

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

**“MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN DEL
EDIFICIO FINANSUR”**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO

Presentado por:

LIANA ROCÍO PEÑARANDA TOLOZA

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2005

AGRADECIMIENTO

A Dios nuestro creador, a mi esposo Enrique por su apoyo, a mi gran amigo Joseito por su incondicionalidad, a mi suegro por su gran ayuda y paciencia, al Ing. Manuel Helguero por su orientación y especialmente al Ing. Ignacio Wiesner por guiarme y motivarme a concluir este trabajo.

DEDICATORIA

A DON ARSENIO

A DOÑA MARINA

A ENRIQUE

A ALEJANDRA Y FABIANNA

A MECHITAS,

A LIGIA, LUISITO Y MARTIN

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Eduardo Rivadeneira P.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Ignacio Wiesner F.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Eduardo Orcés P.
VOCAL

Ing. Manuel Helguero G.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Liana Rocio Peñaranda Toloza

RESUMEN

El Edificio Finansur ubicado en la Av. 9 de Octubre 1911 y Los Ríos de esta ciudad, empezó a funcionar en el año 1986 como un centro importante de oficinas y negocios de prestigiosas compañías nacionales y extranjeras. Su sistema de climatización está compuesto por dos sistemas: (chiller-torre de enfriamiento-bomba de agua helada-bomba de agua para enfriamiento) ubicados en el piso 23 o terraza y 19 manejadoras de aire, una para cada piso de oficinas, esto es, del 6 al 22 y de P.B. y Mezzanine, pues del 1 al 5 son parqueaderos. Se lo diseñó de tal manera que con un solo sistema encendido se obtenía la temperatura confort de todo el edificio y el otro sistema quedaba como reemplazo en caso de emergencias por algún daño.

En 1997 empezaron a presentarse quejas de los dueños de las oficinas, debido al calor que se sentía en los diferentes pisos. La máquina estaba trabajando al 70% como máximo de capacidad. Inicialmente la Administración tomó la decisión de que en época de invierno debido a las altas temperaturas, se prendieran los dos sistemas pues trabajando éstos en paralelo, brindaban sin ningún problema la temperatura confort a todo el edificio; sin embargo, hace 2 años, se empezaron a encender los dos sistemas todo el tiempo, pues ya uno sólo no abastecía los requerimientos del Edificio.

Con estos antecedentes se analizaron las causas de la pérdida de eficiencia del sistema, como por ejemplo, que debido a la alta humedad del ambiente, la torre de enfriamiento presentaba corrosión atmosférica en sus paneles y tuberías; las toberas, debido a la dureza y a las impurezas del agua se tapaban o sus orificios de salida estaban tan grandes que ya no cumplían con la atomización del agua a su paso. Todo esto en conjunto impedía que la torre cumpliera con su objetivo de bajar la temperatura del agua de circulación del sistema.

El Objetivo de este trabajo es mejorar la eficiencia de los dos sistemas, para que cada uno pueda operar independientemente y no en paralelo, obteniendo con esto el mejoramiento del sistema de climatización del Edificio y su respectivo ahorro energético.

INDICE GENERAL

	Pag.
RESUMEN.....	II
INDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	V
INDICE DE FIGURAS.....	VI
INDICE DE TABLAS.....	VII
INDICE DE PLANOS.....	VIII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1	
1. DEFINICION DEL PROBLEMA	
1.1 Descripción del edificio	2
1.2 Descripción del sistema de climatización	5
1.3 Evaluación de componentes del sistema	10
1.4 incidencia de las condiciones del sistema en los costos de climatización.....	13
CAPITULO 2	
2. ALTERNATIVAS DE SOLUCION E IMPLANTACION	
2.1 Instalación de sistema de paquete.....	16

2.2 Reemplazo de torre de enfriamiento	18
2.3 Reconstrucción de las torres de enfriamiento y cambio de tipo atmosférico a tipo mecánico.....	22
2.4 Matriz de evaluación de alternativas, puesta en marcha y evaluación de funcionamiento.....	30

CAPITULO 3

3. EVALUACION DE LOS INDICES DE FUNCION DEL SISTEMA

3.1 Condiciones Antes	36
3.2 Condiciones Después.....	40

CAPITULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones.....	45
4.2 Recomendaciones.....	46

APENDICES

BIBLIOGRAFIA

ABREVIATURAS

BTU	British Thermal Unit
CFM	Cubic Feet Meter, (Metro Cúbico por Minuto)
°F	Grados Fahrenheit
gpm	Galones por minuto
Hr	Hora
HP	Horse Power (Caballo de Fuerza)
IVA	Impuesto al Valor Agregado
INOCAR	Instituto Oceanográfico de la Armada
In.	Inches
Kg	Kilogramo
Kw	Kilowatios
Hg.	Mercurio
m ²	Metro Cuadrado
m ³	Metro Cúbico
m	Metro
mm	Milímetro
Ph	Phases (Fases)
P.B.	Planta Baja
Psi	Pound square inch
"	Pulgadas
RPM	Revoluciones por Minuto
T	Temperatura
Tons	Toneladas
V	Voltios

INDICE DE FIGURAS

	Pág
Figura 1.1 Foto Edificio Finansur sobre Av. 9 de Octubre.....	3
Figura 1.2 Distribución Oficinas Piso 9 Edificio Finansur.....	4
Figura 1.3 Foto Chiller Marca Centravac Trane.....	6
Figura 1.4 Foto manejadora de aire UMCA.....	6
Figura 1.5 Dibujo Sistema Climatización en Terraza	8
Figura 1.6 Dibujo Sistema Distribución Aire Frío Edificio.....	9
Figura 1.7 Foto de Tuberías Oxidadas.....	11
Figura 1.8 Foto Barajas de Torre Oxidadas.....	11
Figura 1.9 Foto Paneles PVC en mal estado.....	12
Figura 2.1 Dibujo de un Sistema de Paquete.....	17
Figura 2.2 Foto de Ventilador Instalado en Parte Superior Torre.....	27
Figura 2.3 Foto de Construcción de Plenum para Ventiladores.....	33
Figura 2.4 Foto de Construcción de Plenum para Ventiladores.....	33
Figura 3.1 Foto de Control de Parámetros en Chiller.....	34
Figura 3.2 Foto de Torre Antes de Reconstruida.....	38
Figura 3.3 Foto de Barajas de Torre Reconstruida.....	42
Figura 3.4 Foto de Paneles de Fibra de Vidrio Tipo Zinc.....	44

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Matriz de Evaluación Alternativas Presentadas.....	31
Tabla 2 Cronograma de Reconstrucción de la Torre e Instalación Ventiladores.....	32
Tabla 3 Parámetros Normales de Funcionamiento del Catálogo del Fabricante.....	35
Tabla 4 Datos de Presiones y Porcentajes Chiller 2 Tomados Condición Antes.....	36
Tabla 5 Datos de Temperatura de Circuitos Agua Helada y Torres Condición Antes.....	37
Tabla 6 Datos de Consumo Registrados Condición Antes.....	39
Tabla 7 Datos de Presiones y Porcentajes Chiller 2 Tomados Condición Después.....	40
Tabla 8 Datos de Temperatura de Circuitos Agua Helada y Torres Condición Después.....	41
Tabla 9 Datos de Consumo Registrados Condición Después.....	43

INDICE DE PLANOS

- Plano 1** Vista General Torre de Enfriamiento Reconstruida
- Plano 2** Vistas Frontal y Posterior Torre de Enfriamiento
- Plano 3** Vista Lateral Derecha Torre de Enfriamiento
- Plano 4** Vista Lateral Izquierda Torre de Enfriamiento
- Plano 5** Vista Interior Torre de Enfriamiento

INTRODUCCIÓN

En mi condición de administrador del Edificio Finansur me tocó identificar el problema de mantener en funcionamiento al sistema de climatización.

El sistema en la situación de entonces prácticamente había colapsado por deficiencias de la administración y por ende en todo el mantenimiento periódico de los equipos me tocó realizar la evaluación de los equipos y tomar acciones correctivas en principio lo tome como tesis de grado “La factibilidad de diseño de construcción de torre de enfriamiento que reemplazará los existentes pero circunstancias propias de mis obligaciones me impidieron cumplir con este objetivo; aunque el trabajo fue realizado y se restituyeron las condiciones de diseño y con ganancias por que no solo se opero en condiciones de diseño sino que se mejoró el sistema por medio del ahorro de energía.

Este hecho de mi vida profesional ha sido un acicate para poner en papel lo que tuve que vivir como ingeniero e identificar que mi formación posee los elementos de información necesarios y suficientes para acometer este tipo de problema y resolverlos con la solvencia que se requiere.

CAPÍTULO 1

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del Edificio

El Edificio Finansur está ubicado en La Av. 9 de Octubre 1911 y Los Ríos de esta ciudad. Tiene 5 pisos de estacionamientos (del 1 al 5), 17 pisos de oficinas (del 6 al 22) , una terraza donde se encuentran las máquinas de aire acondicionado y ascensores (piso 23) y un helipuerto (piso 24). Este edificio funciona como un centro de negocios importante de la ciudad y en él se encuentran oficinas de varias compañías reconocidas a nivel nacional.

Nuestro trabajo en el área de Administración es el de controlar que todo en el Edificio funcione bien, supervisando toda el área de mantenimiento. Este va desde el control de personal hasta el buen funcionamiento de todas las máquinas de aire acondicionado, ascensores, sistemas de bombas, etc., sean éstos subcontratados o no.

CAPÍTULO 2

2. ALTERNATIVA DE SISTEMA TIPO PAQUETE

2.1 Instalación de sistema tipo de paquete

Consiste en instalar en cada piso un sistema de climatización denominado De Paquete. Esta alternativa va a permitir que la climatización en cada piso sea independiente y nunca se va a ver afectada por la falla de cualquier otro equipo en cualquiera de los pisos.

El Sistema de Paquete es un equipo de descarga indirecta, mediante red de conductos y emisión de aire a través de rejillas en pared o difusores en techo.

Generalmente se instala un equipo para todo el conjunto de un área.

El control es individual por equipo, y se realiza de acuerdo con las condiciones de confort de la habitación más representativa (por ejemplo, en una vivienda, la Sala de Estar).

CAPÍTULO 3

3. EVALUACIÓN DE LOS INDICES DE FUNCIÓN DEL SISTEMA

A continuación se detallan los parámetros de funcionamiento normales del chiller dados en el catálogo del fabricante, los cuales se miden en el tablero que aparece en la Figura 3.1:



Figura 3.1 Tablero Control Parámetros Chiller.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Después de haber realizado la rehabilitación de los equipos y de haberlos puesto en operación, las conclusiones a las que llegamos en relación a la climatización del Edificio y los costos demandados por el ahorro de energía conseguidos, son las siguientes:

- La decisión tomada en cuanto a los trabajos de reconstrucción de la torre fue la correcta.
- Los ahorros energéticos conseguidos son importantes y del orden del 45% con relación al consumo en la “Condición Antes”.
- También fue buena decisión hacerla con el personal de planta ya que ha servido como entrenamiento y se ha hecho conciencia de lo importante del mantenimiento.
- Eliminadas las fugas de agua se consiguió un nuevo ahorro en el recurso agua.



Figura 1.1. VISTA EDIFICIO FINANSUR SOBRE LA AV. 9 DE OCTUBRE

A continuación se presenta el plano del piso No.9 del Edificio. Cabe anotar que todos los pisos se encuentran distribuidos de la misma manera.

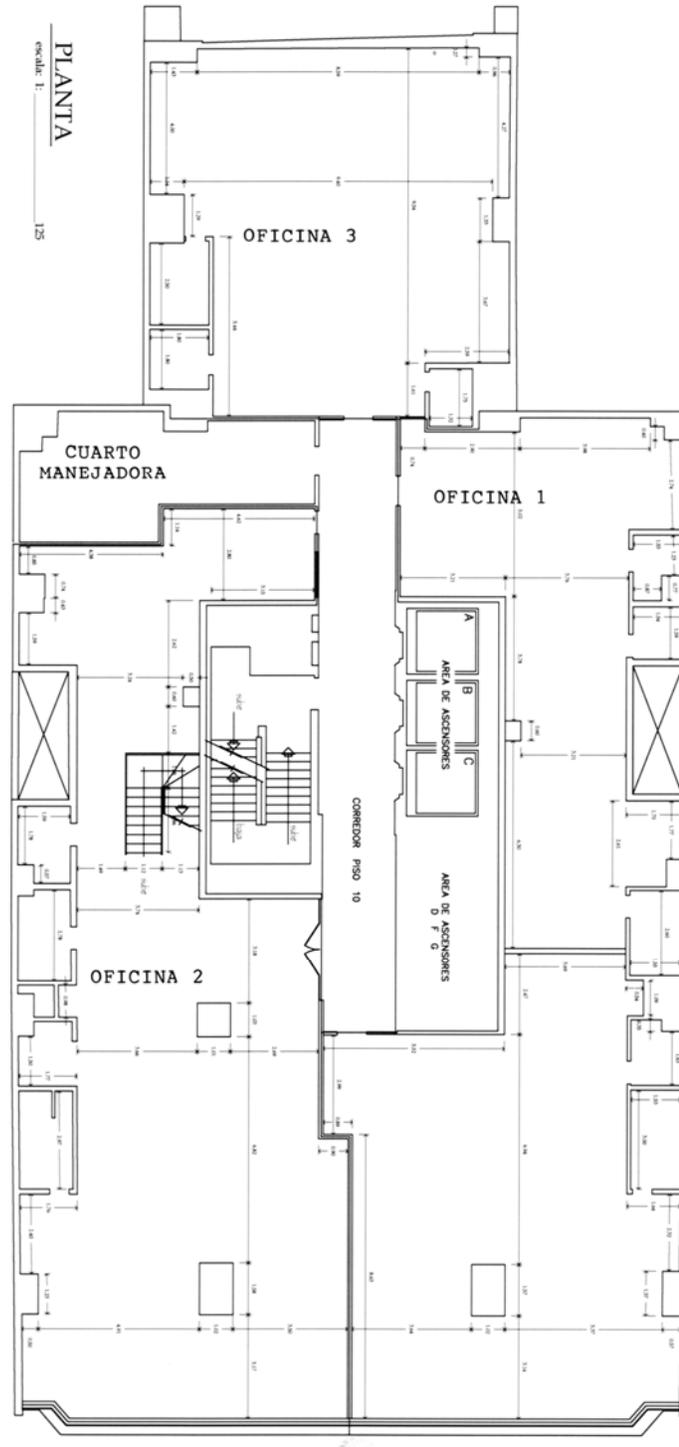


FIGURA 1.2. ESQUEMA DISTRIBUCIÓN OFICINAS PISO 9 EDIFICIO FINANSUR

1.2 Descripción del sistema de climatización

El edificio Finansur es climatizado por un sistema central de aire acondicionado que está formado por las siguientes partes:

1. Dos (2) Equipos Chiller Centravac Marca Trane, Modelo CVHE-36F-AC-2KB2503CAZA15DA1-AOOOOOOOOO42JOODL4531-8824-01, Serie, L82EO3894. y Modelo CVHE-036F-AC-2FB2503CAZA15DA1-AOOOOOOOOO42JOODL4531-8824-01, Serie, L82EO3894
2. Dos (2) Torres de Enfriamiento, marca Baltimore, tipo ejetor.
3. Dos (2) Bombas de Agua helada, Marca Toshiba. Modelo B0504VLF1VCODP, Potencia de 50 HP, 430/230 Voltios.
4. Dos (2) Bombas de agua para enfriamiento, Marca Toshiba, Modelo B0604VLF3UC, Potencia de 60 HP, 440/220 Voltios.
5. Diecinueve (19) Unidades Manejadoras de aire UCMA, Marca Trane, Instaladas en los pisos 6 al 22., P.B. y mezzanine.



Figura 1.3. CHILLER CENTRAVAC MARCA TRANE



Figura 1.4. MANEJADORA DE AIRE

El sistema entró en funcionamiento en el año de 1986 y fue diseñado para que con un sólo circuito de enfriamiento, esto es, 1 Chiller, 1 Torre de enfriamiento, 1 Bomba de agua helada y una Bomba de agua para Enfriamiento, se climatice todo el edificio, quedando todo un sistema completo en stand by para ser operado en la eventualidad de la falla del primero.

En cada uno de los 17 pisos de oficinas (del 6 al 22), así como también en el mezzanine y planta baja, hay una manejadora de aire, que es la que se encarga de repartir el aire frío a todo el piso.

En la siguiente figura(1.5) se describe como opera uno de los sistemas de climatización ubicado en la terraza del Edificio.

Así mismo, en el siguiente Figura (1.6) podemos apreciar como se distribuye el aire frío desde la terraza a los pisos de oficinas.

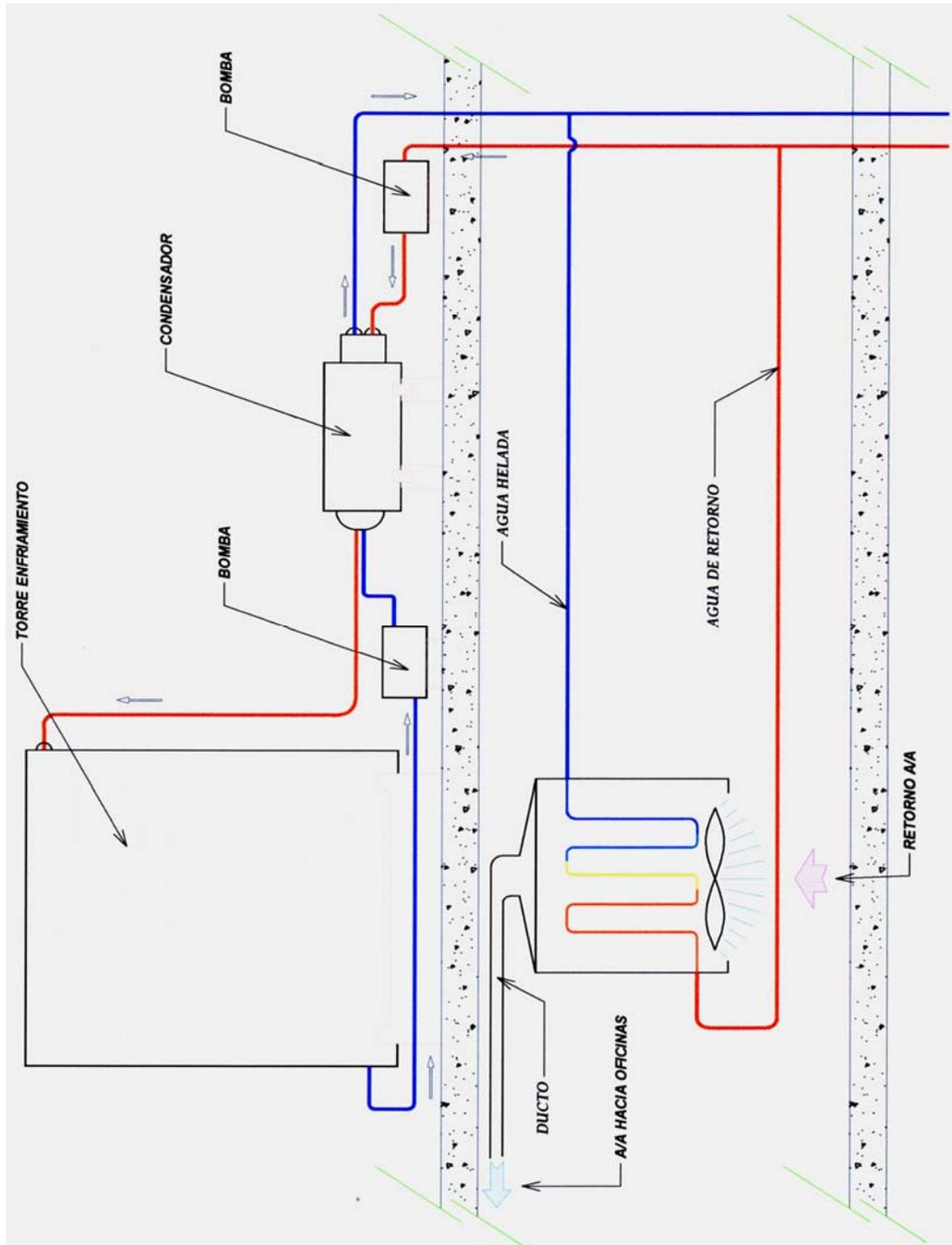


FIGURA 1.5. SISTEMA DE OPERACIÓN A.A EN TERRAZA EDIFICIO FINANSUR

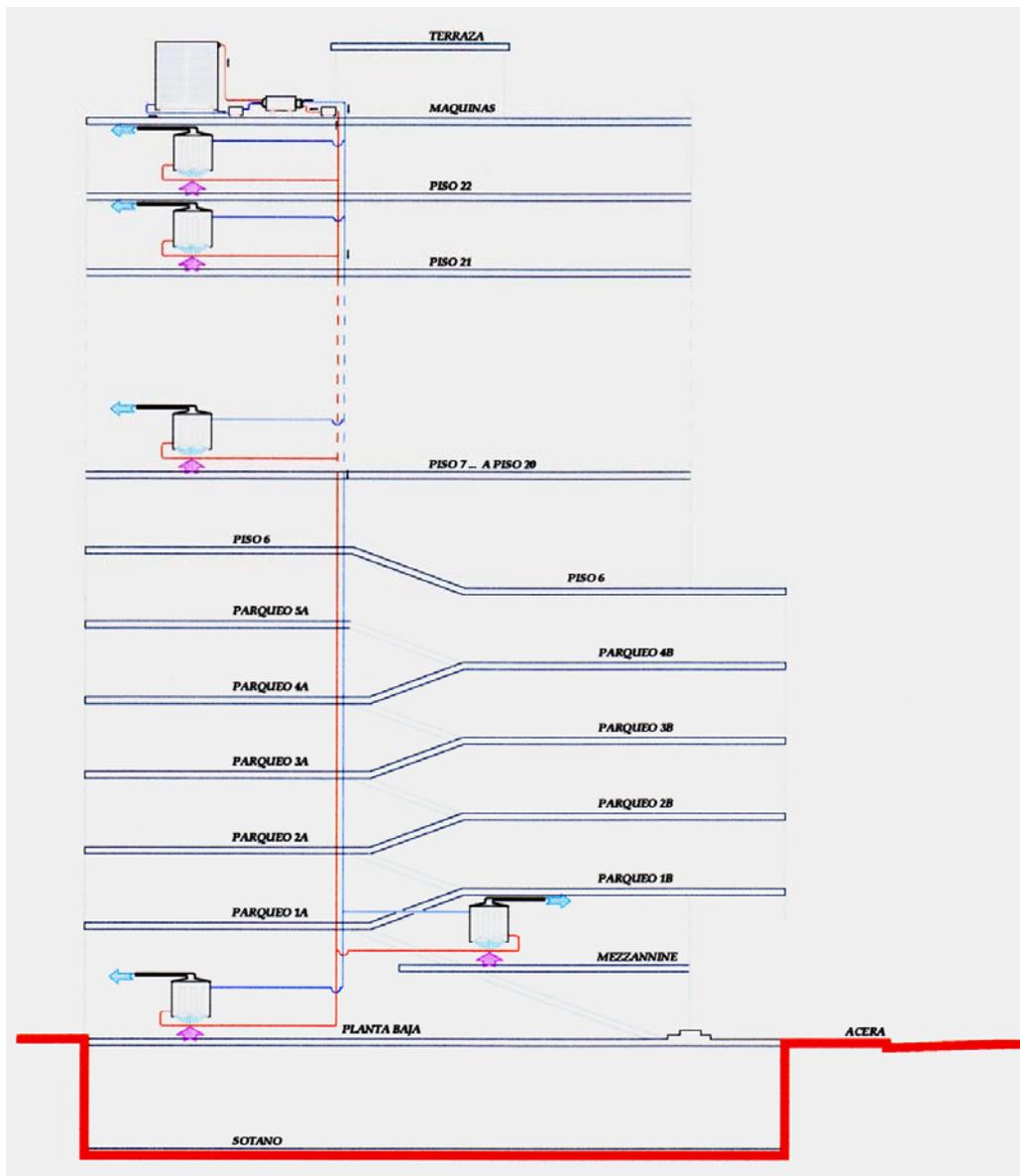


FIGURA 1.6. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN A. A. EDIFICIO FINANSUR

1.3 Evaluación de los Componentes del Sistema

Debido a los problemas en el sistema de climatización en el Edificio, se procedió a hacer un análisis de todos los equipos.

Vale la pena anotar que al tomar la Administración no existían registros de los componentes eléctricos - mecánicos (bombas, chillers, fan-coils o manejadoras, torres, etc) tales como datos de placa, control de las reparaciones anteriores, temperaturas, presiones, voltajes, etc., información que nos hubiera permitido evaluar las condiciones en ese momento de la eficiencia de los equipos. Los únicos datos escritos eran los análisis del agua de circulación por las torres de enfriamiento y los condensadores de los chillers, realizados por la compañía que suministraba los químicos para las torres de enfriamiento.

A continuación el detalle de lo encontrado:

- a.** Se evidenciaba el deterioro por corrosión de toda la red de tuberías del sistema chiller-bombas-torres y de los pernos de bridas de sujeción.



FIGURA 1.7. TUBERÍAS CORROÍDAS SISTEMA CHILLER-BOMBA-TORRE

b. Las torres de enfriamiento:

- Presentaban corrosión en sus paneles, barajas, barras de sujeción de los paneles de PVC.



FIGURA 1.8. BARAJAS CORROÍDAS DE LA TORRE

- Algunos paneles de PVC estaban muy sucios y otros en mal estado.



FIGURA 1.9. PANELES DE PVC EN MAL ESTADO

- El agua de la bandeja de la torre presentaba gran cantidad de sólidos disueltos, lo que había incrementado las incrustaciones en las tuberías, aletas y toberas de aspersión.
 - Las toberas no estaban realizando bien su función de aspersión ya sea por que estaban obstruidas por los residuos minerales del agua, producto de su elevada dureza o por que el orificio de salida estaba muy grande.
- c. Los cuartos de los fan-coils estaban siendo utilizados para guardar todo tipo de objeto y materiales, lo cual impedía el normal funcionamiento del equipo e incomodaba las labores de mantenimiento, además las chumaceras estaban sin grasa, las bandas estaban desalineadas y patinaban y los filtros estaban sucios.

d. Los chiller:

- Porcentaje de Trabajo: No se podía operar la máquina a un porcentaje mayor al 70% pues se incrementaba la presión del condensador. El Chiller comenzaba a tomar ritmos fuertes de trabajo (se observaban vibraciones excesivas), se notaba recalentamiento en el aceite, y si se lo seguía forzando, las protecciones del equipo actuaban e inmediatamente apagaba la máquina, percibiéndose más la falta de climatización en el Edificio.

- e.** La superficie de los motores eléctricos en mal estado así como bandas desalineadas

1.4 Incidencia de las condiciones del sistema en los Costos de Climatización

El hecho de que estuvieran operando los dos sistemas en paralelo, en vez de uno solo, para poder alcanzar la temperatura confort, implicaba:

- Incremento en la planilla de consumo eléctrico.

- Incremento en la compra de químicos para el tratamiento del agua de la torres de enfriamiento
- Incremento en la planilla de consumo de agua pues las dos torres estaban en funcionamiento.
- La pérdida de agua que se presentaba debido al deterioro de las barajas de la torre, ya que éstas no cumplían con su función de bloquear la salida del agua.

Debido a lo anterior, se procedió a hacer un análisis general del sistema, para poder determinar la causa específica que ocasionaba la baja eficiencia en la máquina. Una vez detectada la causa, ver las posibles soluciones para que la máquina trabaje en mejores condiciones y lo más importante aún en esta economía de crisis, poder bajar en el presupuesto el rubro de energía eléctrica que era el más representativo.

Después de diferentes pruebas, limpiezas de condensador del Chiller, mantenimiento de todos los equipos, se llegó a la conclusión de que el problema era la torre de enfriamiento mediante el siguiente procedimiento:

- a.** Haciendo el análisis de la torre, nos podemos dar cuenta a simple vista del deterioro en su estructura, componentes y las tuberías que distribuyen el agua, debido a la corrosión ocasionada por la alta humedad del ambiente.
- b.** Un gran porcentaje de las toberas no cumplía con la función de aspersión del agua, debido a obstrucciones por los residuos minerales del agua, producto de su elevada dureza ó debido a que el orificio de salida del agua estaba muy grande.
- c.** Los pernos galvanizados de las bridas de sujeción de las tuberías estaban totalmente corroídos .
- d.** Las barras de sujeción de las barajas y las barajas mismas estaban totalmente corroídas.
- e.** Adicionalmente a este análisis, se colocaron algunas marquetas de hielo en la tina de la torre de enfriamiento y se comprobó que bajaba la temperatura de salida del agua en 2 ° F más; bajaba también la presión en el condensador del Chiller en 1 psi, la temperatura de salida del circuito de agua helada bajaba 1° F más y por lo tanto la máquina mejoraba su funcionamiento.

El equipo necesita una toma de aire exterior. Se puede colocar en un techo falso o en un armario, existiendo modelos horizontales y verticales.

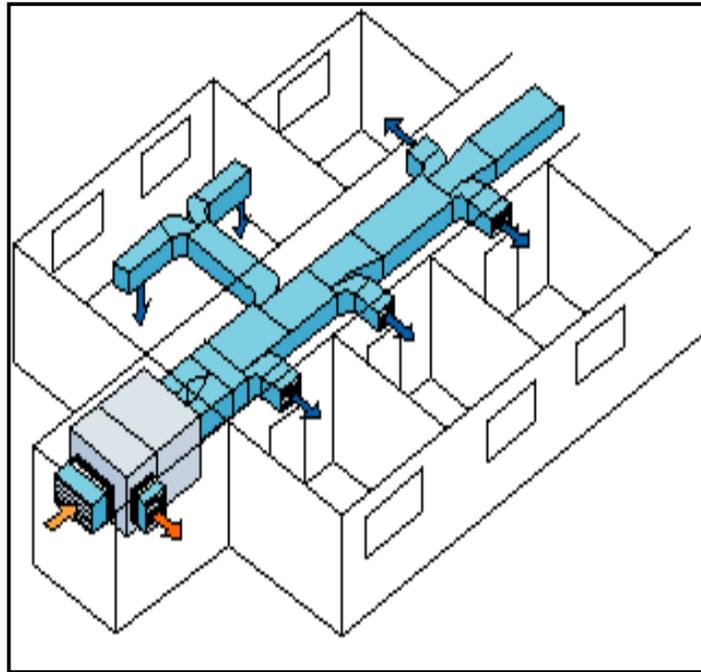


FIGURA 2.1. DIAGRAMA SISTEMA A.A. DE PAQUETE

Esto consistiría en una central tipo DE PAQUETE, con una necesidad de carga de 480,000 BTU.

Considerando el área del piso, aproximadamente 620m^2 . El equipo de la central se la instalaría en el mismo cuarto de manejadora que

El agua es impulsada mediante una bomba circuladora desde el condensador de la máquina enfriadora o frigorífica, llegando a la torre donde es vertida en la pileta superior de la misma y por gravitación, dispersada homogéneamente a través de toberas (este es el primer paso para el circuito de la misma).

En segunda instancia el agua estará circulando, por efectos de gravedad, entre la pileta superior e inferior, atravesando en su recorrido el intercambiador (relleno) y parte vital de toda torre de enfriamiento. Aquí se produce como su nombre lo indica el intercambio de temperatura agua-aire.

Hay dos tipos de torres:

a. Las de Tipo Atmosférico son aquellas en que el movimiento del aire y la eficiencia de operación dependen de las condiciones atmosféricas, principalmente de los vientos. No utilizan ningún elemento mecánico para crear un caudal de aire a través de la torre. Están equipadas con relleno, que es el que provoca que más superficie de agua se exponga al aire --aumentado la tasa de calor transferido-- y el que aumenta el tiempo de contacto aire-agua retardando la caída el agua --aumentando la cantidad de calor transferido.

b. Las torres de tipo de corriente mecánica usan un simple o múltiples ventiladores para proporcionar el caudal de un volumen de aire conocido a través de la torre. De este modo su rendimiento térmico tiende a una mayor estabilidad --y es afectado por menos variables psicométricas-- que las torres atmosféricas. Se recomienda comprar una torre de enfriamiento del tipo descrito en la parte. **b.** Esto es, una de tipo corriente mecánica. Ya que considerando la alta humedad del ambiente en la ciudad, especialmente en la época de invierno, este tipo de torre no se vería tan afectada por las condiciones psicométricas.

La humedad relativa de Guayaquil es de 79.8% de Enero a Abril (época lluviosa) y de 75.2% de Mayo a Diciembre. Estos datos son tomados del Atlas Meteorológico del Mar Territorial Ecuatoriano publicado por el INOCAR, en base a 30 años de datos tomados por la Fuerzas Armadas del Ecuador.

Para la selección de la torre, se toman en cuenta los siguientes parámetros:

- La Temperatura promedio atmosférica 89 °F.

- La carga del condensador es de 360 toneladas de refrigeración de acuerdo al catálogo de la centravac. De acuerdo a la fórmula, por cada tonelada de refrigeración del condensador, deben pasar por él de 3 a 4 galones/minuto de agua. Esto quiere decir que entran a la torre 1080 galones/minuto.

Basados en estos datos, la compañía Imecanic, que vende torres de enfriamiento en el país, nos indicó el modelo apropiado que cumple con éstas características :

Es el Modelo ICL 260

Es una torre de descarga vertical lo cual minimiza la posibilidad de que el aire que pasa por la torre sea tomado nuevamente en recirculación; Tiene ventiladores de transmisión directa a bajas revoluciones que ofrecen una mayor vida útil de los componentes; No tiene partes internas móviles lo que permite reducir la frecuencia y especialización de mantenimiento; Construcción sólida empernada, utiliza láminas galvanizadas de 2 y 3mm de espesor; Pintura epóxica de gran adherencia y alta resistencia para zonas internas que evita la corrosión por el manejo del agua y extiende la vida útil de la torre. El detalle se encuentra en el Apéndice 1.

Características Torre Imecanic, Modelo ICL 260

360 Tons. Ventiladores axiales MULTINWING en la parte superior, motores herméticos TFC, 220-440/3/60.

Bandeja de acero inoxidable.

Las capacidades mostradas corresponden a un rango entre 95° y 85° F y corresponden a la máxima capacidad de manejo de agua considerando 3 GPM por Ton.

Costo Total \$. 24,475.00 Includido IVA e Instalación

2.3 Reconstrucción de la Torre de Enfriamiento y cambio de tipo**Atmosférico a tipo de Corriente Mecánica**

Esta es otra de las alternativas presentadas. Aquí se consideró el tipo de material a comprar para la reconstrucción de la torre, para poder así asegurar el buen funcionamiento de ésta, en el ambiente extremadamente húmedo que debe operar.

El acero es el principal material usado para torres de refrigeración. Clases apropiadas de acero al carbono se utilizan para estructuras, revestimientos, cubiertas, cubetas de agua fría, etc. Y normalmente se utiliza galvanizado para la protección contra la corrosión. Además se

aplican a menudo recubrimientos sobre la galvanización, en un esfuerzo por extender su vida útil operativa.

Los materiales a usarse para la reconstrucción de la torre son:

Planchas galvanizadas de 2.00 mm de espesor, ASTM A-528

Planchas galvanizadas de 1.40 mm de espesor ASTM A-528

Remaches galvanizados de 1/8 x 1"

Pernos galvanizados de 5/16 x 1 1/2"

Tratamiento inhibidor de corrosión

Pintura adherente (Uniprimer)

Pintura anticorrosiva

Adicionalmente a la Reconstrucción de la Torre, se sugirió la instalación en la parte superior de la misma, tres ventiladores para mejorar el flujo de aire dentro de ella. Esto implica el cambio de tipo de torre. Pasa de ser Atmosférica a Torre de Corriente Inducida o Mecánica. Esto nos garantiza el flujo constante de aire para enfriar el agua dentro de la torre y así no se depende tanto de las condiciones atmosféricas.

Vale la pena recalcar que debido a que se usa la torre cuyas dimensiones ya están establecidas para ubicar el plenum y la

estructura soporte de los ventiladores, debemos regirnos a estas dimensiones para la selección de los ventiladores.

Los ventiladores son axiales tipo propela de la serie multi-alas. Este sistema está basado en el diseño de ventiladores de alta eficiencia utilizando componentes estándares intercambiables. Están manufacturados usando 2 piezas: una manzana de aluminio fundido y aspas ajustables moldeadas en termoplástico o aluminio fundido.

Debido a sus componentes estándares, pueden ser manufacturados para requerimientos específicos.

La alta eficiencia de los ventiladores multi-alas es el resultado de un diseño de aspa único. Al girar la sección del aspa sobre toda su longitud se obtiene un flujo de aire más uniforme a través de toda la sección del aspa. Este flujo uniforme resulta en menos turbulencia y mayor eficiencia en un amplio rango de rendimiento.

La eficiencia de los ventiladores multi-alas significa menos ruido, menos consumo de energía y mayor flujo de aire para una potencia dada.

Las aspas de inclinación ajustable permiten cambiar el ángulo para optimizar el rendimiento de los ventiladores. Están hechas de fibra de vidrio reforzado con polipropileno, material anticorrosivo y a prueba de

impacto, son usadas para aplicaciones de altas temperaturas. Así mismo la manzana es altamente resistente, está fundida a presión con una aleación de aluminio y silicón. Estos procesos proveen a los ventiladores peso liviano y alta resistencia.

Peso liviano significa momentos más bajos de inercia resultando en menos desgaste y estrés en motores y rodamientos.

Alta resistencia significa que estos ventiladores son lo suficientemente fuertes para hacerse cargo de las aplicaciones más difíciles en motores.

Tenemos entonces:

Tipo axial (dinámica y estáticamente balanceados)

Modelo aerofoil propela

Material: Aluminio

Número de ventiladores: 3

Marca: Crowley

CFM: 30000

Angulo de Inclinación aspas: 40°

Ver la referencia de estos ventiladores en el Apéndice 2.

Motor y Transmisión: Motores de tres fases, totalmente cerrados, con ventilación exterior para servicio continuo, con eje de acero al carbono

ASTM 1045, tratado térmicamente para aumentar la resistencia a la fatiga, eliminando tensiones internas y deformaciones por torsión y/o flexión, montado sobre rodamientos de bolas, en una carcasa de fundición gris.

La transmisión de acople directo, elimina los problemas por mala alineación de la unión entre el ventilador y el motor.

Tipo IPSY cerrado (blindado)

Acople directo

Potencia 5.5 HP

Voltaje : 220V, 3 HP

RPM 1140

Procedencia Brasil

Marca WEG

Para la Construcción de Estructura soporte para los ventiladores, éstos van a estar situados en la parte superior de la torre, inmediatamente después de un plenum que va a servir para ayudar a hacer una salida más suave del aire. Por consiguiente la estructura principal servirá para soportar propiamente a los ventiladores y al mismo tiempo sirve de plenum.

Características de Diseño:

1. La estructura llevará correas alrededor, para de esta forma acortar la longitud de trabajo de las columnas.
2. Se diseñará la cama de los ventiladores con travesaños a una separación no mayor a 0.78 cm. Para de esta forma soportar los ventiladores y brindar un entramado seguro para el caso de mantenimiento.
3. La estructura dispondrá de arriostramientos en X tanto en las caras laterales como en los pórticos interiores; estos arriostramientos permiten rigidizar aún más la estructura y transmiten las cargas tanto de viento como de vibraciones.
4. La estructura se cubrirá con planchas galvanizadas de 2 mm de espesor (según diseños similares) para proveer el plenum de la torre.



FIGURA 2.2. VISTA DE VENTILADOR INSTALADO EN LA PARTE SUPERIOR DE LA TORRE.

Se toma en cuenta el diseño de los eliminadores de gotas:

En los lados de las tomas de aire de las torres de corriente inducida, los respiraderos están proyectados para prevenir el escape fortuito de gotas de agua. También como una torre de refrigeración provoca el máximo contacto entre el agua y el aire a velocidad relativamente alta, las gotas de agua llegan a mezclarse con la corriente de aire de salida. En conjunto, esta mezcla de gotas de agua se llama “suspensión” (y no debe confundirse con el vapor de agua puro con el que la corriente de aire está saturada o con las gotas formadas por la condensación de ese vapor). La composición y calidad de la suspensión es la misma que la del agua que circula por la torre. Ubicada en contra del viento de áreas críticas, una torre de refrigeración que produzca una suspensión significativa puede poner en riesgo la operatividad.

Los eliminadores de suspensión eliminan el agua mezclada en el aire de descarga haciendo que sufra bruscos cambios de dirección. La fuerza centrífuga resultante separa las gotas de agua del aire y las deposita en la superficie del eliminador desde donde regresan a la torre.

El PVC se ha convertido en el material dominante para fabricar respiraderos y eliminadores de gotas. Normalmente se realizan en una configuración de nido de abeja con pasillos laberínticos.

Aunque los estándares de la industria corriente continúan limitando la suspensión permitida en el 0.2% de la tasa de agua en circulación, las tasas actuales de suspensión raramente exceden del 0.02% con la tecnología actual.

Por efectos de presupuesto escogimos las cubiertas estándar de Zinc-Aluminio, pues su forma ondulada es idéntica a la configuración de nido de abeja con pasillos laberínticos en las de PVC. Se construyeron de 0.20m de alto, con una separación entre ellas de 5 mm.

Se hicieron 6 paneles para contenerlas, cada uno de 1.16 m de ancho. Para cada panel se necesitaron en total 58 planchas ya que de cada una se sacaron 4 pedazos de 0.20 m de alto.

Costo Reconstrucción Torre y Base Ventiladores	\$ 2,650.00
Costo Ventiladores	\$ 2,400.00
Costo instalación eléctrica Ventiladores	\$ 325.00
Total	\$ 5,325.00

2.4 Matriz de evaluación de alternativas, puesta en marcha y

Evaluación de Funcionamiento.

La alternativa más conveniente es la Reconstrucción de la Torre y Cambio de Tipo Atmosférico a Inducido, no solamente por ser la opción más baja en términos económicos, sino por que el buen material usado en la reconstrucción, los tratamientos aplicados para el mantenimiento del mismo y la implementación de los ventiladores iban a garantizar la durabilidad y el buen funcionamiento de la torre.

Una vez terminado todo el trabajo de reconstrucción, limpieza e instalación de ventiladores, se puso en marcha el sistema. Se pudo operar sin ningún inconveniente y los resultados fueron los esperados. Se logró bajar la temperatura del agua de salida de la torre entre 2 y 3 ° F más de lo que estaba.

El chiller se pudo operar a un 90% de eficiencia máximo sin ningún problema, la presión del condensador bajó en 1 psi y la temperatura de salida del circuito de agua helada bajó entre 1 y 2 ° F más.

Esto permitió que se apague una máquina, ya que ese sistema trabajando solo, abastecía la demanda de climatización del Edificio.

También implicó el significativo ahorro energético, disminuyó el consumo del agua y el uso de químicos para el tratamiento del agua

para la torre de enfriamiento. Luego de el trabajo de reconstrucción de la torre de enfriamiento y estructuras adicionales.

Los planos finales, se observaran en el Apéndice.

TABLA 1

MATRIZ DE EVALUACION DE ALTERNATIVAS PRESENTADAS

ALTERNATIVA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Sistema de Paquete	<ul style="list-style-type: none"> • Independencia total en el sistema de climatización de cada piso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inversión alta en la compra de equipos. • Requiere nueva instalación eléctrica. • Requiere nueva red de ductos.
Reemplazo Torre	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo nuevo. Garantiza el buen funcionamiento de la misma por algunos años. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto costo de Inversión.
Reconstrucción Torre y Cambio de Tipo Atmosférico a Corriente Mecánica.	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo costo de Inversión. • Disminuye grado de dependencia de condiciones ambientales para su funcionamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación eléctrica para ventiladores. • Elaboración base soporte para ventiladores.

TABLA 2
CRONOGRAMA DE RECONSTRUCCIÓN DE LA TORRE E
INSTALACIÓN DE VANTILADORES

Actividad	Semana 1	Semana 2	Semana 3
Desmontaje de la torre			
Toma de medidas de piezas para reemplazo			
Cortada y doblada de planchas a medida			
Elaboración de nuevas piezas			
Limpieza de paneles de PVC, bandeja y tuberías de la torre			
Instalación eléctrica ventiladores			
Tratamiento de piezas con pintura adherente y anticorrosivo			
Tratamiento y pintada de partes corroídas de la estructura torre			
Elaboración de eliminadores de gotas			
Montaje de piezas reconstruidas de la torre			
Instalación de estructura base ventiladores			
Puesta a punto torre			
Armada de plenum e instalación de ventiladores			



Figura 2.3. ARMADA PLENUM Y ESTRUCTURA BASE PARA VENTILADORES



Figura 2.4. INSTALACIÓN ESTRUCTURA BASE PARA VENTILADORES

TABLA 3
PARÁMETROS NORMALES DE FUNCIONAMIENTO DEL
CATALÓGO DEL FABRICANTE

PARÁMETRO	VALOR REFERENCIAL
Presión de Evaporación	-10 a -14 in. Hg.
Presión de Condensación	10 a 12 psi
Presión del aceite	15 a 20 psi
T de aceite	125 a 130 °F
T de Entrada del Agua al Evaporador	59 °F
T de Salida del Agua del Evaporador	55.4 °F

3.1 CONDICION ANTES

Datos tomados el 03 de Marzo de 1999
Chillers 1 y 2 Operando Simultáneamente

TABLA 4

DATOS DE PRESIONES Y PORCENTAJES CHILLER 2 TOMADOS CONDICIONES ANTES

EDIFICIO FINANSUR

CHILLER # 2

FECHA 03 MARZO.1999

HORA	CHILLER No.2			TEMP. ACEITE (°F)	%
	PRESIONES (PSI)		EVAP. (inch Hg)		
	CONDEN.	ACEITE			
	08H00	12	15.2		
09H00	12	15.2	-13	126	55
10H00	12	15	-13	126	70
11H00	12.2	15	-13	126	70
12H00	12	15	-14	126	70
13H00	12	15	-14	126	70
14H00	12	15	-14	126	70
15H00	12	15	-14	126	70
16H00	12	15	-14	126	70
17H00	12	15	-14	126	70
18H00	12	15	-14	126	70

TABLA 5

**DATOS DE TEMPERATURA DE CIRCUITOS AGUA HELADA Y
TORRES CONDICIONES ANTES**

HORA	CIRCUITO AGUA HELADA		CIRCUITO AGUA TORRE	
	TEMPERATURA (°F)		TEMPERATURA (°F)	
	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
08H00	63	61	84	82
09H00	61	58	85	82
10H00	61	57	87	84
11H00	61	57	87	85
12H00	61	57	87	85
13H00	60	56	90	87
14H00	61	57	91	88
15H00	61	57	91	88
16H00	61	57	91	88
17H00	61	57	90	87
18H00	61	57	90	87



FIGURA 3.2 TORRE DE ENFRIAMIENTO 'CONDICIÓN ANTES'

TABLA 6

CONSUMOS REGISTRADOS EN CONDICIÓN ANTES:

Consumo Kw/h	115600
Consumo Agua m ³	1320
Compra antiincrustante para torres cada mes	40 Kg.
Compra algicida para torres cada mes	40 Kg

3.2 CONDICION DESPUÉS

Datos tomados el 08 de Marzo del 2000

En operación sólo el Chiller No.2

TABLA 7

DATOS DE PRESIONES Y PORCENTAJES CHILLER# 2 TOMADOS CONDICIONES DESPUÉS

EDIFICIO FINANSUR
CHILLER # 2
FECHA: 08 MARZO.2000

HORA	CHILLER No.2				%
	PRESIONES (PSI)			TEMP. ACEITE (°F)	
	EVAPOR				
	CONDEN.	ACEITE	In. Hg.		
08H00	11.3	15.2	-13	126	75
09H00	11.4	15.2	-13	126	75
10H00	11.3	15.1	-13	126	80
11H00	11.1	15.0	-13	126	80
12H00	11.1	15.0	-13	126	85
13H00	11.1	15.1	-13	126	85
14H00	10	15.0	-13	126	85
15H00	11.2	15.2	-12	126	85
16H00	11.2	15.0	-12	126	85
17H00	11.1	15.2	-12	126	80
18H00	11.1	15.2	-12	126	70

TABLA 8
DATOS DE TEMPERATURA DE CIRCUITOS AGUA HELADA Y
CONDICIONES DESPUÉS

HORA	CIRCUITO AGUA HELADA		CIRCUITO AGUA TORRES	
	TEMPERATURA (°F)		TEMPERATURA (°F)	
	ENTRAD	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
08H00	58	54	86	81
09H00	58	54	87	81
10H00	58	53	88	82
11H00	57	52	88	83
12H00	57	52	90	85
13H00	57	52	91	86
14H00	57	52	91	86
15H00	58	54	91	86
16H00	59	55	90	85
17H00	58	54	88	.82
18H00	58	54	86	81



FIGURA.3.3. Barajas reconstruidas

TABLA 9
CONSUMOS REGISTRADOS EN CONDICIÓN DESPUÉS

Consumo Kw/h	63700
Consumo Agua m ³	1280
Compra antiincrustante para torre cada mes	20 Kg.
Compra algicida para una torre cada mes	20 Kg



Figura 3.4 Los eliminadores de PVC en mal estado se reemplazaron por planchas de fibra de vidrio tipo zinc.

4.2 Recomendaciones

Después de establecer nuestras conclusiones detallamos a continuación nuestras recomendaciones y que son las siguientes:

- Se recomienda a la Administración planificar para que en un futuro cercano, sean cambiados los chillers, pues éstos trabajan con Refrigerante R-11. Este tipo de refrigerante ya está prohibido (su elaboración y uso) en los países desarrollados, debido al gran daño que ocasiona al ambiente. Además cada vez se hace más caro y difícil de conseguir.
- Se recomienda también la instalación de una tarjeta inteligente en el sistema de climatización, para así poder monitorear todo el equipo desde cualquier lugar y prever posibles fallas del mismo.
- Se recomienda también conectar al sistema de generador de emergencia, todas las unidades manejadoras de aire de los pisos, para que durante el tiempo que no haya servicio de energía de parte de la Empresa Eléctrica, el funcionamiento de estas unidades, no permita el aumento de temperatura en el Edificio.

- Se recomienda un mantenimiento anticorrosivo programado a toda la red de tuberías de distribución de agua del sistema de climatización, así como a los elementos de la torre.

BIBLIOGRAFIA

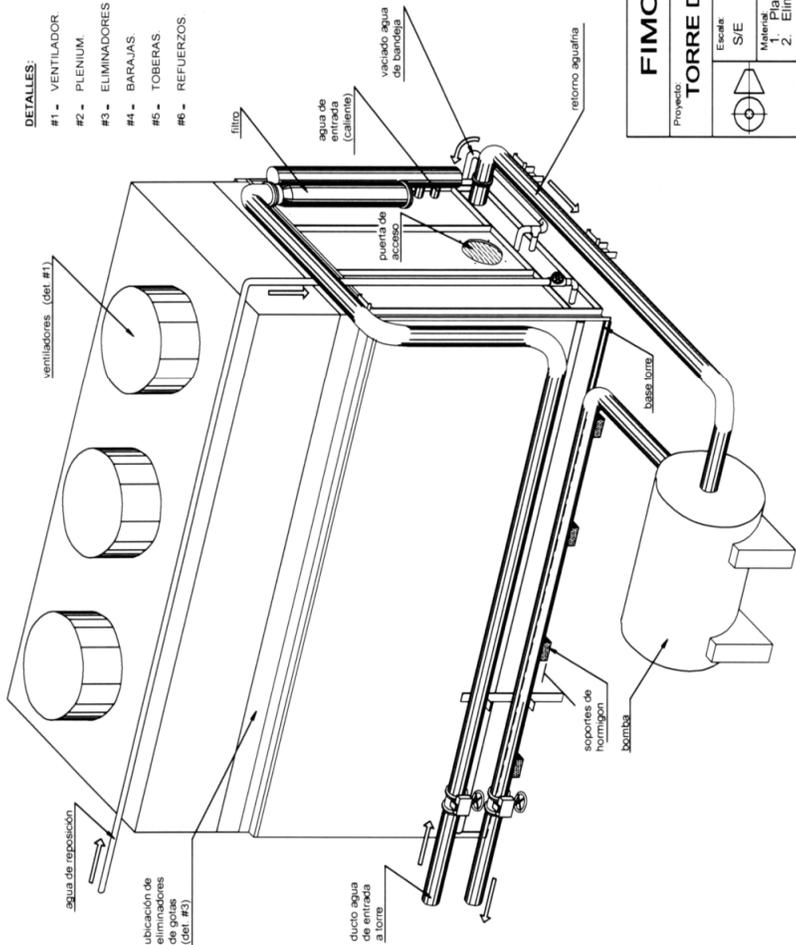
1. BENTON, D. J. Determination of the turbulent Lewis Number from experimental data for Wet Cooling Tower Fill. CTI TP90-07, Cooling Tower Institute, 1990.
2. BENTON, D. J. Influence of the Fill Type and Flow orientation on the Lewis Number. CTI TP93-08, Cooling Tower Institute, 1993.
3. COOLING TOWER INSTITUTE. Cooling Tower Manual. 1994.
4. COOLING TOWER INSTITUTE. Acceptance Test Code for Water-Cooling Tower. CTI Code ATC-105. Revised February 1990.
5. ECKERT, E. R. G. Heat and Mass Transfer. McGraw-Hill Book Company, Inc., 1959.
6. F. P. INCROPERA & D. P. De WITT. INTRODUCTION TO HEAT TRANSFER". Ed. John Wiley & Sons. 2ª Edición 1990.
7. G. F. HEWITT, G. L. SHIRES & T. R. BOTT. Process Heat Transfer. CRC Press 1994.

8. GLOVER, W. Review of Cooling Tower Calculations. CTI TP78-06, Cooling Tower Institute, 1978.
9. <http://ecoingenieria.homestead.com/files/tiroforzado.htm>
10. <http://quimleon.homestead.com/TORRES.html>
11. <http://www.servitecaire.com/torres%20de%20enf.htm>
12. ROBERT H. PERRY Y DON W. GREEN. Manual del ingeniero Químico. Mc Graw Hill. 7ª Edición, 2001.

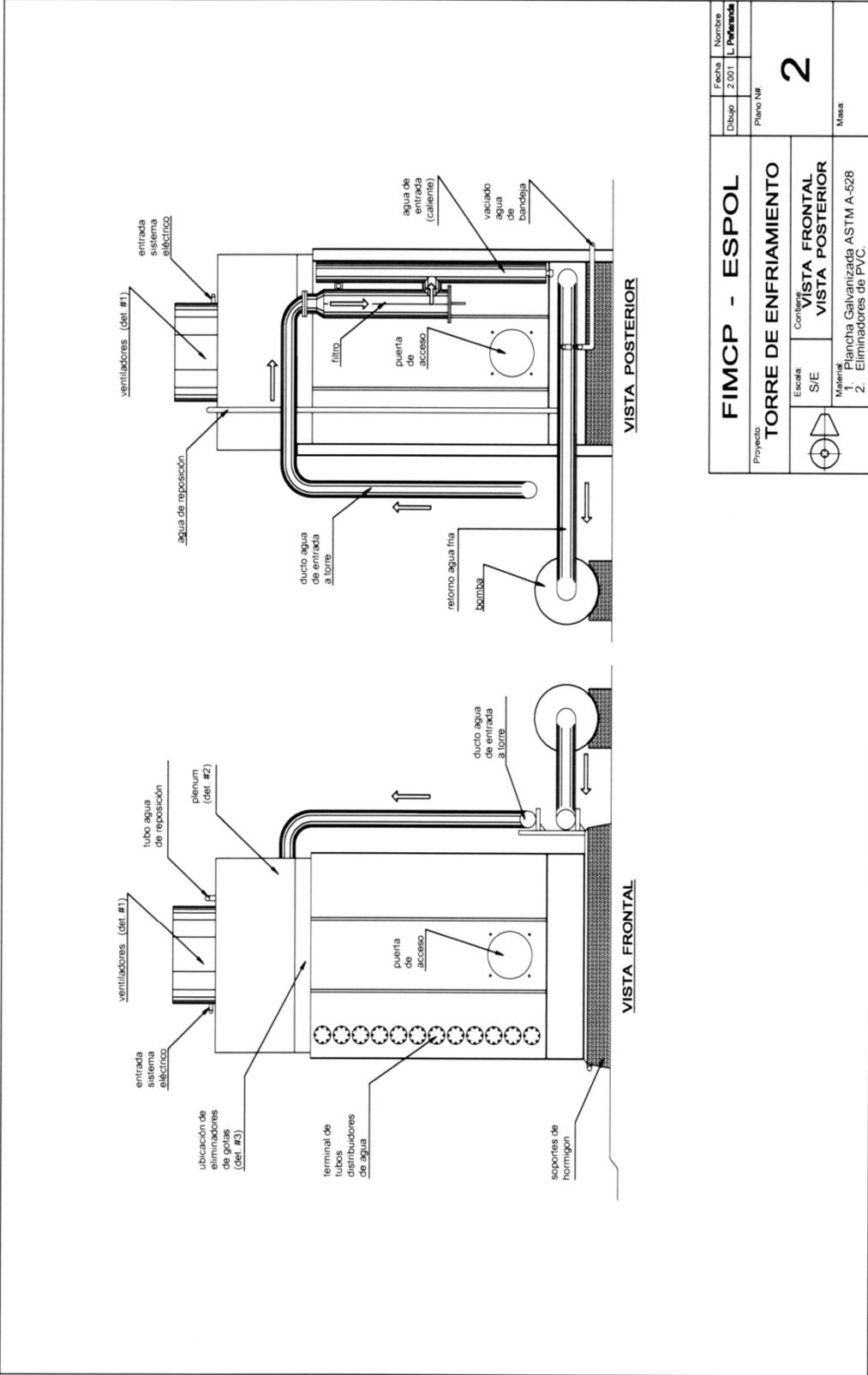
APÉNDICES

APENDICE A: PLANOS

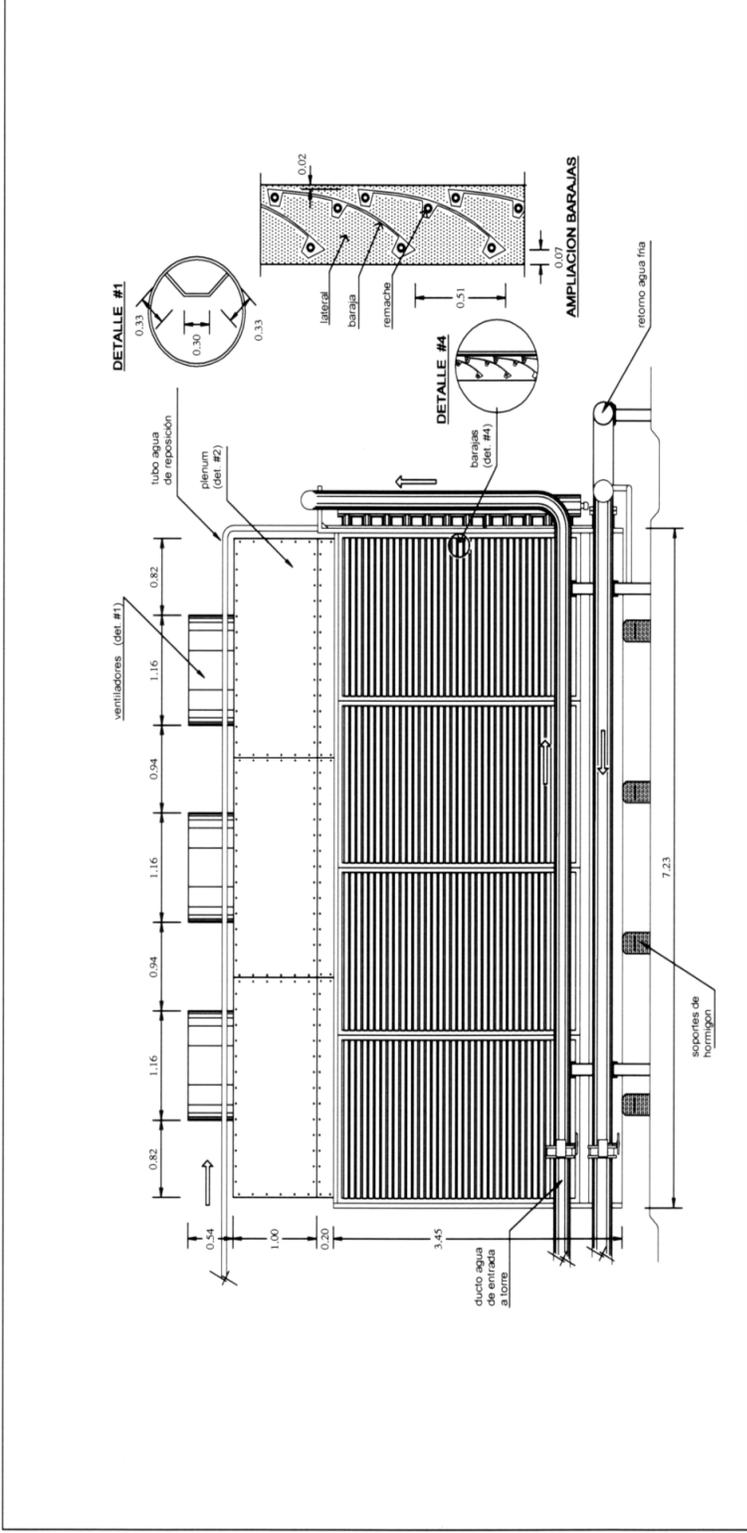
- DETALLES:**
- #1 - VENTILADOR
 - #2 - PLENUM
 - #3 - ELIMINADORES DE GOTAS
 - #4 - BARAJAS
 - #5 - TOBERAS
 - #6 - REFUERZOS
- LAMINA-3
 - LAMINA-5
 - LAMINA-5
 - LAMINA-3
 - LAMINA-4
 - LAMINA-4



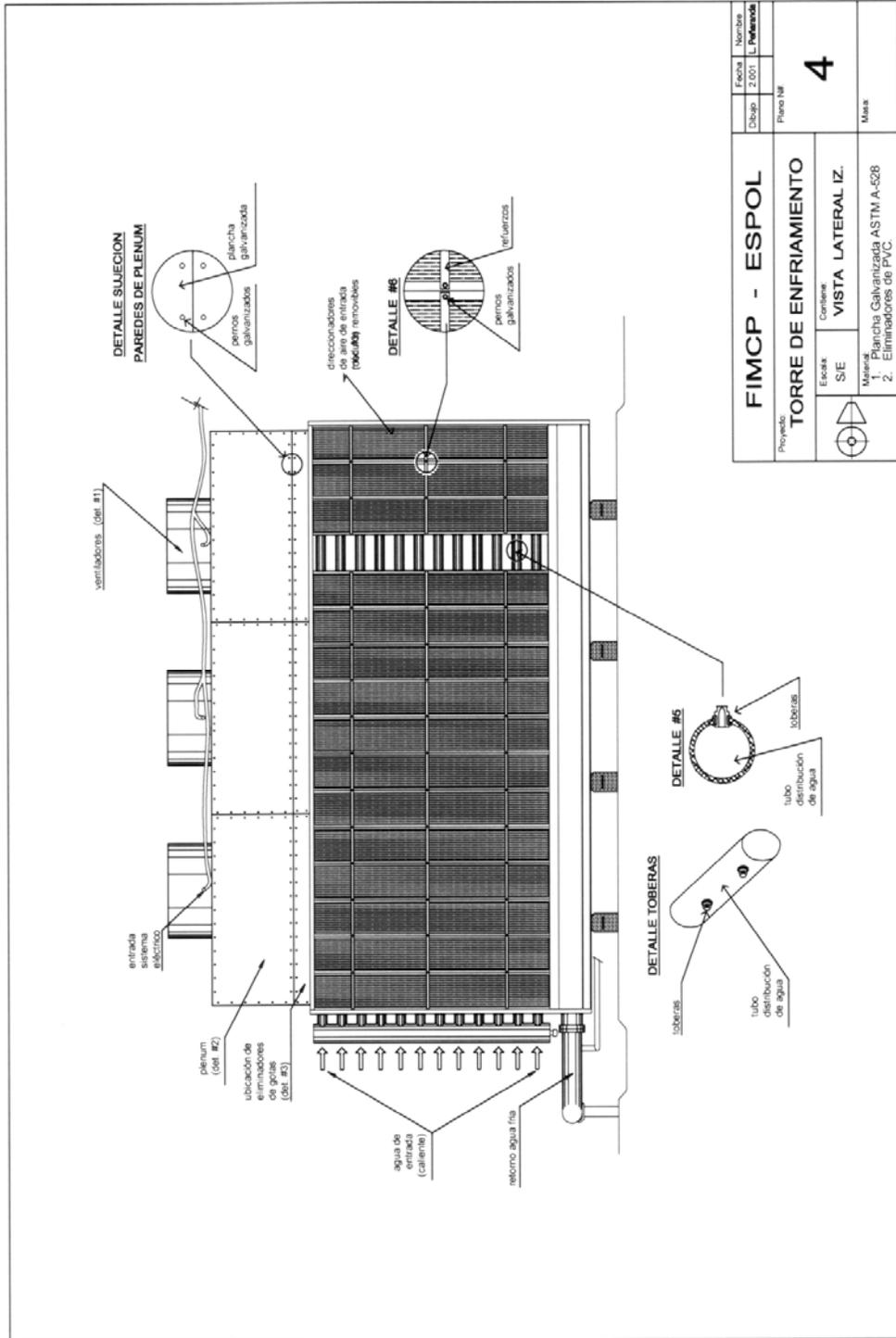
FIMCP - ESPOL		Fecha	Nombre
Proyecto		Dibujó	L. Paredes
TORRE DE ENFRIAMIENTO		2 001	
Escala		Plano Nº	
S/E		1	
Contiene:			
VISTA GENERAL			
Material:		Mesa:	
1. Plancha Galvanizada ASTM A-528			
2. Eliminadores de PVC.			



FIMCP - ESPOL		Fecha	Nombre
Proyecto: TORRE DE ENFRIAMIENTO		Dibujo	L. Polanco
Escala: S/E		Plano N°: 2	
Contiene: VISTA FRONTAL		Masa:	
VISTA POSTERIOR		1. Plancha Galvanizada ASTM A-528	
Material:		2. Eliminadores de PVC.	



Proyecto		Fecha		Nombre	
FIMCP - ESPOL		2.001		L. Palomares	
Dibujado		Piano		Nº	
TORRE DE ENFRIAMIENTO		Escala		3	
VISTA LATERAL DER.		Contiene			
S/E		Material			
		1. Plancha Galvanizada ASTM A-528		Mesa:	
		2. Eliminadores de PVC.			



FIMCP - ESPOL		Fecha	Nombre
Proyecto: TORRE DE ENFRIAMIENTO		Dibajo	L. Palencia
Escala: S/E		Plano No: 4	
Contiene: VISTA LATERAL IZ.			
Materia: Plancha Galvanizada ASTM A-528			
1. Eliminadores de PVC.			
2. Eliminadores de PVC.			
Mesa:			

