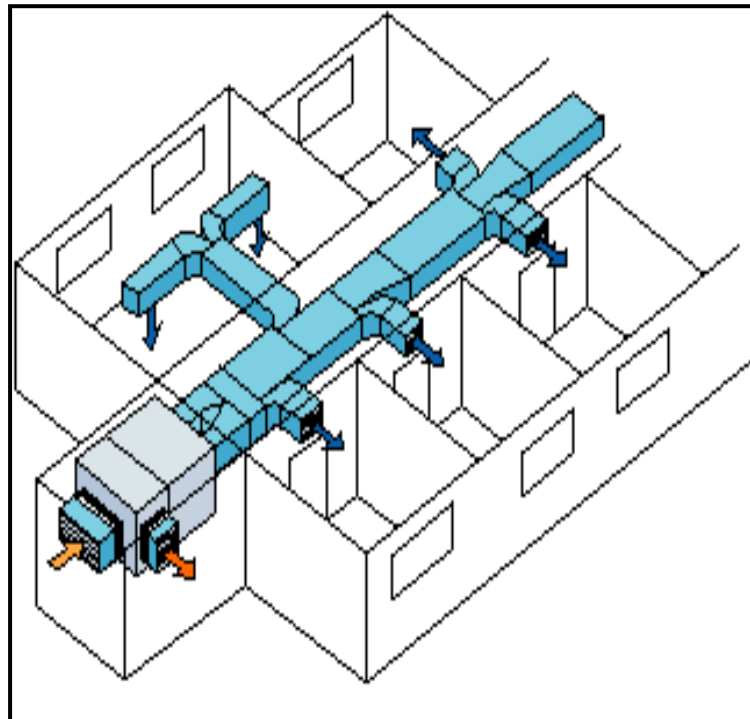


El equipo necesita una toma de aire exterior. Se puede colocar en un techo falso o en un armario, existiendo modelos horizontales y verticales.



**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<sup>2</sup>. El equipo de la central se la instalaría en el mismo cuarto de manejadora que

existe y la distribución de ductos sería similar a la que se encontraba en ese momento.

Costo equipo para un piso

8 Unidades de 60,000 BTU/hr Marca York . Precio Total \$ 11,520.00

Materiales Instalacion-Ductos \$ 263.00

Total Por Piso \$ 11,783.00

Total Compra 19 Equipos: \$. 223,877.00

## **2.2 Reemplazo de Torre de Enfriamiento.**

La adquisición de una nueva torre de enfriamiento era otra de las alternativas para solucionar el problema de climatización del Edificio.

A continuación se describe brevemente el principio de funcionamiento de una torre de enfriamiento: Esto es, la evaporación de una pequeña porción del caudal, la cual al hacerlo enfría al resto.

La función de la torre de enfriamiento es recoger el calor cedido por el condensador y descargarlo a la atmósfera, lo cual hace por evaporación.

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
<b>Total</b>	<b>\$ 5,325.00</b>

## **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**

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

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

<b>Actividad</b>	<b>Semana 1</b>	<b>Semana 2</b>	<b>Semana 3</b>
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