consecuente incremento en el consumo energético, he aquí la importancia de la manutención de los activos.

La tabla anterior representa los datos técnicos del compresor del ejemplo y tomaremos como referencia para establecer comparación, datos reales obtenidos con el equipo en funcionamiento, a través de un seguimiento controlado realizado con anterioridad.

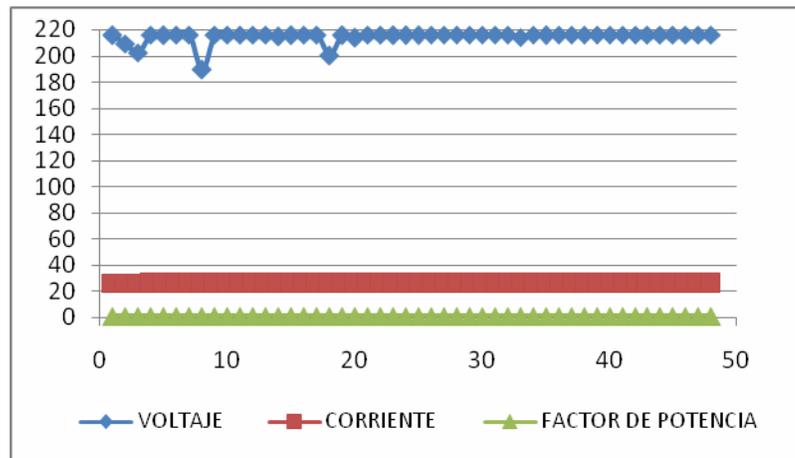


Figura 1. Toma de datos de compresor

Esta grafica nos representa los valores tomados con el equipo en funcionamiento, voltaje, corriente y factor de potencia.

Tabla 10. Mediciones realizadas a compresor

DATE	TIME	V1	I1	Phase1	W_SYS	PF_SYS
17/07/2007	10:33:11	215,8	26,17	-5	5,61	0,99
17/07/2007	10:33:13	209,2	26,16	-5	5,41	0,99
17/07/2007	10:33:15	202,4	26,11	-5,7	5,16	0,97
17/07/2007	10:33:17	216,1	26,07	-5,9	5,59	0,99
17/07/2007	10:33:19	215,9	26,09	-5,2	5,59	0,99
17/07/2007	10:33:21	216,1	26,01	-5,3	5,58	0,99
17/07/2007	10:33:23	216,1	26,01	-5,8	5,58	0,99
17/07/2007	10:33:25	189,5	26,02	-5,4	4,55	0,92
17/07/2007	10:33:27	216,2	25,98	-5	5,58	0,99

Tomando como valores de referencia los máximos de amperaje y voltaje tenemos que:

CONSUMO TEORICO: **4.95kw**

CONSUMO REAL: **5.59 kw**

Diferencia de consumo: **0.64 Kw** lo que equivale a: **\$1065 dia o \$23443.2 mes** de sobrecosto en energía producidos por un mal mantenimiento en un solo equipo de aire acondicionado.

2.5 ANALISIS EN UN SECTOR CRÍTICO DEL SISTEMA DE AA DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA SEDE TERNERA: SERVIDOR DE BIBLIOTECA

EVALUACIÓN DE MEDIDA DE AHORRO CASO DE ESTUDIO – BIBLIOTECA LUIS ENRIQUE BORJA BARÓN ACONDICIONAMIENTO ZONA DEL SERVIDOR

SITUACIÓN ACTUAL

En la actualidad el local donde se encuentra ubicado el servidor de biblioteca es acondicionado mediante una ramificación del ducto principal que suministra aire al sector izquierdo del segundo piso de biblioteca. Las unidades exteriores e interiores (condensadoras y manejadoras respectivamente) que acondicionan los espacios en mención (local del servidor y la zona de hemeroteca en el segundo piso) trabajan de forma conjunta por tener un sistema de encendido y apagado único y tienen una capacidad de enfriamiento de 8 Toneladas de Refrigeración. Son dos unidades condensadoras con sus respectivas manejadoras de aire

Debido a que el servidor debe operar las 24 horas del día y estar permanente refrigerado para disipar el calor que genera y evitar daños a sus componentes electrónicos, las unidades de acondicionamiento de aire siempre permanecen encendidas aun en los momentos en los que no hay servicio en la Biblioteca. Durante una semana normal de servicio las horas en las que la biblioteca no abre al público son:

- Desde las 7 pm hasta las 7 am del día siguiente de lunes a viernes
- Desde las 4 pm del sábado hasta las 9 am del Domingo
- Desde las 2 pm del domingo hasta las 7:00 am del lunes

Esta situación genera que en las horas de no atención al público se mantengan 8 toneladas de refrigeración solo para el local del servidor, debido a que el aire frío

restante es suministrado al interior de la Biblioteca en donde no se requiere en esos momentos.

2.5.1 CUADRO COMPARATIVO DEL CONSUMO DE ENERGÍA ACTUAL Y CON ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

El cuadro comparativo es aplicable solo para las horas sin servicio al público de la Biblioteca, las cuales representan actualmente horas de consumo innecesario

Tabla 11. Consumo de energía actual y con actividades de mantenimiento

CARACTERÍSTICA	ACTUAL	TEORICO
Equipos Instalados	2 Unidades Condensadoras Marca Climatec VAC 048-H11 2 Manejadoras Marca Climatec SVV 048	
Potencia Total de Entrada kW	11, 91	14.32
Incremento en Potencia kW	2.41	

Con este valor de potencia se procede a evaluar los ahorros potenciales que sucederían si se realizaran actividades de mantenimiento en esa área al tener funcionando durante las horas el equipo.

En la siguiente tabla se muestra el resumen de los cálculos de los ahorros obtenibles con actividades de mantenimiento.

Las horas de ahorro empleadas en el cálculo son:

- Desde las 7 p.m. hasta las 7 a.m. del día siguiente de lunes a viernes
- Desde las 4 p.m. del sábado hasta las 9 a.m. del Domingo
- Desde las 2 p.m. del domingo hasta las 7:00 a.m. del lunes

Tabla 12. Cálculos de los ahorros obtenibles con actividades de mantenimiento.

DIAS	INCREMENTO KW	HORAS AHORRO	ENERGIA AHORRADA/DIA KW/DIA	DIAS/MES	TOTAL KW/MES	TARIFA \$/KWH	AHORRO MENSUAL \$
LUN-VIE	2.41	12	28.9	22	635.8	185	119943
SAB	2.41	17	40.9	4	163.6		30863
DOM	2.41	17	40.9	4	163.6		30863
TOTAL							181669.28

Con actividades de mantenimiento en este sector se podría conseguir un ahorro sustancial estimado en **\$181669.28 mes**, tomando como datos de referencia parámetros medidos con el equipo en funcionamiento y datos teóricos obtenidos de las placas de dichos equipos.

3. DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

Tomando como base los datos obtenidos en relación al ahorro energético y el consumo en pesos, partimos con el desarrollo del plan de mantenimiento, estableciendo como prioridades en los agentes que disparan el consumo como compresores y equipos auxiliares, estos valores nos servirán como parámetro para tomar decisiones en cuanto a prioridad en el mantenimiento y para ratificar la importancia del mantenimiento de los equipos en concordancia con el ahorro energético y el consecuente ahorro económico originado por la gestión de activos.

El mantenimiento preventivo, cuando es bien implementado, produce ahorros del orden del 25%, además es el medio más simple de lograr ahorros, esta filosofía se basa en enfocar sus acciones a las causas de falla de los equipos y no a sus síntomas o efectos. Nuestro objetivo es extender la vida de los equipos, opuesto a las prácticas actuales que en muchos casos hacen reparaciones cuando no es necesario.

Las causas de falla de equipos son muchas, pero generalmente se acepta que el 10% de las causas genera el 90% de los problemas. Frecuentemente los síntomas de la falla ocultan la causa o aparecen como la causa misma. Cuando un equipo está bien diseñado y construido, las causas de falla generalmente se reducen a su mala aplicación o contaminación. La contaminación es una de las causas de falla de equipos mecánicos y causa el 85% del desgaste de piezas.

Los contaminantes a los cuales nos referimos son partículas sólidas, humedad, aire, productos químicos y otros materiales ajenos al sistema. La mayor parte del desgaste proviene de las partículas. “El 90% de las fallas por desgaste abrasivo son debidas a la contaminación”. El problema radica en que las partículas contaminantes a las que nos referimos son tan pequeñas que no es posible verlas.

El enfoque del mantenimiento está en el control de esta contaminación y el establecimiento de métodos y dispositivos para reducir y controlar su impacto en el equipo, prolongando de esta manera su vida.

Pasos del plan de Mantenimiento:

Seleccionamos el equipo incorporado en el programa de mantenimiento, en función de la seguridad, su importancia en el proceso, su costo por paro y confiabilidad, modo de falla, criticidad, tiempo medio entre fallas, análisis de riesgos. Se trata de controlar la contaminación, esta es una acción que permitirá ampliar la vida de los equipos hasta 10 veces con respecto a su condición actual.

A. Establecimos los objetivos para los niveles de limpieza de agentes contaminantes

Se establecieron para cada uno de los componentes del equipo un objetivo de limpieza, para determinar los beneficios de ampliación de vida del equipo. Consideramos las condiciones y la severidad de las operaciones y el diseño de los equipos para desarrollar las actividades.

B. Acciones específicas para cumplir los objetivos

El control de la contaminación es un aspecto importante en la base del programa de mantenimiento, se deben establecer los mecanismos para evitar la acumulación de partículas en el sistema a través de actividades de limpieza creados para evitar que la suciedad afecte su desempeño.

C. control de los niveles de contaminantes

Se establecieron objetivos visibles en cada una de los equipos que se incorporaron en el programa. Además se crearon rutinas de mantenimiento de acuerdo a las condiciones de cada equipo. El monitoreo del comportamiento de los equipos dará valiosas guías acerca de las acciones de control y mantenimiento que se deben tomar y permitirán verificar el desempeño de componentes.

3.1 METODOLOGIA DE LA CODIFICACION DE EQUIPOS Y ELEMENTOS

Se estableció la codificación de los equipos de aire acondicionado instalados en la sede Ternera, para facilitar la identificación y ubicación de los mismos, se creó también la correspondencia entre los equipos de producción de frío (unidades exteriores) y las respectivas unidades de suministro de frío (unidades interiores) instaladas en cada local.

Dicha codificación se encuentra en concordancia con la establecida por la Universidad Tecnológica de Bolívar y el proyecto de Uso Racional de la Energía para el sistema de aire acondicionado de la UTB.

En este proceso se desarrollaron procedimientos importantes que nos permiten identificar rápidamente que agente se encuentra funcionando irregularmente y en que lugar de la universidad esta ubicado.

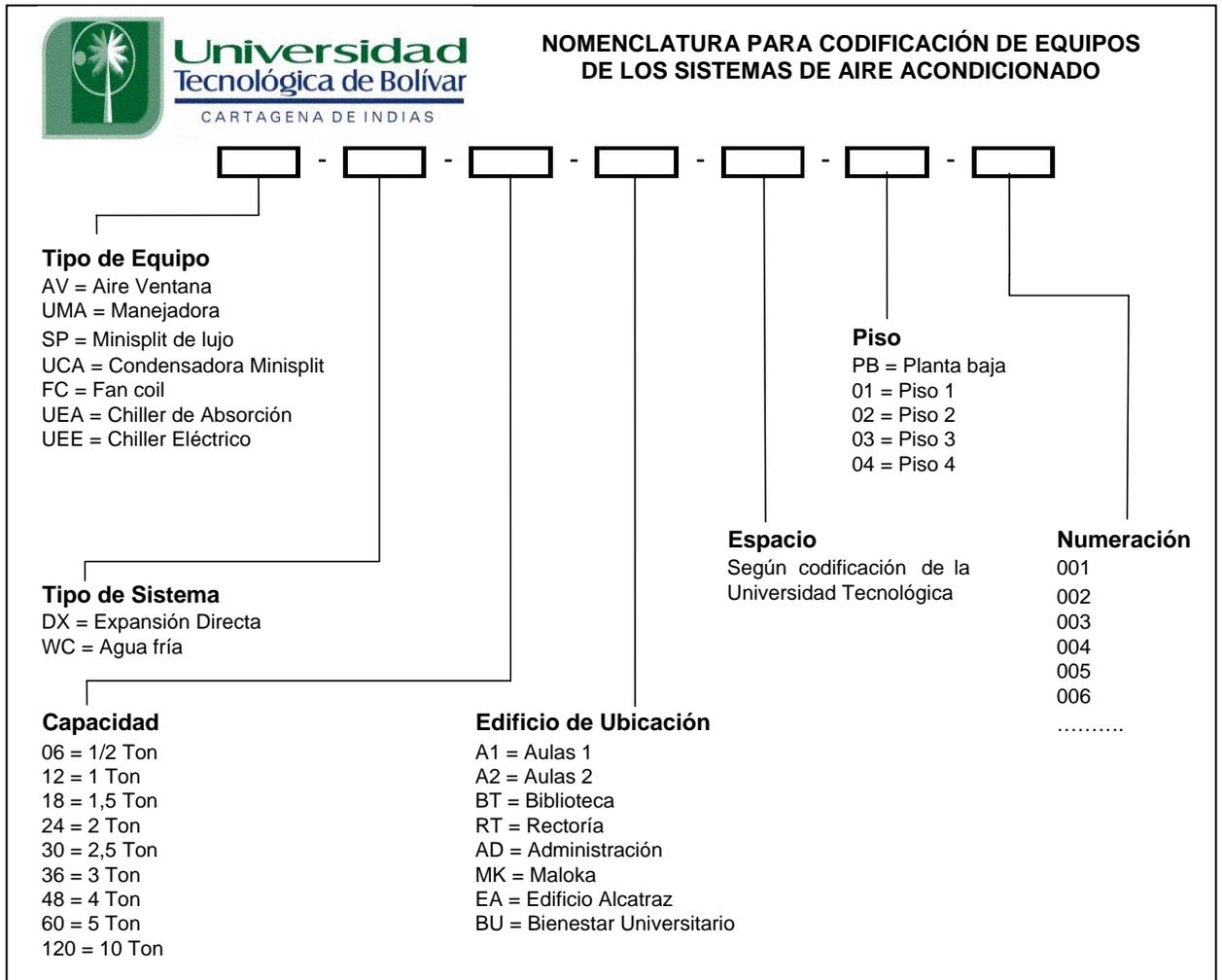


Figura 2. Nomenclatura para codificación de equipos de los sistemas de aire acondicionado

Ejemplo: UCA-DX-60-RT-MUL-01-013

Los Tres primeros caracteres indican el **tipo** de equipo

UCA = Unidad Condensadora enfriada por aire

UMA = Unidad Manejadora enfriada por aire

FCD = Fan Coil Desnudo

FPT = Fan Coil Piso Techo

UTS = Unidad Terminal Minisplit

UEE = Unidad enfriadora de agua (Chiller) Eléctrico

UEA= Unidad enfriadora de agua (Chiller) por Absorción

AV = Aire Ventana

Los dos siguientes indican el **tipo de sistema**

DX = Sistema de Expansión Directa

WC = Sistema de Agua Fría

Los tres siguientes indican la **capacidad en Btuh/1000**

12 = 12000 Btuh = 1 Tonelada de Refrigeración

18 = 18000 Btuh = 1,5 Tonelada de Refrigeración

24 = 24000 Btuh = 2 Tonelada de Refrigeración

30 = 30000 Btuh = 2,5 Tonelada de Refrigeración

36 = 36000 Btuh = 3 Tonelada de Refrigeración

48 = 48000 Btuh = 4 Tonelada de Refrigeración

60 = 60000 Btuh = 5 Tonelada de Refrigeración

120 = 120000 Btuh = 10 Tonelada de Refrigeración

Las dos letras siguientes indican el **Edificio** donde esta ubicado

A1: Edificio A1

A2: Edificio A2

RT: Edificio Rectoría

BT: Edificio Biblioteca

AD: Edificio Administración

MK: Edificio Maloka

AL: Edificio Alcatraz (Adquisiciones, Servicios generales, Oficina computadores para educar, Comedor de Profesores)

BU: Bienestar Universitario

Las letras siguientes (3 o 4) indican el **local que acondicionan** según la codificación de la UTB. Si el equipo acondiciona espacios múltiples se emplea MUL

Los siguientes dos dígitos indican el **piso** donde esta ubicado

PB = Planta baja (Solo aplica para el edificio de Aulas 2 y se refiere a la zona en donde están ubicados los laboratorios de mecánica e industrial)

01 = Primer Piso

02 = Segundo Piso

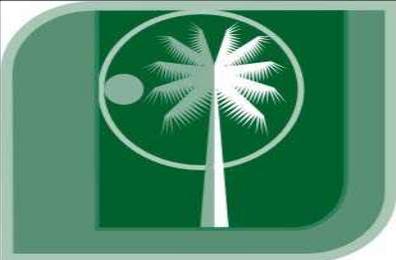
03 = Tercer Piso

04 = Cuarto Piso

Los últimos tres dígitos hacen referencia a un **consecutivo** según el tipo de equipo

3.2 INVENTARIO DE LOS EQUIPOS

Tabla 13. Inventario de los Equipos

 Universidad Tecnológica de Bolívar CARTAGENA DE INDIAS										
CODIFICACION DE EQUIPOS										
ITEM	CODIGO							EQUIPO	AREA	ESPACIO ACONDICIONADO
1	AV	DX	12	RT	PLANE	02	001	AIRE VENTANA	EDIFICIO RECTORIA	Rectoría - 2do Piso
2	AV	DX	18	RT	VICAC	02	002	AIRE VENTANA	EDIFICIO RECTORIA	Rectoría - 2do Piso
3	AV	DX	24	A1	DCCS	02	003	AIRE VENTANA LG	EDIFICIO A1	Dec. de Ciencias Sociales - A1 2 Piso
4	AV	DX	24	A1	309	03	004	AIRE VENTANA LG	EDIFICIO A1	Centro de Idiomas
5	AV	DX	24	MK	SAVIO	01	005	AIRE VENTANA Samsung	EDIFICIO MALOKA	Oficina Director SAVIO
6	AV	DX	24	MK	SAVIO	01	006	AIRE VENTANA INDUCOL	EDIFICIO MALOKA	SAVIO
7	AV	DX	24	MK	DESDOC	01	007	AIRE VENTANA	EDIFICIO MALOKA	Oficina de Desarrollo Docente
8	AV	DX	09	EA	CMPED	01	008	AIRE VENTANA Goldstar	EDIFICIO ALCATRAZ	Computadores Para Educar
9	AV	DX	24	EA	SERGEN	01	009	AIRE VENTANA INDUCOL	EDIFICIO ALCATRAZ	Oficina de Servicios Generales
10	AV	DX	18	BU	101	02	010	AIRE VENTANA LG	BIENESTAR UNIVERSITARIO	Dirección de Bienestar Universitario
11	AV	DX	18	BU	105	01	011	AIRE VENTANA Inducol	BIENESTAR UNIVERSITARIO	Asistente de Deporte
12	AV	DX	14	BU	106	02	012	AIRE VENTANA Inducol	BIENESTAR UNIVERSITARIO	Coordinador de Deportes
13	AV	DX	09	BU	AIES	01	013	AIRE VENTANA	BIENESTAR UNIVERSITARIO	AIASEC
14	AV	DX	24	BU	ENF	01	014	AIRE VENTANA LG	BIENESTAR UNIVERSITARIO	Enfermería
15	AV	DX	24	AD	VICAD	01	015	AIRE VENTANA INDUCOL	EDIFICIO ADMINISTRACION	Vicerrectoría Administrativa
16	AV	DX	24	AD	SERV	01	016	AIRE VENTANA INDUCOL	EDIFICIO ADMINISTRACION	Servidor UTB
17	AV	DX	09	AD	ASERAD	01	017	AIRE VENTANA LG	EDIFICIO ADMINISTRACION	Asistente de Serv. Administrativos
18	AV	DX	06	AD	CAPER	01	018	AIRE VENTANA LG	EDIFICIO ADMINISTRACION	Capacitación de Personal y Desarrollo
19	AV	DX	09	AD	BIESO	01	019	AIRE VENTANA LG	EDIFICIO ADMINISTRACION	Bienestar y Salud Ocupacional
20	AV	DX	09	AD	DREGAC	01	020	AIRE VENTANA LG	EDIFICIO ADMINISTRACION	Dirección de Registro Académico
21	AV	DX	24	AD	ARCH	01	021	AIRE VENTANA LG	EDIFICIO ADMINISTRACION	Archivo y Correspondencia
22	FCD	DX	36	A1	106	01	001	FAN COIL DX	EDIFICIO A1	Sala de Redacción
23	FCD	DX	36	A1	108	01	002	FAN COIL DX	EDIFICIO A1	Estudio de Grabación
24	FCD	DX	36	A1	202	02	003	FAN COIL DX	EDIFICIO A1	Sala de Prof. Psicología
25	FCD	DX	36	A1	203	02	004	FAN COIL DX	EDIFICIO A1	Ofi. Auxiliar de Psicología/Lab. Aprendizaje

26	FCD	DX	36	A1	204	02	005	FAN COIL DX	EDIFICIO A1	Lab. Sensopercepción/Neurociencia
27	FCD	DX	36	A1	206	02	006	FAN COIL DX	EDIFICIO A1	Lab. Psicometría
28	FCD	DX	36	A1	207	02	007	FAN COIL DX	EDIFICIO A1	Cámara Gessel
30	FCD	WC	12	A2	SPELE	01	009	FAN COIL WC CLIMATEC	EDIFICIO A2	SaPro Ing. Eléctrica
31	FCD	WC	36	A1	SPSIS	04	009	FAN COIL WC CLIMATEC	EDIFICIO A1	Sala de Pro. Ing. Sistemas
32	FCD	WC	36	A1	SPSIS	04	010	FAN COIL WC CLIMATEC	EDIFICIO A1	Sala de Pro. Ing. Sistemas
33	FCD	WC	24	A1	DPSIS	04	011	FAN COIL WC CLIMATEC	EDIFICIO A1	Dirección de Programa Ing. Sistemas
34	FCD	WC	36	A1	402	04	012	FAN COIL WC CLIMATEC	EDIFICIO A1	Aula 402 - Bloque A1
35	FCD	WC	36	A1	403	04	013	FAN COIL WC CLIMATEC	EDIFICIO A1	Aula 403 - Bloque A1
36	FCD	WC	36	A1	404	04	014	FAN COIL WC CLIMATEC	EDIFICIO A1	Aula 404 - Bloque A1
37	FCD	WC	36	A1	405	04	015	FAN COIL WC CLIMATEC	EDIFICIO A1	Aula 405 - Bloque A1
38	FCD	WC	36	A1	406	04	016	FAN COIL WC CLIMATEC	EDIFICIO A1	Aula 406 - Bloque A1
39	FCD	WC	24	A2	101	PB	017	FAN COIL WC	EDIFICIO A2	Lab. Máquinas Eléctricas
40	FCD	WC	24	A2	101	PB	018	FAN COIL WC	EDIFICIO A2	Lab. Máquinas Eléctricas
41	FCD	WC	24	A2	101	PB	019	FAN COIL WC	EDIFICIO A2	Lab. Máquinas Eléctricas
42	FCD	WC	24	A2	101	PB	020	FAN COIL WC	EDIFICIO A2	Lab. Máquinas Eléctricas
43	FCD	WC	18	A2	LBIN3	PB	021	FAN COIL WC	EDIFICIO A2	Lab. De Simulación
44	FCD	WC	18	A2	LBIN3	PB	022	FAN COIL WC	EDIFICIO A2	Lab. De Simulación
45	FCD	WC	18	A2	LBIN2	PB	023	FAN COIL WC	EDIFICIO A2	Lab. De Productividad
46	FCD	WC	24	A2	LBIN1	PB	024	FAN COIL WC	EDIFICIO A2	Lab. De Salud Ocupacional
47	FCD	WC	24	MK	SAVIO	02	025	FAN COIL WC Climatec	EDIFICIO MALOKA	SAVIO
48	FCD	WC	24	MK	MALOK	02	026	FAN COIL WC Climatec	EDIFICIO MALOKA	Maloka
49	FCD	WC	24	MK	MALOK	02	027	FAN COIL WC Climatec	EDIFICIO MALOKA	Maloka
50	FCD	WC	24	EA	ADQ	01	028	FAN COIL WC Climatec	EDIFICIO ALCATRAZ	Adquisiciones
51	FCD	WC	36	EA	COMED	01	029	FAN COIL WC Climatec	EDIFICIO ALCATRAZ	Comedor de Profesores
52	FCD	WC	06	EA	CMPED	01	030	FAN COIL WC Climatec	EDIFICIO ALCATRAZ	Computadores Para Educar
53	FCD	WC	45	A2	201	02	031	FAN COIL WC TECAM	EDIFICIO A2	Aula A2 - 201
54	FCD	WC	45	A2	202	02	032	FAN COIL WC TECAM	EDIFICIO A2	Aula A2 - 202
55	FCD	WC	45	A2	203	02	033	FAN COIL WC TECAM	EDIFICIO A2	Aula A2 - 203
56	FCD	WC	40	A2	204	02	034	FAN COIL WC TECAM	EDIFICIO A2	Aula A2 - 204
57	FCD	WC	40	A2	205	02	035	FAN COIL WC TECAM	EDIFICIO A2	Aula A2 - 205
58	FCD	WC	45	A2	206	02	036	FAN COIL WC TECAM	EDIFICIO A2	Aula A2 - 206
59	FCD	WC	45	A2	207	02	037	FAN COIL WC TECAM	EDIFICIO A2	Aula A2 - 207
60	FCD	WC	45	A2	208	02	038	FAN COIL WC TECAM	EDIFICIO A2	Aula A2 - 208
61	FCD	WC	45	A2	301	03	039	FAN COIL WC TECAM	EDIFICIO A2	Aula A2 - 301
62	FCD	WC	45	A2	302	03	040	FAN COIL WC TECAM	EDIFICIO A2	Aula A2 - 302
63	FCD	WC	45	A2	303	03	041	FAN COIL WC TECAM	EDIFICIO A2	Aula A2 - 303
64	FCD	WC	40	A2	304	03	042	FAN COIL WC TECAM	EDIFICIO A2	Aula A2 - 304
65	FCD	WC	40	A2	305	03	043	FAN COIL WC TECAM	EDIFICIO A2	Aula A2 - 305
66	FCD	WC	45	A2	306	03	044	FAN COIL WC TECAM	EDIFICIO A2	Aula A2 - 306
67	FCD	WC	45	A2	307	03	045	FAN COIL WC TECAM	EDIFICIO A2	Aula A2 - 307
68	FCD	WC	45	A2	308	03	046	FAN COIL WC TECAM	EDIFICIO A2	Aula A2 - 308
69	FCD	WC	40	A2	401	04	047	FAN COIL WC TECAM	EDIFICIO A2	Aula A2 - 401
70	FCD	WC	45	A2	402	04	048	FAN COIL WC TECAM	EDIFICIO A2	Aula A2 - 402
71	FCD	WC	40	A2	403	04	049	FAN COIL WC TECAM	EDIFICIO A2	Aula A2 - 403
72	FCD	WC	45	A2	404	04	050	FAN COIL WC TECAM	EDIFICIO A2	Aula A2 - 404
73	FCD	WC	40	A2	405	04	051	FAN COIL WC TECAM	EDIFICIO A2	Aula A2 - 405 y Aula A2 - 406
74	FCD	WC	45	A2	407	04	052	FAN COIL WC TECAM	EDIFICIO A2	Aula A2 - 407
75	FCD	WC	18	A2	408	04	053	FAN COIL WC CLIMATEC	EDIFICIO A2	Aula A2 - 408
76	FCD	WC	18	A2	409	04	054	FAN COIL WC CLIMATEC	EDIFICIO A2	Aula A2 - 409
77	FCD	WC	45	A2	410	04	055	FAN COIL WC TECAM	EDIFICIO A2	Aula A2 - 410
78	FCD	WC	12	A2	SPELE	01	057	FAN COIL WC CLIMATEC	EDIFICIO A2	SaPro. Ing. Eléctrica
79	FCD	WC	12	A2	SPCIV	03	058	FAN COIL WC CLIMATEC	EDIFICIO A2	Decanatura de Civil/Ambiental (OSI)
80	FCD	WC	12	A2	SPCIV	03	059	FAN COIL WC CLIMATEC	EDIFICIO A2	Decanatura de Civil/Ambiental (OSI)
81	FCD	DX	18	A2	DAUD	04	060	FAN COIL DX	EDIFICIO A2	Dirección de Audiovisuales
82	FCD	DX	18	A2	AAUD	04	061	FAN COIL DX	EDIFICIO A2	Taller de Reparación / Audiovisuales

83	FCD	WC	12	AD	ADYRE	01	062	FAN COIL WC Climatec	EDIFICIO ADMINISTRACION	Admisiones y Registro (es necesario definir el uso real del local)
84	FCD	WC	12	AD	DSEAD	01	063	FAN COIL WC Climatec	EDIFICIO ADMINISTRACION	Dir. De Servicios Administrativos
85	FCD	WC	18	AD	SEINF	01	064	FAN COIL WC Air Tech	EDIFICIO ADMINISTRACION	Dir. De Servicios Informaticos
86	FCD	WC	18	AD	SEINF	01	065	FAN COIL WC Air Tech	EDIFICIO ADMINISTRACION	Dir. De Servicios Informaticos
87	FCD	WC	12	AD	SERV	01	066	FAN COIL WC	EDIFICIO ADMINISTRACION	Servidor UTB
88	FCD	WC	12	AD	PRESU	01	067	FAN COIL WC Starlight	EDIFICIO ADMINISTRACION	Departamento de Presupuesto
89	FCD	WC	06	AD	DIFIN	01	068	FAN COIL WC	EDIFICIO ADMINISTRACION	Dirección Financiera
90	FCD	WC	12	AD	CONT	01	069	FAN COIL WC	EDIFICIO ADMINISTRACION	Contabilidad
91	FCD	WC	09	AD	TESOR	01	070	FAN COIL WC	EDIFICIO ADMINISTRACION	Tesorería
92	FCD	WC	12	AD	DTESO	01	071	FAN COIL WC	EDIFICIO ADMINISTRACION	Departamento de Tesorería
93	FCD	WC	12	AD	SEFIN	01	072	FAN COIL WC Climatec	EDIFICIO ADMINISTRACION	Servicio Financiero y Uniminuto
94	FCD	WC	18	AD	SEFIN	01	073	FAN COIL WC Climatec	EDIFICIO ADMINISTRACION	Servicio Financiero y Uniminuto
95	FCD	WC	12	AD	ADMI	01	074	FAN COIL WC	EDIFICIO ADMINISTRACION	Admisiones
96	FCD	WC	12	AD	NOMIN	01	075	FAN COIL WC Climatec	EDIFICIO ADMINISTRACION	Nómina
97	FCD	WC	12	AD	CAJER	01	076	FAN COIL WC Climatec	EDIFICIO ADMINISTRACION	Cajero
98	FCD	WC	18	AD	MERC	01	077	FAN COIL WC Climatec	EDIFICIO ADMINISTRACION	Departamento de Mercadeo
99	FCD	WC	12	AD	MERC	01	078	FAN COIL WC Climatec	EDIFICIO ADMINISTRACION	Departamento de Mercadeo
100	FCD	WC	12	AD	INTCE	01	079	FAN COIL WC	EDIFICIO ADMINISTRACION	International Center
101	FCD	DX	24	MK	CAPSI	01	080	FAN COIL DX	EDIFICIO MALOKA	CAPSI
102	FPT	DX	36	A1	107	01	001	FAN COIL PISO TECHO	EDIFICIO A1	Sala de Postproducción
103	FPT	DX	60	A1	407	04	002	FAN COIL PISO TECHO	EDIFICIO A1	Aula 407 - Bloque A1
104	FPT	DX	36	MK	SIRIU	02	003	FAN COIL PISO TECHO Starlight	EDIFICIO MALOKA	SIRIUS
105	FPT	DX	36	A2	COMP	01	004	FAN COIL PISO TECHO	EDIFICIO A2	COMPUCOLOR
106	UCA	DX	35	BT	MUL	02	001	CONDENSADORA GOODMAN MANUFACTURING CORP.	BIBLIOTECA	Biblioteca - 2do Piso
107	UCA	DX	48	BT	MUL	02	002	CONDENSADORA GOODMAN MANUFACTURING CORP.	BIBLIOTECA	Biblioteca - 2do Piso
108	UCA	DX	48	BT	MUL	01	003	CONDENSADORA GOODMAN MANUFACTURING CORP.	BIBLIOTECA	Biblioteca - 1er Piso
109	UCA	DX	48	BT	MUL	01	004	CONDENSADORA GOODMAN MANUFACTURING CORP.	BIBLIOTECA	Biblioteca - 1er Piso
110	UCA	DX	60	BT	MUL	01	005	CONDENSADORA GOODMAN MANUFACTURING CORP.	BIBLIOTECA	Biblioteca - 1er Piso
111	UCA	DX	48	BT	MUL	01	006	CONDENSADORA CLIMATEC	BIBLIOTECA	Biblioteca - 1er Piso
130	UCA	DX	36	A1	203	02	024	CONDENSADORA Comfort Star	EDIFICIO A1	Ofic. Auxiliar Lab. Psicología/Lab. Aprendizaje

3.3 IDENTIFICACION DE LOS EQUIPOS CRITICOS DE CADA SISTEMA

Para garantizar la confiabilidad de los equipos se deben abarcar todas sus partes críticas en el plan de mantenimiento. Para esto identificamos cada uno de los equipos críticos y los componentes que conforman los diferentes sistemas.

A continuación se muestra el listado de los equipos críticos con su respectivo componente.

3.3.1 EQUIPOS CRITICOS

3.3.1.1 UNIDAD CONDENSADORA:

- Serpentín condensador
- Motor
- Compresor
- Caja de accesorios (eléctricos)
- Filtro secador

3.3.1.2 UNIDAD MANEJADORA:

- Caja de accesorios (eléctricos)
- Motor blower
- Serpentín evaporador
- Filtro

3.3.1.3 AIRE VENTANA:

- Serpentín evaporador
- Serpentín condensador
- Motor blower
- Compresor
- Termostato

3.3.1.4 FANCOIL:

- Motor blower
- Serpentín evaporador

3.3.1.5 CHILLER:

- Compresor
- Bomba centrífuga
- Evaporador
- Condensador
- Motor

3.3.1.6 SPLIT

- Manejadora
- Condensador
- Motor
- Compresor

3.4 MATRIZ DE ANÁLISIS DE RIESGO (RAM) ¹³

La matriz de riesgo mostrada a continuación, es una herramienta diseñada y desarrollada por SHELL SGS, la cual permite que con unos requisitos mínimos de información se pueda definir la criticidad de un incidente, condición subestandar o la reparación de un equipo, con base en la probabilidad y las consecuencias de que este ocurra, lo cual permite valorar el riesgo al que esta expuesto la Universidad.

La Matriz de Evaluación de Riesgos constituye una herramienta útil que ayuda a la organización de mantenimiento a enmarcarse dentro de las políticas, procedimientos y objetivos estratégicos relacionados con los riesgos e interpretar en términos de niveles de riesgos tolerables nuestras actividades cotidianas.

RIESGO es la probabilidad de que se materialice una amenaza.

La matriz usa este concepto, 4 categorías 6 niveles de gravedad

- Para indicar el nivel de gravedad, se utiliza una escala de consecuencias de "0" a "5".
- Se define consecuencia como la que puede producirse a raíz de un peligro y dentro de una situación hipotética creíble (considerando las condiciones predominantes).
- Se utilizan las consecuencias potenciales en vez de las reales.
- Se evalúan cada una de las consecuencias que podrían ocurrir con un mal manejo de un equipo, bien sean económicas, ambientales, personales etc.
- Se evalúan las probabilidades para estimar el nivel de riesgo.
- Se relacionan todas las posibilidades que puedan ocurrir con el equipo y se escoge la mas critica a fin de no ser demasiado conservador en priorizacion del trabajo de mantenimiento.



RAM MATRIZ DE ANALISIS DE RIESGO Y PRIORIZACION DE TRABAJOS			
CONSECUENCIAS			
Personas	Económica	Ambiental	Imagen de la Empresa
Una o mas fatalidades	Catastrófica >\$200,000,000	Masivo	Internacional
Incapacidad permanente (Parcial o total)	Grave \$80,000,000 a \$200,000,000	Mayor	Nacional
Incapacidad temporal (> 1 dia)	Severo \$30,000,000 a \$80,000,000	Localizado	Regional
Lesión menor (Sin incapacidad)	Importante \$5,000,000 a \$30,000,000	Menor	Local
Lesión leve (Primero Auxilios)	Marginal <\$5,000,000	Leve	Interna
Ninguna lesión	Ninguna	Ningún efecto	Ningún impacto
		Defin. Según Manual HSEQ	Defin. Según Manual HSEQ

PROBABILIDAD				
A	B	C	D	E
Equipo fallaría en un tiempo mayor a 6 meses	Equipo fallaría entre 2 y 6 meses	Equipo fallaría entre 4 y 8 semanas	Equipo fallaría entre 2 y 4 semanas	Equipo fallaría en 2 semanas
Posible avería del equipo después de 2 meses	Posible avería del equipo entre 1 y 2 meses	Posible avería del equipo entre 2 y 4 semanas	Posible avería del equipo en próxima semana	Avería del equipo ha sucedido
Equipo auxiliar fallaría después de 2 meses	Equipo auxiliar fallaría entre 1 y 2 meses	Equipo auxiliar fallaría entre 3 y 4 semanas	Equipo auxiliar fallaría entre 1 y 3 semanas	Equipo auxiliar fallaría antes de 1 semana
No ha ocurrido en la Universidad	Ha ocurrido en la Universidad	Ha ocurrido en la Universidad	Sucede varias veces por año en la Universidad	Sucede varias veces por año en la Universidad
M	M	H	H	VH
L	M	M	H	H
N	L	M	M	H
N	N	L	L	M
N	N	N	L	L
N	N	N	N	N

CATEGORIA
Prioridad del trabajo: Actividades de mantenimiento preventivo programado (PV, PD)
Prioridad del trabajo: Equipo estático/ Eléctrico/Instrumentos/Equipo rotativo sin auxiliar
Prioridad del trabajo: Equipo auxiliar (Equipo rotativo, intercambiadores, etc)
Ranqueo de iniciativas e incidentes (Incluye malos actores), Riesgo del negocio(Ver nota abajo)
VH
H
H
M
L
N

↑
el negocio

Figura 3. Matriz de Riesgo (RAM)

3.4.1 DEFINICIÓN DE GRAVEDAD EN CONSECUENCIA

El riesgo global de un incidente es clasificado de acuerdo a la categoría de consecuencias que tenga la clasificación más crítica.

Tabla 14. Definición de gravedad en consecuencias

Nro.	Descripción
0	Sin efecto – Sin daño ambiental. Sin modificaciones en el medio ambiente. No requiere remediación.
1	Efectos leves –Sin daños ambientales. Acciones de remediación insignificantes.
2	Efectos menores - descargas insuficientes para producir contaminación, pocas pérdidas económicas y daños leves a personal.
3	Efectos Localizados - Descarga limitada afectando el entorno y afecta la imagen de la universidad pérdidas económicas severas.
4	Efectos Mayores – Daños ambientales graves. Se exige a la universidad que tome medidas importantes para protección de personal. Produce grandes pérdidas económicas
5	Efectos masivos – Persistentes daños ambientales graves o serias molestias que afectan un area extensa, area de uso recreativo o de preservación de la naturaleza. Equipo altamente peligroso.

Tabla 15. Interpretación de riesgos (prioridad de trabajos)

VH	Muy Alto	Riesgo intolerable para asumir, acción inmediata (urgencia).
H	Alto	Inaceptable, deben buscarse alternativas, Alto riesgo, si se decide realizar la actividad deberá implementarse previamente un tratamiento especial en cuanto al nivel de control. Acción inmediata (emergencia). Las fallas ocurren de (0-6 meses)
M	Medio	Se deben tomar medidas para reducir el riesgo a niveles razonablemente prácticos, puede esperar hasta la próxima semana (7 días). Las fallas ocurren de (0.5-2 años)
L	Bajo	Discutir y gestionar mejoras de los sistemas de control establecidos, se puede establecer un plan de 14 días. Las fallas ocurren de (2-10 años)
N	Despreciable	Riesgos muy bajos, usar sistema de control, acciones hasta 21 días después. Las fallas ocurren después de 10 años.

Tabla 16. Clasificación de riesgos y priorización de trabajos en equipos de aire acondicionado de la UTB sede Ternera

CLASIFICACION DE RIESGOS Y PRIORIZACION DE TRABAJOS EN EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO			
ITEM	EQUIPO	CONSECUENCIA	RIESGO
1	CONDENSADORA	2	L
2	CHILLER	2	L
3	MANEJADORA	2	L
4	SPLIT	2	L
5	AIRE VENTANA	2	L
6	FANCOIL	2	L

2 = Efectos menores: descargas insuficientes para producir contaminación, pocas pérdidas económicas y daños leves a personal.

L= Discutir y gestionar mejoras de los sistemas de control establecidos, se puede establecer un plan de 14 días para la reparación. Las fallas pueden ocurrir de (2-10 años).

3.5 MODOS DE FALLA FRECUENTES EN EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO

CONDENSADORES		
CONDICIONES ADVERSAS	EFFECTOS	PROTECCION
Gases incondensables	Los gases distintos al refrigerante suelen presentarse como contaminantes en los sistemas de aire acondicionado. Estos incluyen aire, monóxido de carbono, metano e hidrógeno.	Se mide la temperatura del agua (o aire) a la entrada. Después de un corto tiempo, se establecerá un equilibrio entre las temperaturas de entrada del agua (o aire) y la temperatura de salida. Si no hay gases incondensables presentes, la presión indicada en el manómetro corresponderá a la temperatura de saturación del refrigerante. Si hay gases incondensables presentes, la presión indicada será mayor.
Retroceso de líquido	El retroceso de líquido hacia al condensador puede deberse a una restricción en el trayecto evaporador-condensador, y el mal funcionamiento de la válvula de expansión. Esta condición produce una reducción en el rendimiento del condensador y un incremento en los costos de operación. El incremento en los costos de operación dependerá de la cantidad de líquido que retroceda.	Esta línea, que normalmente esta cerrada puede abrirse para restablecer el nivel normal en el condensador. Esto debe hacerse con cautela, a fin de evitar inundar el evaporador ya que de lo contrario habrá arrastre de líquido hacia el compresor y en consecuencia, daños a este último Una vez que los niveles hallan sido restablecidos, la línea de desvío se cierra nuevamente y se deja el sistema operando por cierto tiempo.
	El ensuciamiento y obstrucción de los condensadores es un problema bastante común,	La solución de este problema es realizar una limpieza periódica de las superficies de transferencia de calor.

<p>Ensuciamiento y obstrucción</p>	<p>que resulta en menores niveles de transferencia de calor y por ende mayores temperaturas de condensación. La disminución en el rendimiento ocurre en forma lenta y gradual durante un período de tiempo prolongado.</p>	<p>Por ejemplo las boquillas de condensadores evaporativos pueden taparse, causando una distribución inadecuada de agua sobre los tubos. El ensuciamiento se manifiesta en un incremento gradual en las temperaturas de condensación. Las obstrucciones por su parte crean contrapresiones en las bombas y ventiladores, reduciendo los flujos de agua y aire al condensador. Esto hace que la temperatura del condensador aumente.</p>
---	--	---

<p>EVAPORADORES</p>		
<p>CONDICIONES ADVERSAS</p>	<p>EFECTOS</p>	<p>PROTECCION</p>
<p>Carga de refrigerante</p>	<p>Si se emplea una cantidad de refrigerante inferior al recomendado, no se aprovecha a plenitud el área de intercambio de calor en el evaporador, lo cual a su vez trae como consecuencia una reducción en la temperatura de evaporación. Por otro lado, una carga excesiva de refrigerante puede resultar en un retroceso de líquido al condensador o un arrastre de líquido al compresor, lo cual puede originar daños al mismo. Una deficiencia de carga de</p>	<p>Las pérdidas de refrigerante ocurren en las conexiones de tuberías, sellos de ejes y empaquetaduras. Se recomienda realizar inspecciones periódicas con un detector de fugas y proceder a su corrección una vez detectadas.</p> <p>La importancia de este aspecto no debe ser desestimado, ya que las pérdidas de refrigerante pueden resultar en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • bajo nivel de rendimiento y costos de

	refrigerante en el evaporador se manifiesta con un alto grado de sobrecalentamiento.	operación excesivos <ul style="list-style-type: none"> • alto costo por reposición de refrigerante • riesgos de salud y seguridad
Aceite	Los compresores lubricados descargan una pequeña cantidad de aceite al tramo de tubería de descarga, que luego fluye al evaporador conjuntamente con el refrigerante. Como el aceite no se evapora, suele acumularse en el evaporador reduciendo el área de transferencia y ensuciando las superficies de intercambio de calor, a menos que existan dispositivos para su remoción.	La cantidad de aceite en el sistema se puede reducir mediante la instalación de separadores a la descarga y filtros. La revisión del sistema de lubricación y un control preciso del inventario de este, deben formar parte de un programa de mantenimiento.
Ensuciamiento	Tarde o temprano la mayoría de los fluidos ensucian las superficies de transferencia de calor. Esto conlleva a una disminución en la transferencia de calor y por ende en una reducción del factor COP. El ensuciamiento de las superficies de intercambio de calor puede ser a veces difícil de detectar. el ensuciamiento severo de superficies de intercambio de calor resulta en una disminución de flujo de fluido o aire en el intercambiador de calor	Como el ensuciamiento resulta en ocasiones difícil de detectar, se recomienda que la limpieza de los intercambiadores forme parte de un programa de mantenimiento periódico. Los evaporadores de muchos sistemas de enfriamiento de aire experimentan problemas por la formación de hielo en las superficies de los tubos y aletas del enfriador, como producto de la humedad presente en el aire a enfriar. La acumulación de hielo produce una disminución en el coeficiente de transferencia de calor lo cual tiene un impacto negativo sobre la operación del sistema aire

		acondicionado.
--	--	----------------

VALVULAS DE EXPANSION		
CONDICIONES ADVERSAS	EFFECTOS	PROTECCION
Desvío de gas	El desvío de gas por las válvulas de expansión puede presentarse en evaporadores del tipo DX (expansión directa) debido a la presencia de cantidades insuficientes de refrigerante en el sistema y en los evaporadores de tipo inundado, como resultado del mal funcionamiento de válvulas o de un sistema de control de nivel inapropiado.	Problemas de esta índole deben ser atendidos de forma inmediata, ya que pueden conllevar a incrementos en los costos de operación de hasta más de un 30%.
Retención de líquido	La retención de líquido puede deberse a una válvula defectuosa, que restringe el flujo de líquido, y puede afectar el rendimiento del condensador y del evaporador	
Otros problemas	Otros problemas que pueden presentarse son: la acumulación de humedad en la válvula, resultando en la obstrucción parcial o completa de la misma por formación de hielo y la ubicación incorrecta del elemento sensor de temperatura que trae como consecuencia el envío de una señal de temperatura errónea a la válvula (para el caso de válvulas de expansión termostáticas). Por otra parte, la válvula	Es importante que el sensor o bulbo haga un buen contacto térmico con la tubería.

	puede estar expuesta a condiciones externas tales como un ambiente caluroso, lo cual influirá sobre la señal temperatura.	
--	---	--

COMPRESORES		
CONDICIONES ADVERSAS	EFFECTOS	PROTECCION
Operación a cargas intermedias	<p>se debe evitar usar aquellos compresores en donde el control de capacidad se realiza mediante la estrangulación de gas en la línea de aspiración, por medio del incremento de la presión de descarga o el uso de un desvío de gas caliente</p> <p>Procurar que todos los equipos auxiliares (ventiladores, bombas, etc.) sean apagados cuando no hagan falta. Esto es importante sobre todo en instalaciones con un gran número de compresores. Si la secuencia de los compresores es controlada, se debe asegurar que los equipos auxiliares sean apagados cuando el compresor no este en uso.</p>	<p>La estrategia de control empleada puede llegar a tener un impacto muy importante sobre los costos de operación. Los criterios comúnmente empleados en la selección de los sistemas de control en sistemas de aire acondicionado son la confiabilidad y la facilidad de operación. Muchas veces esto significa sacrificar el rendimiento en favor de planes de contingencia que conllevan a una operación ineficiente de los sistemas.</p> <p>Seleccionar la estrategia de control que sea realmente efectiva consiste en: Evitar la operación excesiva a cargas parciales. Asegurarse que a cargas parciales, los compresores son secuenciados de forma tal que solo un compresor opera a carga parcial.</p>
Operación de controles de presión	Muchos de los sistemas de aire acondicionado de mayor tamaño son controlados por la presión en la línea de succión.	Frecuentemente se observa que valores tan bajos de temperatura/presión solo son necesarios durante breves períodos de tiempo. De allí que,

succión		ajustando las presiones de succión a los requerimientos de proceso se pueden conseguir excelentes ahorros.
Uso de válvulas de contrapresión en la línea de succión		Es importante que el sensor o bulbo haga un buen contacto térmico con la tubería.

3.5.1 OTRAS FALLAS FRECUENTES

3.5.1.1 COMPRESORES:

FALLAS MECÁNICAS:

- Descompresión (originado por desgaste de piezas)
- Rotura de piezas
- Bloqueo (adherencia de piezas por juego y desbalanceo)

FALLAS ELECTRICAS:

- Bobina a tierra (se pierde el aislamiento y la corriente pasa a la carcasa del compresor)
- Daños en el devanado:
 - A. Si es trifásico, cuando pierde una línea de corriente se dice que queda en dos fases.
 - B. Por una variación repentina de voltaje.

3.5.1.2 VALVULAS DE EXPANSION:

Las siguientes fallas traen como consecuencia la perdida en las funciones de la válvula de expansión, todo esto repercute en el desequilibrio del sistema cuyo mayor afectado es el compresor.

- Obstrucción (presencia de sedimentos sólidos en el sistema)
- Fuga de refrigerante en el bulbo (el tubo capilar que conecta la válvula con el bulbo el cual contiene refrigerante pierde su estanqueidad)
- Daño en el resorte (el resorte que regula la apertura y cierre del vástago de la válvula)

3.5.1.3 UNIDADES MANEJADORAS DE AIRE:

FALLAS ELECTRICAS:

- Daño del motor del blower por bobina (si se para y el compresor sigue bombeando se produce congelamiento)

FALLAS MECANICAS:

- Desbalanceo o rotura de blower
- Fuga en el evaporador de refrigerante
- Problemas de bujes en el motor del ventilador
- Filtro de aire sucio (produce congelamiento)
- Evaporador sucio con celdas tapadas (produce congelamiento)
- Falla de correas y poleas en transmisión de motor del ventilador

3.5.1.4 MOTORES ELECTRICOS

Las estadísticas indican que las causas de las fallas en los motores eléctricos están clasificadas en:

Sobrecarga 30%

Pérdida de una fase 14%

Contaminantes 19%

Fallas en las balineras 13%

Envejecimiento 10%

Fallas en el rotor 5%

Otras causas 9%

De las estadísticas anteriores se desprende que prácticamente el 44% de los problemas de fallas en los motores, se debe principalmente al sobrecalentamiento.

Los motores eléctricos utilizados en las residencias, comercio e industria ligera son:

- Compresores para equipo de aire acondicionado
- Equipo de refrigeración
- Bombas

Contra las condiciones del servicio eléctrico que puedan afectar una reducción en la vida útil de dichos equipos o que fallen en forma prematura. Con la adopción de un sistema adecuado de protección se puede ahorrar tiempo y dinero en costosas reparaciones.

- **CONDICIONES ADVERSAS QUE PUEDEN AFECTAR A LOS MOTORES**

El suministro de la electricidad no es infalible, como todo sistema está sujeto a fluctuaciones o condiciones anormales que podrían afectar los motores eléctricos. Por tal razón, es recomendable que se requiera asesoría profesional, en la selección de la protección más adecuada y económica para sus motores. Hay dispositivos que permitirán que sus motores se desconecten automáticamente del

sistema, en el momento que presenten condiciones anormales en el suministro de energía eléctrica que puedan dañar sus motores.

Es posible caer en la tentación de ser demasiado precavido y gastar demasiado dinero inútilmente en dispositivos de protección innecesarios, así como ser demasiado conservador y permitir que sus motores se dañen por no haber instalado ninguna protección.

CONDICIONES ADVERSAS	EFFECTOS	PROTECCION
Bajo voltaje	Esta condición puede causar que el motor trabaje forzado o se detenga y cause sobrecalentamiento	El rele de bajo voltaje desconecta el motor de la fuente de energía
Desbalanceo del nivel de tensión	Esto ocasiona que la temperatura se incremente en el embobinado del motor lo que causa una disminución de la vida útil.	Un rele de desbalance trifásico de secuencia negativa para desconectar la fuente
Inversión de la fase	Esta condición origina que los motores roten en la dirección opuesta, lo cual puede ocasionar lesiones al personal de operación	Rele de protección de inversión de fase
Sobrecorriente	Corriente excesiva en el circuito produce sobrecalentamiento	Rele de sobrecorriente para dar una alarma o desconectar el motor
Sobrecarga	Ocurre cuando el motor no tiene la capacidad para mover la carga conectada	Rele de sobre carga (Staling) para desconectar el motor de la fuente

3.6 PROGRAMA DE FICHA TECNICA Y HOJA DE VIDA DE LOS EQUIPOS

Para el buen desarrollo de un plan de mantenimiento, es altamente aconsejable comenzar por localizar el manual de uso y mantenimiento original, y si no fuera posible, contactar con el fabricante por si dispone de alguno similar, aunque no sea del modelo exacto.

Se debe establecer un manual mínimo de buen uso para los operarios, que incluya la limpieza del equipo y el espacio cercano.

Adicional a esto es importante comenzar de inmediato la creación de un historial de averías e incidencias. A través de la creación de PROGRAMA EN EXCEL en los cuales se almacene datos concernientes al equipo.

Este programa será utilizado para proporcionar información detallada del equipo en cuanto a nombre del equipo, código, ubicación, espacio a refrigerar, equipo que relaciona, fecha de instalación y parámetros de funcionamientos normales necesaria para conocer el comportamiento y las actividades que debe desarrollar el departamento de mantenimiento con el fin de llevar un seguimiento que permita ejercer control en cada componente.

Este programa fue creado en Excel y es de fácil manejo. Todo empieza por abrir el archivo llamado Ficha Técnica, el cual se inicia de una base de datos de los equipos existentes en la UTB, que se encuentra en la hoja DATOS, en esa misma hoja usted puede ingresar los registros de un nuevo equipo cuando lo adquiera.

INFORMACION PARA LA FICHA TECNICA						
UBICACION	NOMBRE	CODIGO	AREA	SERIAL	FECHA DE INSTALACION	EQUIPO RELACIONADO
Administración	FAN COIL WC	UEE-WC-60-EA-000-01-000	EDIFICIO ADMINISTRACION		07/07/2010	CHILLER ELECTRICO WC CLIMATEC UEE-WC-60-EA-000-01-000
Adquisi./Comedor Pro./Comp. Para Aprender	CHILLER ELECTRICO WC CLIMATEC	UEE-WC-60-EA-000-01-000	EDIFICIO ALCATRAZ	4296021294-429602193		FAN COIL WC CLIMATEC
Adquisición	FAN COIL WC CLIMATEC	UEE-WC-60-EA-000-01-000	EDIFICIO ALCATRAZ			CHILLER ELECTRICO WC CLIMATEC UEE-WC-60-EA-000-01-000
Almuerzo	BIENESTAR	UEE-WC-60-EA-000-01-000	BIENESTAR			BIENESTAR
Almuerzo	CONDENSADORA Comfort Star	UCA-00-10-EA-000-01-000	EDIFICIO ALCATRAZ			UNIDAD TERMINAL SPLIT Comfort Star UNIDAD TERMINAL SPLIT Comfort Star
Almuerzo	UNIDAD TERMINAL SPLIT Comfort Star	UCA-00-10-EA-000-01-000	EDIFICIO ALCATRAZ	3195		CONDENSADORA Comfort Star UCA-00-10-EA-000-01-000
Archivos	AIRE VENTANA LG	AF-00-24-40-000-00-000	EDIFICIO ADMINISTRACION			AIRE VENTANA LG
Archivos	AIRE VENTANA Local	AF-00-10-BU-007-01-000	BIENESTAR			AIRE VENTANA Local
Archivos	AIRE VENTANA LG	AF-00-10-BU-007-01-000	UNIVERSITARIO			AIRE VENTANA Local
Archivos	AIRE VENTANA LG	AF-00-10-BU-007-01-000	EDIFICIO ADMINISTRACION			AIRE VENTANA Local
Aula A2-201	FAN COIL WC TECAM	FCD-WC-45-A2-200-02-024	EDIFICIO A2			CHILLER DE ABSORCIÓN UEA-WC-100-A2-200-02
Aula A2-202	FAN COIL WC TECAM	FCD-WC-45-A2-202-02-024	EDIFICIO A2			CHILLER DE ABSORCIÓN UEA-WC-100-A2-200-02
Aula A2-203	FAN COIL WC TECAM	FCD-WC-45-A2-203-02-024	EDIFICIO A2			CHILLER DE ABSORCIÓN UEA-WC-100-A2-200-02
Aula A2-204	FAN COIL WC TECAM	FCD-WC-45-A2-204-02-024	EDIFICIO A2			CHILLER DE ABSORCIÓN UEA-WC-100-A2-200-02
Aula A2-205	FAN COIL WC TECAM	FCD-WC-45-A2-205-02-024	EDIFICIO A2			CHILLER DE ABSORCIÓN UEA-WC-100-A2-200-02
Aula A2-206	FAN COIL WC TECAM	FCD-WC-45-A2-206-02-024	EDIFICIO A2			CHILLER DE ABSORCIÓN UEA-WC-100-A2-200-02
Aula A2-207	FAN COIL WC TECAM	FCD-WC-45-A2-207-02-024	EDIFICIO A2			CHILLER DE ABSORCIÓN UEA-WC-100-A2-200-02
Aula A2-208	FAN COIL WC TECAM	FCD-WC-45-A2-208-02-024	EDIFICIO A2			CHILLER DE ABSORCIÓN UEA-WC-100-A2-200-02
Aula A2-209	FAN COIL WC TECAM	FCD-WC-45-A2-209-02-024	EDIFICIO A2			CHILLER DE ABSORCIÓN UEA-WC-100-A2-200-02
Aula A2-210	FAN COIL WC TECAM	FCD-WC-45-A2-210-02-024	EDIFICIO A2			CHILLER DE ABSORCIÓN UEA-WC-100-A2-200-02
Aula A2-211	FAN COIL WC TECAM	FCD-WC-45-A2-211-02-024	EDIFICIO A2			CHILLER DE ABSORCIÓN UEA-WC-100-A2-200-02
Aula A2-212	FAN COIL WC TECAM	FCD-WC-45-A2-212-02-024	EDIFICIO A2			CHILLER DE ABSORCIÓN UEA-WC-100-A2-200-02
Aula A2-213	FAN COIL WC TECAM	FCD-WC-45-A2-213-02-024	EDIFICIO A2			CHILLER DE ABSORCIÓN UEA-WC-100-A2-200-02
Aula A2-214	FAN COIL WC TECAM	FCD-WC-45-A2-214-02-024	EDIFICIO A2			CHILLER DE ABSORCIÓN UEA-WC-100-A2-200-02
Aula A2-215	FAN COIL WC TECAM	FCD-WC-45-A2-215-02-024	EDIFICIO A2			CHILLER DE ABSORCIÓN UEA-WC-100-A2-200-02
Aula A2-216	FAN COIL WC TECAM	FCD-WC-45-A2-216-02-024	EDIFICIO A2			CHILLER DE ABSORCIÓN UEA-WC-100-A2-200-02
Aula A2-217	FAN COIL WC TECAM	FCD-WC-45-A2-217-02-024	EDIFICIO A2			CHILLER DE ABSORCIÓN UEA-WC-100-A2-200-02
Aula A2-218	FAN COIL WC TECAM	FCD-WC-45-A2-218-02-024	EDIFICIO A2			CHILLER DE ABSORCIÓN UEA-WC-100-A2-200-02
Aula A2-219	FAN COIL WC TECAM	FCD-WC-45-A2-219-02-024	EDIFICIO A2			CHILLER DE ABSORCIÓN UEA-WC-100-A2-200-02
Aula A2-220	FAN COIL WC TECAM	FCD-WC-45-A2-220-02-024	EDIFICIO A2			CHILLER DE ABSORCIÓN UEA-WC-100-A2-200-02

FICHA TECNICA

Universidad Tecnológica de Bolívar
CARTAGENA DE INDIAS

UBICACIÓN: Adquisi./Comedor Pro./Comp. Para Aprender

MODELO: EAA-60-H13 **CODIGO EQUIPO:** UEE-WC-60-EA-000-01-000

TIPO: Sistema de agua fría **NUMERO DE INVENTARIO:** 0

AREA: EDIFICIO ALCATRAZ **EQUIPO:** CHILLER ELECTRICO WC

SERIAL: 4296021294 - 429602193 **TON DE REFRIGERACION:** 5.0

FECHA DE INSTALACION: 0 **EQUIPO RELACIONADO:** FAN COIL WC CLIMATEC

ESPACIO A REFRIGERAR: Adquisi./Comedor Pro./Comp. Para Aprender

PARAMETROS NORMALES DE FUNCIONAMIENTO

Chiller Modelo: EAA 050 H13, Marca: Climattec, Serial: 4661010301, Compresor No1, Voltios: 220, Fases: 3, Amp. Marcha No1: 25.8, Motor Ventilador: 1/2 HP, Amp: 3.5, Rpm: 1015, Refrigerante: R22, Presión de Probes (Psig): Alta: 350, Baja: 150, TR: 5

Figura 4. Ficha técnica de los equipos

Luego aparece una lista desplegable llamada UBICACIÓN en donde se selecciona la búsqueda del equipo por ubicación y muestra los datos correspondientes de dicho equipo.

FICHA TECNICA

Universidad Tecnológica de Bolívar
CARTAGENA DE INDIAS

UBICACIÓN: Adquisi./Comedor Pro./Comp. Para Aprender

MODELO: EAA-60-H13

TIPO: Sistema de agua fría

AREA: EDIFICIO ALCATRAZ **EQUIPO:** CHILLER ELECTRICO WC

SERIAL: 4296021294 - 429602193 **TON DE REFRIGERACION:** 5.0

FECHA DE INSTALACION: 0 **EQUIPO RELACIONADO:** FAN COIL WC CLIMATEC

ESPACIO A REFRIGERAR: Adquisi./Comedor Pro./Comp. Para Aprender

PARAMETROS NORMALES DE FUNCIONAMIENTO

Chiller Modelo: EAA 050 H13, Marca: Climattec, Serial: 4661010301, Compresor No1, Voltios: 220, Fases: 3, Amp. Marcha No1: 25.8, Motor Ventilador: 1/2 HP, Amp: 3.5, Rpm: 1015, Refrigerante: R22, Presión de Probes (Psig): Alta: 350, Baja: 150, TR: 5

3.7 FORMATO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS

Para el formato de Inspecciones diarias se logra que el operador tenga una herramienta para mejorar y facilitar las actividades de mantenimiento programadas, con el se crea una rutina, bien sea diarias, mensuales, trimestrales, semestrales o anuales de cómo se debe aplicar el preventivo a cada equipo.

En un vínculo nos muestra: el responsable del mantenimiento, fecha de última y la actual revisión, el equipo con su código, el area de ubicación y por ultimo hay un espacio para algunas anotaciones o recomendaciones, si queda pendiente algún repuesto o si no se hizo cierta acción.

 Universidad Tecnológica de Bolívar <small>CARTAGENA DE INDIAS</small>	MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO AULAS A2																												ANOTACIONES			
	LISTADO INSPECCION PLANTA BAJA														LABORATORIO RESISTENCIA MATERIALES																	
	FECHA DE EMISION:							FECHA ULTIMA REVISION:							REVISION No:							RESPONSABLE:										
	1a. SEMANA							2a. SEMANA							3a. SEMANA							4a. SEMANA										
	LUNES	MARTES	MIERCOLE	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLE	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLE	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLE	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO				
<u>Cierre con un circulo la X una vez efectuada la inspección</u>																																
CONDENSADORA CLIMATEC (UCA-DX-48-BT-MUL-01-006)																																
Revisión, limpieza y ajustes de partes eléctricas	X						X							X												X						
Limpieza del serpentín condensador	X						X							X												X						
Inspección del filtro secador	X						X							X												X						
Revisar fuga del refrigerante	X						X							X												X						
Revisar Amperaje y Voltajes	X						X							X												X						
MANEJADORA CLIMATEC (UMA-DX-48-BT-000-01-001)																																
Revisión, limpieza y ajustes de partes eléctricas	X						X							X												X						
Mantenimiento del blower	X						X							X												X						
Limpieza del Serpentín evaporador	X						X							X												X						
Revisar presión del sistema	X						X							X												X						

	MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO AULAS A2 2007												ANOTACIONES	
	LISTADO INSPECCION PLANTA BAJA						LABORATORIO RESISTENCIA MATERIALES							
	FECHA DE EMISION:			FECHA ULTIMA REVISION:			REVISION No:		RESPONSABLE:					
	DIA: ____ MES: ____ AÑO: ____			1er. TRIMESTRE			2do. TRIMESTRE			3er. TRIMESTRE				4to. TRIMESTRE
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMB	OCTUBRE	NOBIEMBR	DICIEMBRE		
CONDENSADORA CLIMATEC (UCA-DX-48-BT-MUL-01-006)														
Revisión, limpieza y ajustes de partes eléctricas	X		X		X		X		X		X			
Limpieza del serpentín condensador	X		X		X		X		X		X			
Inspección del filtro secador	X		X		X		X		X		X			
Revisar fuga del refrigerante	X		X		X		X		X		X			
Revisar Amperaje y Voltajes	X		X		X		X		X		X			
MANEJADORA CLIMATEC (UMA-DX-48-BT-000-01-001)														
Revisión, limpieza y ajustes de partes eléctricas	X		X		X		X		X		X			
Mantenimiento del blower	X		X		X		X		X		X			
Limpieza del Serpentín evaporador	X		X		X		X		X		X			
Revisar presión del sistema	X		X		X		X		X		X			

Figura 5. Actividades de mantenimiento

3.8 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO EN LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA

3.8.1 EQUIPO: FAN COIL

TIPO DE SISTEMA: Expansión directa

MATERIALES: Aceite SAE 10, anticorrosivo, cinta aislante, lija

HERRAMIENTAS: Termómetro, voltiamperímetro, destornillador, brocha, aceitera manual, extensión eléctrica, cepillo.

NUMERO DE OPERARIOS: 2 operarios

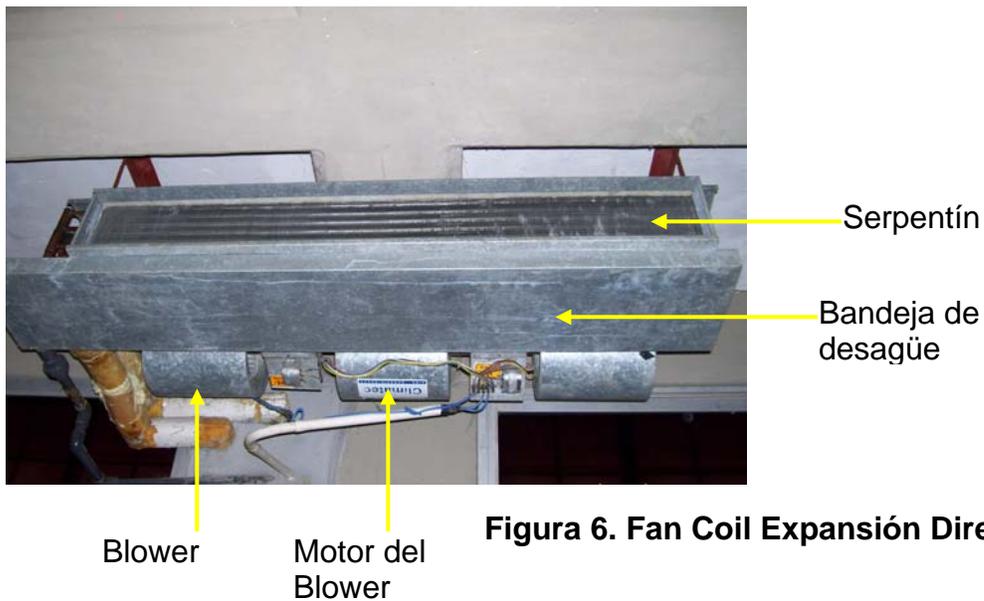


Figura 6. Fan Coil Expansión Directa (DX)

PROCEDIMIENTO:

- A. Revisar el funcionamiento del equipo
 - Detectar ruidos/vibraciones anormales en el Blower
 - Verificar visualmente el funcionamiento del motor

- Medir temperatura de suministro del Fan Coil
- Medir temperatura de retorno
- Tomar medida de amperaje y voltaje de los motores
- Detectar filtraciones

B. Mantenimiento del Fan Coil

- Apagar equipo
- Despejar área cercana
- Revisión, limpieza y ajuste de partes eléctricas
- Destapar cajas eléctricas y motores
- Retirar el polvo
- Aplicar limpia contactos
- Lijar conexiones sulfatadas
- Ajustar conexiones eléctricas/borneras
- Tapar cajas eléctricas
- Lubricar bujes y/o chumaceras del motor
- Aplicar aceite
- Limpiar excesos de aceite

C. Mantenimiento del blower

- Desconectar eléctricamente los blowers
- Aplicar agua a presión a las aletas de los blowers
- Limpiar aletas con cepillo

PRECAUCION: Motores abiertos no les debe caer agua

D. Limpieza del Serpentín evaporador

- Desmonte y limpie la bandeja del condensado
- Aplicar agua a presión en contra flujo del aire y Limpiar con cepillo la parte externa del serpentín
- Aplicar agua nuevamente para una mayor limpieza
- Si hay incrustación severa desmonte Fan Coil

- E. Limpieza de drenaje
- F. Gabinete y alrededores del Fan Coil deben quedar limpios y secos
Montar bandeja de condensado

3.8.2 EQUIPO: AIRE VENTANA

TIPO DE SISTEMA: Expansión Directa

MATERIALES: Aceite SAE 10, tornillos, lijas, cinta aislante, anticorrosivo.

HERRAMIENTAS: Termómetros, voltímetros, destornillador, brocha, aceitera manual.

NUMERO DE OPERARIOS: 2

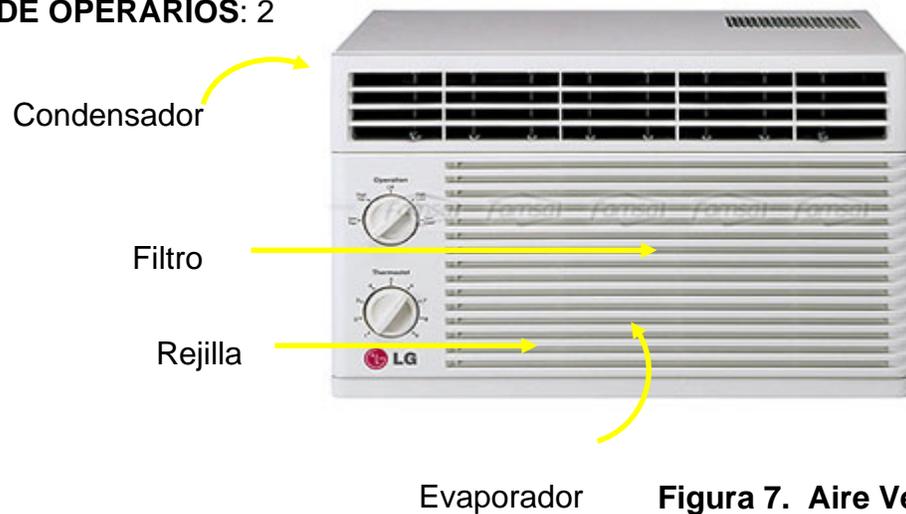


Figura 7. Aire Ventana

PROCEDIMIENTO:

- A. Revisar funcionamiento del equipo
 - Detectar ruidos/vibraciones anormales
 - Verificar visualmente el funcionamiento del motor y compresor
 - Tomar medida de amperaje y voltaje de los motores
 - Medir temperatura de suministro
 - Verificar el estado del filtro
 - Detectar filtraciones

- B. Desmontar el equipo
 - Desconectar el equipo eléctricamente
 - Despejar el área cercana
 - Verificar que la bandeja este libre de agua
 - Bajar equipo de su puesto
- C. Revisión limpieza y ajuste de piezas eléctricas
 - Destapar cajas eléctricas y motores
 - Retirar polvo y lijar conexiones sulfatadas
 - Ajustar conexiones eléctricas y borneras
 - Tapar cajas eléctricas
- D. Lubricar bujes del motor
 - Aplicar lubricante SAE 10
 - Limpiar excesos de aceite
 - Limpieza del serpentín evaporador
 - Aplicar agua a presión en contra flujo del aire a través del serpentín de evaporación barriendo de lado a lado todo el serpentín y avanzando de arriba hacia abajo.
 - Limpiar la parte externa del serpentín con cepillo para sacar incrustaciones.
 - Aplicar nuevamente agua a contraflujo en la otra cara del serpentín, para una mejor limpieza.
- E. Limpieza del blower y la hélice del condensador
 - Aplicar agua a presión y limpiar con esponja
 - Corrección de pequeños focos de corrosión
 - Lijar, limpiar y aplicar anticorrosivo a la parte afectada

3.8.3 EQUIPOS PARA SISTEMA CHILLER

3.8.3.1 EQUIPO: MANEJADORA DE AIRE (Enfriado por agua helada)

MATERIALES: Aceite SAE 10, tornillos, lijas, cinta aislante, anticorrosivo.

HERRAMIENTAS: Termómetros, voltímetros, destornillador, brocha, aceitera manual.

NUMERO DE OPERARIOS: 2

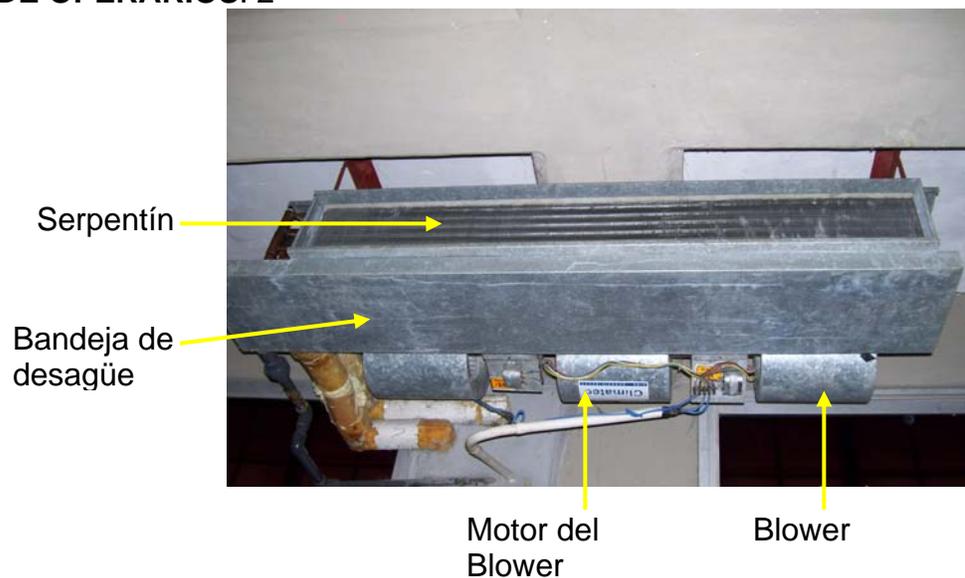


Figura 8. Fan coil de Agua Fría (WC)

PROCEDIMIENTO:

A. Revisar funcionamiento del equipo.

- Detectar ruidos / vibraciones anormales
- Verificar funcionamiento del motor
- Medir diferencial de temperatura en el evaporador
- Medir temperatura de retorno en la manejadora
- Tomar medida de amperaje y voltaje de los motores
- Detectar condensaciones externas, filtraciones anómalas en el equipo

B. Mantenimiento Manejadora de Aire

- Apagar el equipo
- Despejar el área cercana
- Quitar tapa
- Verificar que la bandeja de condensado este libre de agua
- Retirar filtro de polvo

C. Revisión limpieza y ajuste de partes eléctricas

- Destapar cajas eléctricas y motores
- Retirar polvo
- Aplicar limpia contactos
- Lijar conexiones sulfatadas
- Ajustar conexiones eléctricas/borneras
- Tapar cajas eléctricas

D. Lubricar bujes de motor

- Aplicar lubricante SAE 10
- Limpiar excesos de aceite
- Colocar tapa a motores

E. Mantenimiento del blower

- Desmante del blower
- Desconectar eléctricamente el motor del blower
- Destornillar caracol y desmontarlo
- Limpieza del blower
- Tapar cajas y registros con plástico
- Aplicar agua a presión en las aletas del blower
- Limpiar aletas con cepillo pequeño.

F. Limpieza del serpentín de la manejadora

- Tapar cajas, registros y motores eléctricos con plástico

- Aplicar agua a presión en contraflujo del aire a través del serpentín, barriendo de lado a lado todo el serpentín y avanzando de arriba hacia abajo.
 - Limpiar con cepillo suave
 - Para una mejor limpieza aplicar agua a contraflujo nuevamente
- G. Limpieza del filtro de polvo: limpiar con cepillo y luego aplicar agua a presión por ambos lados
- H. Limpieza del drenaje: verificar y despejar el drenaje por medio de agua a presión
- I. Corrección de pequeños focos de corrosión: lijar y aplicar anticorrosivo a la parte afectada.

3.8.3.2 EQUIPO: UNIDAD ENFRIADORA DE LIQUIDO (Compresores, evaporador y condensador)

MATERIALES: Aceite SAE 10, tornillos, lijas, cinta aislante, anticorrosivo.

HERRAMIENTAS: Termómetros, voltímetros, destornillador, brocha, aceitera manual.

NUMERO DE OPERARIOS: 2

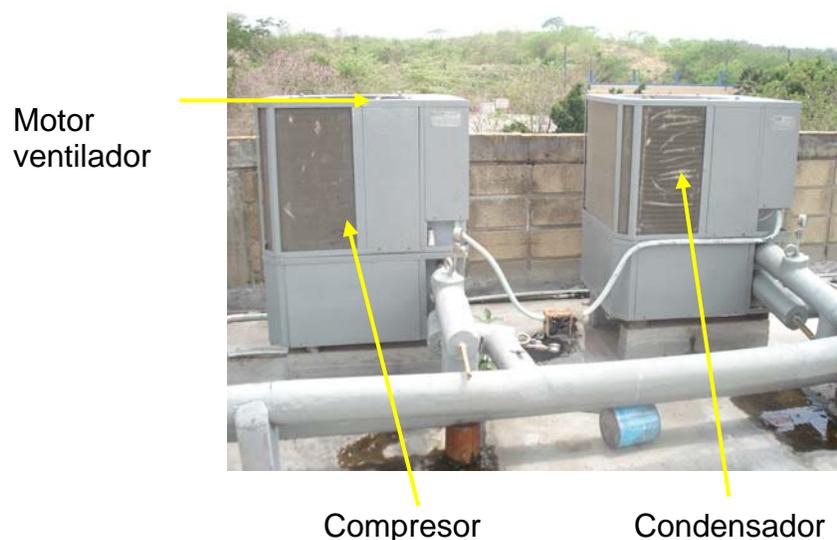


Figura 9. Unidades Condensadoras

PROCEDIMIENTO:

- A. Revisar funcionamiento del equipo
 - Revisar estado general de las conexiones eléctricas
 - Verificar nivel de aceite de los compresores
 - Tomar medida de amperaje de los motores
 - Revisar parámetros de refrigeración en cada uno de los compresores, presión alta, baja presión de aceite, diferencial de temperaturas
- B. Mantenimiento de evaporador y condensador (Intercambiadores carcasa-tubos)
 - Verificar estado del agua y darle tratamiento si amerita
 - Después de un año de trabajo debe hacerse una limpieza de los tubos y establecer un sistema de tratamiento de agua y frecuencia de limpieza acorde con las condiciones de trabajo y la calidad del agua.
- C. Mantenimiento de compresor
 - Verificar conexiones eléctricas, estado y ajuste de borneras
 - Efectuar limpieza general de tableros y controles eléctricos
 - Verificar fugas de refrigerante
 - Limpieza de contactos de arrancadores y bornes de conexiones
 - Revisar el estado del aceite de los compresores, cambiarlo si ha ocurrido cualquier cambio de color o PH
 - Si se hace cambio de aceite se deben cambiar los filtros secadores
- D. Mantenimiento de bombas centrífugas
 - Verifique el trabajo suave y sin ruidos, ni vibraciones extrañas
 - Verifique hermeticidad de los sellos mecánicos. No debe haber goteo
 - Verificar conexiones eléctricas y ajuste de los rele térmicos
 - Verificar pernos de anclajes y fijación

3.8.4 EQUIPOS DE EXPANSION DIRECTA

3.8.4.1 EQUIPO TIPO: SPLIT

MATERIALES: Aceite SAE 10, tornillos, lija, cinta aislante, anticorrosivo y plástico.

NUMERO DE OPERARIOS: 2

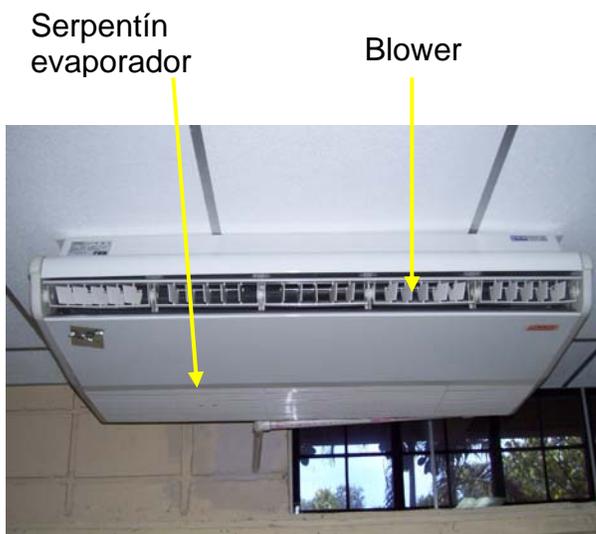


Figura 10. Fan coil piso techo (DX)

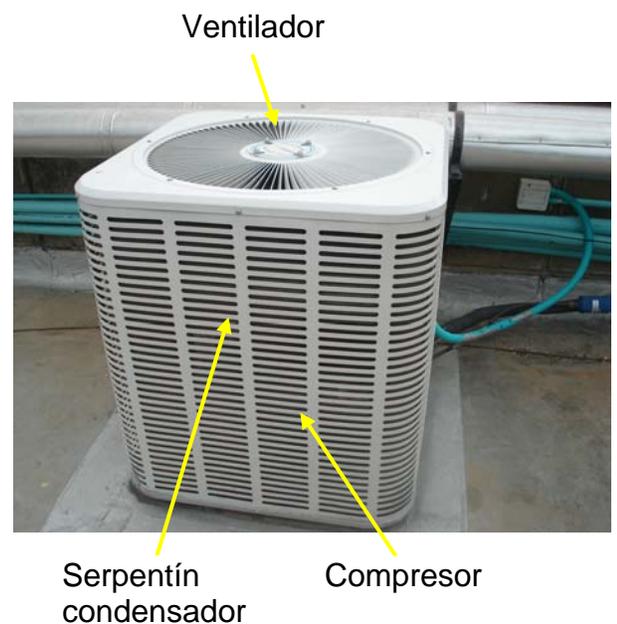


Figura 11. Unidad Condensadora (DX)

PROCEDIMIENTO:

- A. Revisar funcionamiento del equipo
 - Detectar ruidos / vibraciones anormales
 - Verificar visualmente funcionamiento de motor (es) y compresor (es)
 - Medir temperatura de suministro en la manejadora
 - Medir temperatura de retorno en la manejadora
 - Revisar parámetros eléctricos en el compresor y motores (voltaje/amperaje)

- Verificar que no haya calentamiento en los cables
 - Verificar que no haya ruidos en los contactores: pueden estar sulfatados los platinos
 - Detectar condensaciones externas, filtraciones anómalas del equipo
- B. Mantenimiento de la manejadora
- Apagar el equipo
 - Despejar el área cercana al equipo
 - Quitar tapa
 - Verificar que la bandeja de condensado este libre de agua
 - Retirar filtro de polvo
 - Revisión, limpieza y ajuste de partes eléctricas
- C. Destapar cajas eléctricas y motores
- Aplicar limpia contactos y desplazadores de humedad a los accesorios
 - Lijar conexiones sulfatadas
 - Tapar cajas eléctricas
- D. Lubricar bujes y/o chumaceras de motor (es)
- Aplicar lubricante SAE 10
 - Limpiar excesos de aceite
 - Colocar tapa a motores
- E. Mantenimiento del blower
- Desmonte del blower
 - Desatornille el caracol y desmóntelo con mucho cuidado
 - Limpieza del blower
 - Tapar cajas, registros y motores eléctricos con plásticos
 - Aplicar agua a presión en las aletas del blower
 - Limpiar aletas con cepillo pequeño de cerdas plásticas
 - Reinstalar blower

F. Limpieza del serpentín evaporador

- Tapar cajas, registros y motores eléctricos con plásticos
- Aplicar agua a presión en contra flujo del aire a través del serpentín de evaporación, barriendo de lado a lado el serpentín y avanzando de arriba hacia abajo.
- Limpiar con cepillo, en forma longitudinal la parte externa del serpentín.
Para sacar incrustaciones
- Limpieza del filtro de polvo: limpiar con cepillo y luego aplicar agua a presión por ambos lados
- Limpieza del drenaje: verificar y despejar el drenaje por medio de agua a presión
- Limpieza de cuarto de manejadora
- Corrección de pequeños focos de corrosión: lijar, limpiar y aplicar anticorrosivo a la parte afectada
- Ajuste general y cierre del equipo.

G. Mantenimiento de unidad condensadora

- Apertura de condensadora
- Revisión, limpieza y ajuste de partes eléctricas
- Destapar cajas eléctricas
- Retirar polvo acumulado
- Lijar conexiones sulfatadas
- Tapar cajas eléctricas
- Limpieza del serpentín condensador
- Tapar cajas y accesorios eléctricos con plásticos
- Limpiar el serpentín del polvo acumulado
- Aplicar agua a presión a través del serpentín de condensación y avanzando de arriba hacia abajo
- Aplicar nuevamente agua a presión

- Verificar que quede limpio y seco
 - Limpieza de hélice
- H. Inspección del filtro secador
- Verificación del estado general del filtro
 - Verificar si después del filtro existe condensación en la tubería; de ser así cambie el filtro
- I. Limpieza de rejillas
- Retirar polvo acumulado con ayuda de una brocha
 - Con una esponja, limpie rejillas
 - Secar bien

3.8.4.2 EQUIPO TIPO: MINI SPLIT

MATERIALES: Aceite SAE 10, tornillos, lija, cinta aislante, anticorrosivo y plástico.

NUMERO DE OPERARIOS: 2



Figura 12. Unidad Terminal mini Split (DX)

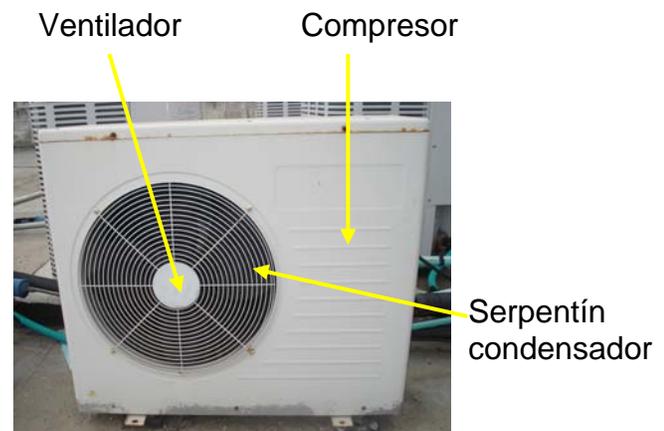


Figura 13. Unidad Condensadora (DX)

PROCEDIMIENTO:

- A. Revisar funcionamiento del equipo
 - Detectar ruidos
 - Verificar funcionamiento de motor y compresor
 - Medir temperatura de suministro
 - Detectar condensaciones externas, filtraciones anómalas del equipo
- B. Mantenimiento de Manejadora (frentera)
 - Apagar equipo
 - Despejar el área cercana del equipo
 - Destapar frentera
 - Verificar que la bandeja este libre de agua
 - Retirar filtros de polvo
- C. Revisión limpieza y ajuste de partes eléctricas
 - Retirar polvo
 - Aplicar limpia contactos
 - Ajustar conexiones eléctricas
- D. Limpieza del blower
 - Desmontar bandeja de condensado y lavarla
 - Limpiar aspas del blower
- E. Limpieza del serpentín evaporador
 - Dirigir aspiradora a través del serpentín de evaporación avanzando de arriba hacia abajo
 - Aplicar nuevamente aspiradora por la otra cara del serpentín
- F. Limpieza de filtros de polvo
 - Limpiar con cepillo y luego agua a presión
- G. Limpieza de drenaje
- H. Limpieza externa de la frentera
- I. Mantenimiento de Unidad Condensadora

- Despejar y limpiar área cercana
- Abrir condensadora
- Revisión partes eléctricas
- Destapar cajas eléctricas
- Retirar polvo acumulado
- Lijar conexiones sulfatadas
- Ajustar conexiones eléctricas
- Tapar cajas eléctricas

J. Limpieza del serpentín condensador

- Tapar cajas y accesorios eléctricos con plásticos
- Limpiar el serpentín del polvo acumulado
- Aplicar agua a presión a través del serpentín de condensación y avanzando de arriba hacia abajo
- Aplicar nuevamente agua a presión
- Verificar que quede limpio y seco
- Limpieza de hélice

3.9 FRECUENCIAS DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO¹⁴:

TABLA 17. Frecuencias de Mantenimiento de Unidades de Aire Acondicionado

ITEM	PARTES A INSPECCIONAR	FRECUENCIA
1	Compresor	
	Toma y registro de presiones de alta y baja	Mensual
	Línea de descarga	
	Línea de succión	
		
	Ajuste y limpieza de terminales eléctricos	Mensual
	Limpieza general externa de la unidad	Mensual
Verificación de fugas en general	Mensual	
Ataques de puntos de corrosión	Semestral	
2	Manejadora	
	Lavado de serpentín con presión de agua a 1250 psig	Mensual
	Ataque químico con desincrustante alcalino	Trimestral
	Aseo de cuarto o entorno de la unidad	Mensual
	Lavado de filtros de aire	Mensual
	Ajuste de tornillería y terminales eléctricos	Mensual

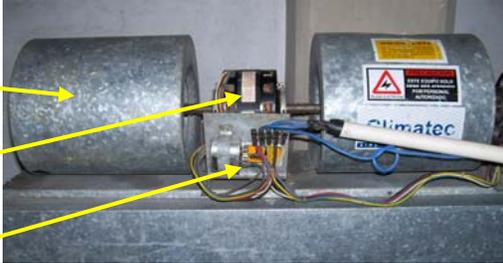
	Lavado y limpieza de rotores (blower)  Blower Motor Terminales Eléctricos	Bimensual
	Lubricación de rodamientos	Mensual
	Ataques de puntos de corrosión	Semestral
	Condensador	
	Lavado de serpentín con presión de agua a 1250 psig	Mensual
	Ataque químico con desincrustante alcalino	Trimestral
	Aseo de entorno de la unidad	Mensual
	Ajuste de tornillería y terminales eléctricos	Mensual
	Inspección de aislamientos en tubería de cobre	Mensual
3	Inspección de filtro secador	Mensual
	Ataques de puntos de corrosión	Semestral
	Tablero de control	
	Ajuste de terminales eléctricos	Mensual
	Limpieza general y de contactos	Mensual
4	Toma y registro de amperajes	Mensual
	Revisión de contactores y bobinas	Bimensual
	Revisión y prueba de control de alta y baja	Bimensual
	Revisión y prueba de control de temperatura	Bimensual
	Ductería	
5	Limpieza de rejillas	Semestral
	Inspección de aislamientos	Semestral
	Inspección de fugas de aire	Semestral

Tabla 18. Frecuencias de Mantenimiento para equipos Aire Ventana

MANTENIMIENTO PREVENTIVO A EQUIPOS DE A-A		
TIPO VENTANA		
ITEM	PARTE A INSPECCIONAR	FRECUENCIA
1	Compresor	
	Ajuste y limpieza de terminales eléctricos	Mensual
	Limpieza general externa de la unidad	Mensual
	Verificación de fugas en general	Mensual
	Ataques de puntos de corrosión	Semestral
2	Intercambiadores y sistema compacto	
	Lavado de serpentín con presión de agua	Bimensual
	Ataque químico con desincrustante alcalino	Bimensual
	Lavado de filtros de aire	Bimensual
	Ajuste de tornillería y terminales eléctricos	Bimensual
	Lubricación de rodamientos o bujes	Bimensual
	Ataques de puntos de corrosión	Semestral
3	Tarjeta electrónica	
	Limpieza de contactos	Mensual

¹⁴ ACONDICIONAR LTDA.

- **BOMBAS**

1. Limpiar dentro de la bomba periódicamente y revisar el desgaste en el impulsor
2. revisar rodamientos
3. revisar partes eléctricas
4. revisar las válvulas de no retorno y la presión en las válvulas by pass

- **COMPRESORES Y EVAPORADORES**

1. Revisión semanal

- Ubicación del termostato
- Niveles de aceite en compresores
- Retorno en el compresor
- Limpieza de blower en evaporador y condensador.
- Limpieza de serpentín evaporador
- temperatura en la succión
- partes externas limpieza

2. Revisión Semestral

- Revisión de fugas en el sistema
- Revisar rodamientos y correas de blower
- Revisar todas las terminales eléctricas
- Revisión de succión y descarga en el evaporador

4. RECOMENDACIONES DE AHORRO ENERGETICO ¹⁵

Apagar equipos cuando no se requieren, muchas veces se dejan lámparas prendidas en cuartos vacíos o durante el día, o motores operando sin carga, se deben evitar fugas y pérdidas por conducción y transmisión en ducterías.

Una mala tierra eléctrica, una tubería sin aislar que maneja fluidos calientes, un edificio sin aislar en un lugar con climas calidos extremos, una fuga de agua o aire comprimido son casos típicos de desperdicio de energía, se debe aprovechar el calor que actualmente se desecha. Existen muchos casos en que los gases calientes se tiran a la atmósfera y cuyo calor pudiera ser utilizado en el mismo proceso, se recomienda utilizar equipos con la capacidad adecuada a la carga demandada.

Un caso común es el de sistemas de bombeo de agua que tienen capacidad para mover más agua de la que realmente se requiere, se debe fraccionar circuitos eléctricos y de aire acondicionado. Es muy común encontrarse pisos enteros con un solo interruptor para la iluminación o con un solo termostato para el aire acondicionado. Se recomienda usar tecnología de alta eficiencia energética.

El avance tecnológico y la aplicación de normas obligatorias han dado lugar a que los equipos en el mercado consuman mucho menos energía que los equipos en operación, en este sentido, resaltan las siguientes tecnologías: Lámparas fluorescentes compactas.

Éstas consumen una cuarta parte que las incandescentes que dan el mismo nivel de iluminación (y duran diez veces más), en el caso de los motores, los actuales pueden ser hasta 7% más eficientes que los que entraban al mercado en 1994. Para el diseño de sistemas de aire acondicionado tenga en cuenta que una alta REE (relación de eficiencia energética) de los equipos no es garantía de un gran desempeño.

CÓMO ECONOMIZAR CON EL AIRE ACONDICIONADO?

1. Mantener la temperatura entre 22-25°C ya que por cada grado menos, puede esperar que el costo aumente entre un 7-10%. Es conveniente instalar un termostato programable que suba o baje las temperaturas para reducir el consumo energético al dormir o estar fuera de casa.
2. Comprar unidades con un elevado grado de eficiencia energética.
3. Comprar unidades de un tamaño apropiado a las dimensiones. Las unidades demasiado pequeñas no conseguirán mantener la temperatura deseada, mientras que las de mayor tamaño no filtrarán, ni circularán o quitarán la humedad del aire correctamente.
4. Revisar el sistema de conductos una vez al año para detectar fugas.
5. Las unidades de ventana pueden enfriar una oficina individual a un costo menor que las unidades centrales.
6. Usar ventiladores en los lugares frescos, ya que gastan muy poca energía y ayudan a circular el aire. Un ventilador puede hacer sentir de 4 a 8°C más frío que la temperatura ambiente real.
7. Instalar protectores o arbustos alrededor para limitar la exposición directa al sol.
8. Instalar material aislante en las puertas que comunican con el exterior o cualquier otra área sin aire acondicionado para evitar fugas o infiltraciones.
9. Apagar las luces cuando no sean necesarias. Tres cuartas partes de la electricidad que emplea una bombilla desprenden calor, no luz.

¹⁵ HVAC, CONTROL OPERATION AND MAINTENANCE, Sixth Edition.

CONCLUSIONES

La Universidad Tecnológica de Bolívar no poseía una base de datos estadísticos sobre los mantenimientos realizados a los equipos de aire acondicionado, sus modos de falla y la relación en la cual estos por un mal mantenimiento generan altos costos.

El plan de mantenimiento, se realizó bajo los parámetros de la eficiencia energética, modos de falla, tiempo medio entre fallas de los equipos y análisis de riesgos, esto permitirá utilizar de manera confiable los equipos de la Universidad ahorrando costos en tiempos muertos por reparación de los equipos.

La Universidad suma un sistema de control de activos y aumenta su confiabilidad al contar con una herramienta de gestión efectiva del mantenimiento, permitiendo que esta área tenga una verdadera estructura organizacional y realice control sobre los procesos de mantenimiento .

A partir de esta investigación, la Universidad podrá contar con un historial de mantenimiento de cada uno de sus equipos de aire acondicionado, lo que permitirá facilitar las labores de mantenimiento, tomar decisiones a largo plazo y, a partir de ahí analizar si es rentable seguir reparando o adquirir un nuevo equipo.

BIBLIOGRAFÍA

- COMPAÑÍA EDITORIAL CONTINENTAL S.A, Manual de Mantenimiento Industrial. 3 ED Barcelona, España : LC
- [http: // www.solomantenimiento.com](http://www.solomantenimiento.com)
- [5] ASHRAE Handbook. 2000 HVAC SYSTEMS AND EQUIPMENT, Atlanta, GA, USA: ASHRAE
- HANDBOOK ENERGY AUDITS, Chapter 12 & 13, Sixth Edition.
- CRITERIOS PARA LA INFORMACION DE LA GESTION DE MANTENIMIENTO. RM
- REVISTA DE MANTENIMIENTO Nº 1, Año 1990-ISS 0716-8616
- MEMORIAS DE MINOR DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL 2006, Universidad Tecnológica de Bolívar.
- REFERENCIAS:
Seminario de Mantenimiento Proactivo y análisis de aceite – James C, Fitch
Proactive maintenance can yield more than 10-fold savings over conventional Preventive / Predictive maintenance programs. James C. Fitch.
Lubricant Condition Monitoring: A Proactive, Reliability driven approach – Drew D. Troyer

ANEXOS

Fotos de Equipos



