



**UNIVERSIDAD DE SOTAVENTO A. C.**  
**ESTUDIOS INCORPORADOS A LA UNIVERSIDAD**  
**NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**



---

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“REHABILITACIÓN DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO DE-101  
TIPO TIRO INDUCIDO DOBLE FLUJO CRUZADO EN EL  
COMPLEJO PETROQUÍMICO PAJARITOS, VER.”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**PRESENTA:**

**FELICITO SAMUEL YANCORT GARCÍA**

**ASESOR DE TESIS:**

**ING. RAÚL ORTEGA DANTES**

**COATZACOALCOS, VER.**

**Agosto 2015**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AGRADECIMIENTOS**

A quienes me han heredado el tesoro más valioso que puede dársele a un hijo: amor. A quienes sin escatimar esfuerzo alguno, han sacrificado gran parte de su vida para formarme y educarme. A quienes la ilusión de su vida ha sido convertirme en una persona de provecho. A quienes nunca podre pagar todos sus desvelos ni aun con las riquezas más grandes del mundo. Por esto y más gracias.

## **TITULO**

Rehabilitación de la Torre de Enfriamiento DE-101 Tipo Tiro Inducido  
Doble Flujo Cruzado en el Complejo Petroquímico Pajaritos, Ver.

## **HIPÓTESIS**

¿La rehabilitación de la Torre de Enfriamiento DE-101 incrementará su rendimiento y eficiencia en la operación?

## **JUSTIFICACIÓN**

El no poseer una torre de enfriamiento óptimo de este tipo podría ocasionar fatiga o desperfectos continuos en los equipos, problemas en el control de temperatura que podrían evitarse rehabilitando el sistema de enfriamiento que mejoraría el rendimiento y reducción de los costos de producción.

Con la rehabilitación de la torre de enfriamiento se obtiene una mayor eficiencia. Que se refleja en:

- Mejor funcionamiento en el sistema de la torre de enfriamiento.
- Menos costos en el tratamiento del agua.
- Menos consumo de energía eléctrica.
- Menor índice de corrosión.
- Menor índice de incrustación.

Con la rehabilitación de la torre de enfriamiento se incrementara su capacidad actual a valores estimados de diseño, tanto en flujo como en sus temperaturas. Por lo cual es prioridad la rehabilitación integral de todas las celdas de esta torre, para poder garantizar el servicio con una mejor eficiencia.

## **OBJETIVO GENERAL**

Modernizar la torre de enfriamiento DE-101 para obtener un sistema de enfriamiento confiable y de calidad que nos garantice una eficiente operación y un ahorro en insumos, proporcionando un mejor servicio a las plantas de proceso del complejo petroquímico pajaritos.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Describir las partes que componen una torre de enfriamiento.
- Conocer las características de una torre de enfriamiento
- Conocer la problemática de la torre de enfriamiento.
- Describir el Proceso de rehabilitación de la torre de enfriamiento DE-101.
- Evaluar la operación y rehabilitación de la torre de enfriamiento.
- Analizar los beneficios de un sistema de enfriamiento eficiente.

# INDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPITULO I GENERALIDADES</b> .....	3
1.1 Descripción Historica .....	4
1.2 Tipos de Torres de Enfriamiento.....	11
1.3 Agua Cruda y Pretratamiento .....	14
1.4 Problemas que Causan los Contaminantes e Impurezas del Agua .....	18
<b>CAPITULO II DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO</b> .....	20
2.1 Planteamiento del Problema .....	21
2.2 Descripción del Sistema de Enfriamiento de la Torre DE-101 Actual.....	24
2.3 Características Generales de la Torre de Enfriamiento DE-101 .....	29
<b>CAPITULO III PROCESO DE REHABILITACIÓN DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO DE-101</b>	36
3.1 Logística de Planeación .....	37
3.2 Rehabilitación de la Torre de Enfriamiento DE-101 .....	40
3.3 Operación del Sistema .....	71
3.4 Beneficios de la Rehabilitación de la Torre de Enfriamiento .....	72
<b>CONCLUSIÓN</b> .....	79
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	80
<b>GLOSARIO</b> .....	82
<b>ANEXOS</b> .....	86



## INTRODUCCIÓN

Las torres de refrigeración o enfriamiento son estructuras para refrigerar agua y otros medios a temperaturas muy altas. El uso principal de grandes torres de refrigeración industriales es el de rebajar la temperatura del agua de refrigeración utilizada en plantas de energía, refinerías de petróleo, plantas petroquímicas, plantas de procesamiento de gas natural y otras instalaciones industriales.

Tanto el medio de enfriamiento como el sistema mismo, se deben definir en función de diferentes factores, tales como niveles de temperatura, disponibilidad y calidad del medio de enfriamiento, propiedades termofísicas, equipo requerido, inversión en el sistema, pérdidas y reposición etc.

Por su abundancia relativa, calidad y propiedades, el agua ha sido un medio efectivo de enfriamiento en toda la industria y que sin embargo, debido a la creciente demanda que provoca el desarrollo industrial. Cada vez se dificulta su utilización eficiente y requiere de inversiones adicionales a su tratamiento, reenfriamiento y en el mantenimiento de todo sistema.

Es bien comprensible que debido a las características del agua y a los problemas de su escasez, los sistemas de enfriamiento que lo utilizan deben ser cada vez más eficientes y por consiguiente los equipos que lo integran.

En la industria cada día se emplean más equipos donde se usa agua como medio de enfriamiento, por ser esta relativamente barata y con una gran capacidad de absorber calor. Pero aun así a ninguna industria le conviene tirar al drenaje esa agua que se ha calentado, ni tampoco almacenarla esperando a que se enfríe pues esto crearía como resultado el tener que almacenar volúmenes enormes de agua.

Las torres de enfriamiento tienen como función específica el enfriamiento del agua en un proceso esto se logra por medios mecánicos para disipar el calor, el cual proviene de los condensadores, enfriadores, cambiadores de calor y otros tipos de proceso. El agua es el agente absorbedor y transmisor del calor y la torre el medio para la eliminación del mismo.

El agua de enfriamiento controla las temperaturas de operación de los procesos y equipos dinámicos. El contar con un servicio de agua de enfriamiento confiable y de calidad es muy apreciado y necesario para garantizar la eficiencia de la planta.

La torre DE-101 es uno de los modelos más antiguos tiene un diseño original, actualmente la problemática existente se debe a que está en un medio corrosivo y a la falta de mantenimiento y reemplazo de materiales. El cual deriva la disminución de su eficiencia termodinámica afectando a los equipos y a la producción.

En este trabajo se muestra la rehabilitación de una torre de enfriamiento donde se conocerán las modificaciones, su proceso constructivo, las condiciones de operación y las mejoras, para alcanzar una mayor eficiencia con la finalidad de reducir pérdidas en insumos y costos.

Para la rehabilitación de la torre de enfriamiento se realizó una programación para la ejecución de los trabajos donde intervienen obra civil, obra mecánica, obra eléctrica, internos, instrumentos, y pruebas. Para determinar el procedimiento adecuado de construcción para la terminación de los trabajos en tiempo.

Con la rehabilitación se busca recuperar la máxima eficiencia de la torre, con la sustitución de materiales de alta tecnología y alcanzar la máxima capacidad térmica de diseño.

# CAPITULO I

## GENERALIDADES

## 1.1 DESCRIPCIÓN HISTORICA

La industria petroquímica, tiene la función de producir sustancias y productos químicos básicos derivados del gas natural, el petróleo y el carbón. Ha desempeñado un papel fundamental en la estructuración y organización de algunas costas de México, entre ellas la región sureste de Veracruz. El sector petroquímico mexicano tiene la capacidad que lo posiciona como potencia petrolera de primera línea, tanto en petroquímica básica como en los derivados.

La industria petroquímica sirve de plataforma para apoyar el desarrollo y el crecimiento de México, además de que desarrolla cadenas productivas.

La Industria Petroquímica es una actividad de suma importancia en la población para el desarrollo de las actividades cotidianas, así como la satisfacción de diversas necesidades demandadas por la sociedad y lo más relevante es que apoya a la economía de los individuos y su nación así como el desarrollo sustentable, creando fuentes de empleo desde la producción de los productos químicos básicos luego la distribución a los clientes directos para crear un producto que finalmente llegará a manos del consumidor.

Los inicios de la industria petroquímica en México se remontan a los primeros años de la década de los 50's con la fabricación de amoníaco, y a fines de la misma década Pemex inicio la producción de azufre a partir de gas natural amargo, igualmente se inicia la producción de Dodecibenceno que es materia prima para elaborar detergentes.

Pronto se pudo detectar la importancia que para el país tenía esta naciente industria por el papel tan importante que representa en nuestra vida diaria, ya que es fuente abundante de suministro de materiales necesarios para la fabricación de un gran número de fertilizantes, fibras textiles, materiales de construcción, plásticos, pigmentos, medicinas, perfumes, componentes de vehículos automotores de la industria electrónica, etc.

De esta forma, en 1964 nace la gerencia de petroquímica teniendo la enorme tarea de planear su desarrollo. Es así como se sientan las bases del complejo petroquímico pajaritos, que fue diseñado para aprovechar el etano que viene asociado al gas natural de los pozos petroleros.

En su primera etapa tiene como materia prima el gas residual de la torre absorbidora de la venta tabasco. Con un alto porcentaje de etano. El día 18 de marzo de 1967 el presidente de la republica Lic. Gustavo Días Ordaz inauguro oficialmente este centro de trabajo que es orgullosamente el complejo pionero de la petroquímica en México, de donde se proyectan los nuevos procesos para un aprovechamiento integral de todos los productos del gas.

Siendo, como se dijo, el primer complejo petroquímico, su crecimiento ha sido por etapas. Con la idea de incrementar la producción de su principal producto que es el cloruro de vinilo, de acuerdo a las demandas del país, y a su vez, aprovechar la infraestructura existente así como la experiencia de su personal técnico y manual. Es así como la primera etapa consta de cinco plantas de proceso, con sus servicios de apoyo correspondientes.

El 18 de marzo de 1972 se inició la segunda etapa que comprendió la puesta en marcha de otras seis plantas de proceso y sus servicios de apoyo.

En 1982 se inició la tercera etapa con la apertura de tres plantas de derivados clorados y el 2 de abril de 1987 inicio operaciones la planta de percloroetileno y tetracloruro de carbono.

<b>PRIMERA ETAPA</b>	<b>SEGUNDA ETAPA</b>	<b>TERCERA ETAPA</b>	<b>ACTUALMENTE</b>
Etileno I	Criogénica	Percloroetileno	Oxicloracion II
Dicloroetano I	Etileno II	Tetracloruro de carbono	Cloruro de vinilo III
Cloruro de Vinilo I	Óxido de etileno		Percloroetileno II
Cloruro de Etilo	Dicloroetano II		
Acetaldehído	Oxicloracion I		
	Cloruro de vinilo II		

**TABLA 1 Etapas de Apertura de las Plantas de Proceso**

En la tabla 1 se muestra las tres etapas de apertura de las plantas de proceso en el complejo petroquímico pajaritos. Empezando con cinco plantas de proceso en la primera etapa, seguido de una segunda etapa con seis plantas de proceso, y una tercera etapa con dos plantas de proceso. Debido a los avances tecnológicos, los procesos de las plantas de Cloruro de Etilo I, Cloruro de Vinilo I y Oxicloracion I se volvieron obsoletas y se dieron de baja por su poca rentabilidad.

A raíz de la exigencia de la SEDUE para que petróleos mexicanos elabore gasolinas sin plomo, se decidió transformar la planta de Etileno I en la primera planta del país productora de metil terbutil éter, iniciando su producción el 19 de julio de 1991 con 170 ton/día, contribuyendo a mejorar el medio ambiente y al ahorro de divisas al reducir las importaciones de este producto.

Pemex Petroquímica es una Subsidiaria de Petróleos Mexicanos que a través de sus ocho Complejos Petroquímicos elabora, distribuye y comercializa una amplia gama de productos petroquímicos secundarios.

Pero nada sería posible sin el trabajo del personal humano que labora en cada uno de los complejos.

En 1992 inició sus operaciones el complejo petroquímico pajaritos como una esperanza para que el país no se quedara rezagado en el avance tecnológico mundial.

### **1.1.1 COMPLEJO PETROQUIMICO PAJARITOS:**

Este complejo se localiza en la zona sureste de la república mexicana, cercano a la ciudad de Coatzacoalcos, en el estado de Veracruz. El área en que se encuentra instalado es de 47 hectáreas, y actualmente cuenta con 12 plantas de proceso en operación. La capacidad de proceso que se tiene instalada es de 1'337,000 T/A, distribuidas en la siguiente forma:

- 7 plantas de productos finales
- 5 plantas de productos intermedios
- Sistema integral de tratamientos de efluentes

Como apoyo a esas plantas se tienen. Además: dos sectores de servicios auxiliares, un sector de generación de energía eléctrica, un sector de tratamiento de agua, el sector de movimiento de productos, laboratorios, talleres, almacenes, servicio médico y otros servicios.

Petroquímica Pajaritos se encuentra ubicada en el área industrial que tiene el mismo nombre se teniendo las siguientes colindancias.

Al norte colinda con: C. Rodia industrias y agronitrogenados.

Al sur colinda con: Celanese, CFE, y Cydsa-Iquisa.

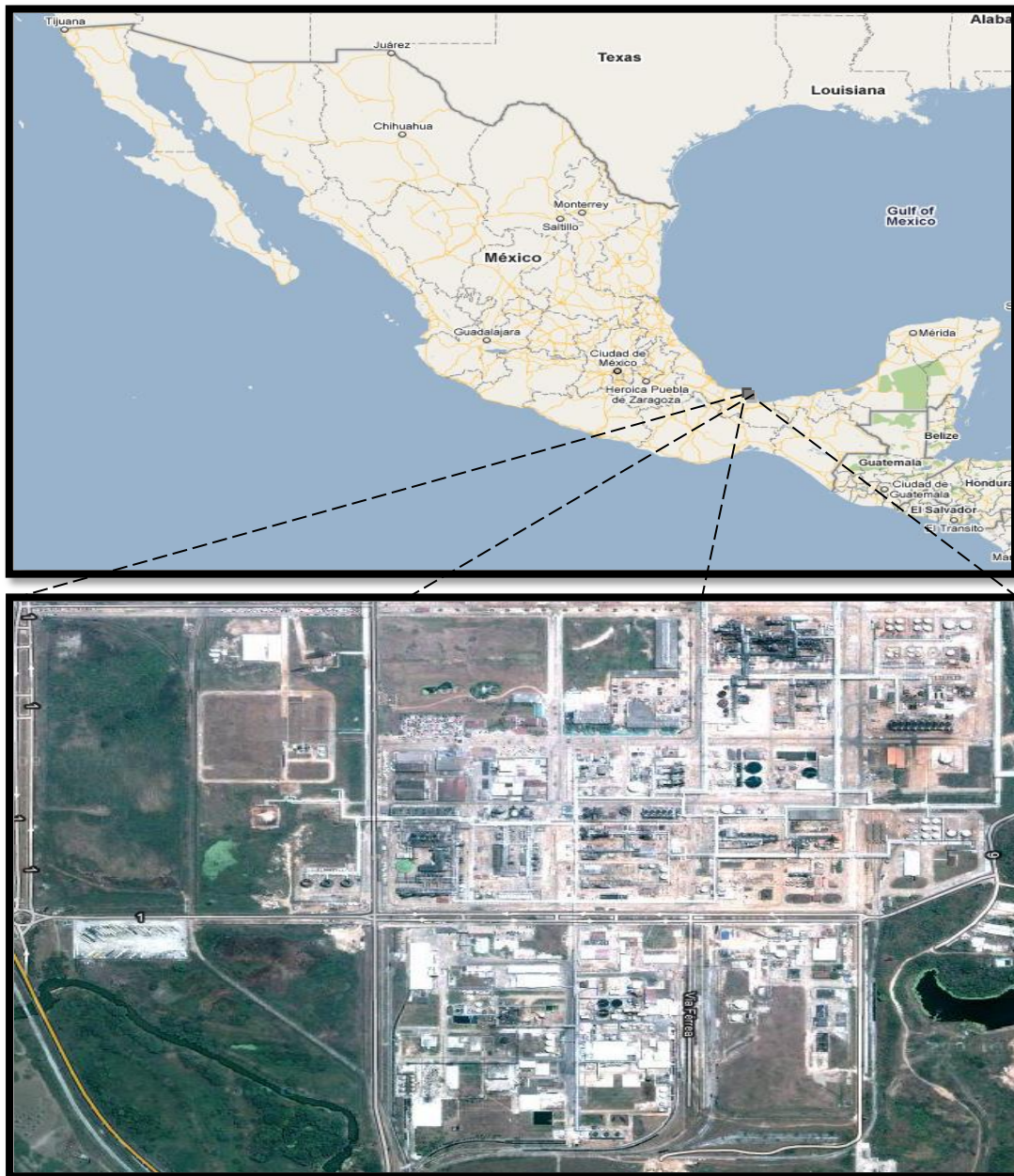
Al oriente con: rack de tuberías ínter complejos.

Al poniente con terrenos baldíos (propiedad federal).

Las instalaciones de Petroquímica Pajaritos están divididas en Pemex – Petroquímica y Pemex – Gas (P.G.) y Petroquímica básica (P.B.), correspondiéndoles a ambas la administración de la planta criogénica y los ductos de gas, así como el área de los Quemadores Multijet, el área restante corresponde a la jurisdicción de Pemex Petroquímica.

Actualmente las instalaciones que se encuentran en operación son:

- De servicio auxiliares
- Almacenamiento y llenadoras
- Tratamiento de efluentes

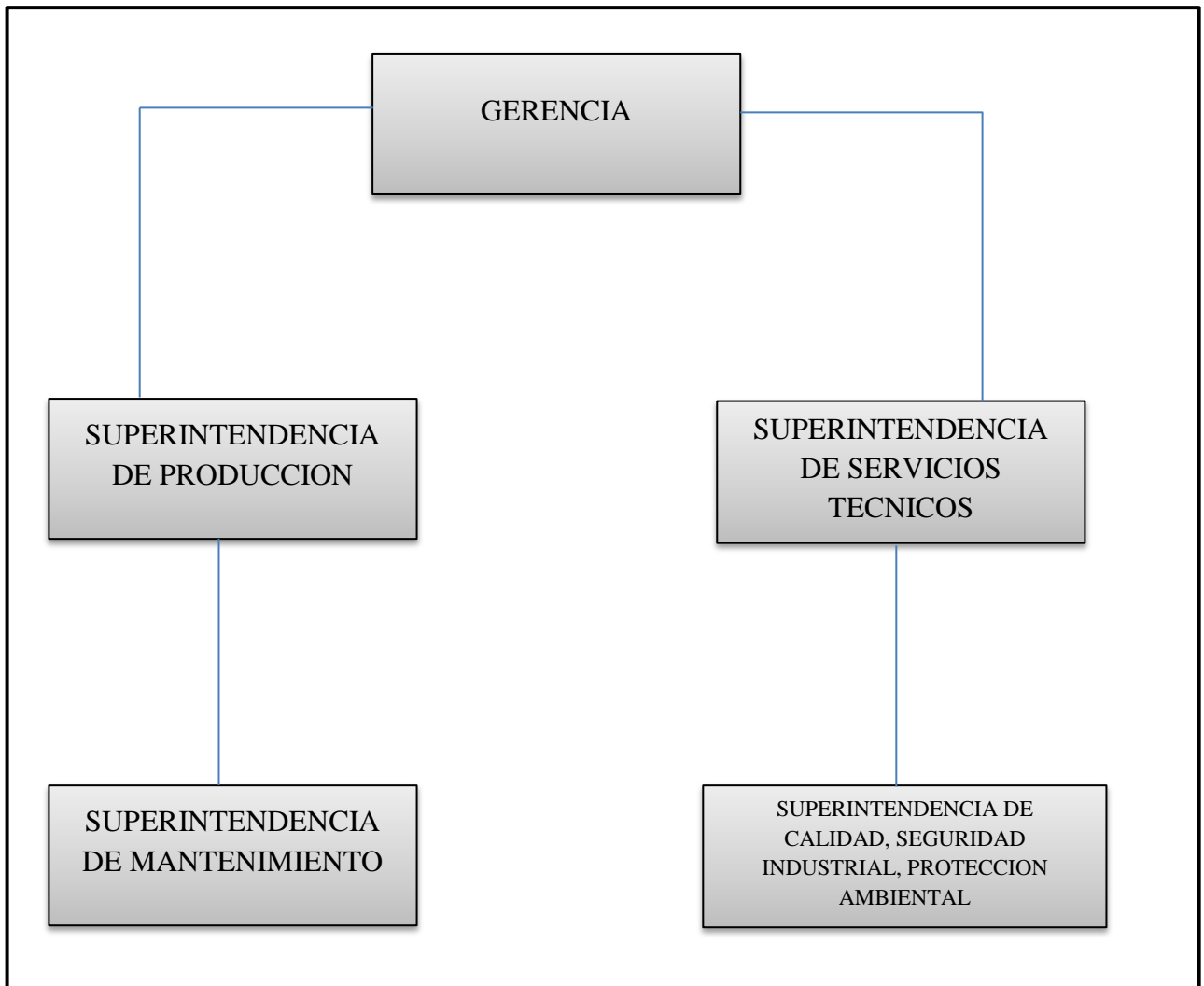


**FIGURA 1 Vista Aérea del Complejo Petroquímico Pajaritos.**

Como se muestra en la figura 1 se observa la localización y vista aérea del complejo petroquímico pajaritos ubicado a las afueras de la ciudad de Coatzacoalcos Veracruz.



Petroquímica Pajaritos es una Empresa muy bien estructurada como se muestra en la siguiente estructura de organización.



**ORGANIGRAMA 1. Estructura de Organización del Complejo Petroquímico Pajaritos.**

En el organigrama 1 se muestra la estructura de organización del complejo petroquímico pajaritos. Esta estructura parte de una gerencia y se divide en cuatro superintendencias las cuales corresponden a una superintendencia de producción, servicios técnicos, mantenimiento, y calidad seguridad industrial y protección ambiental.

### 1.1.2 MOVIMIENTOS DE PRODUCTOS:

De acuerdo al crecimiento del complejo petroquímico de pajaritos, este departamento también ha tenido sus cambios y modificaciones, inicio sus operaciones en 1967, con un almacenamiento de: 1000 ton., de cloruro de vinilo, 1000 ton., de acetaldehído manejando una carga de 150 ton., diarias de ambos productos, en auto-tanques y carro-tanques.

Actualmente se encuentra ubicado en el oriente del complejo, con instalaciones de almacenamiento, bombeo, llenadoras y oficinas.

Se tiene un almacenamiento global de:

<b>PRODUCTOS</b>	<b>CAPACIDAD</b>
Monómero de cloruro de vinilo	8000 ton.
Acetaldehído	2000 ton.
Óxido de etileno	500 ton.
Ácido muriático	500 ton.
Percloroetileno	700 ton.
Tetracloruro de carbono	200 ton.

**TABLA 2. Almacenamiento.**

Como se muestra en la tabla 2 son seis principales productos que se almacenan dentro de la industria en cada una de las diferentes plantas de proceso, Manejándose una carga total de 1,100 ton., diarias a través de auto-tanques principalmente, carros-tanques y buque-tanques.

Controlando también el suministro de insumos como: propano, propileno, metanol, sosa caustica, Ácido sulfúrico, etc.

## **1.2 TIPOS DE TORRES DE ENFRIAMIENTO**

### **1.2.1 TORRE DE TIRO NATURAL:**

El agua caliente del proceso calienta el aire en el interior de la base de la torre. El aire caliente tiene densidad más baja que el aire frío, así el aire caliente sube por la torre. A medida que el aire caliente, menos denso, sube, disminuye la presión en la base de la torre, atrayendo aire frío, más seco para el interior de la torre a través de las entradas de aire de la base. El aire es calentado y sube, como en una chimenea, sacando aire del agua, aumentando la evaporación. El tipo más común de torre de tiro natural es la torre hiperbólica. Esta se encuentra primariamente en las plantas de energía. La altura extrema de la torre reduce el potencial de pérdida de agua causada por arrastre y estimula un flujo de aire eficiente. Esta eficiencia depende de la diferencia de temperatura entre el aire caliente, húmedo dentro de la torre y el aire frío, más seco, fuera de ella. Cuanto más pequeña la diferencia, menor será la fuerza impulsora de la evaporación y menor la eficiencia de la operación de enfriamiento dentro de la torre. La humedad y la temperatura tienen un papel importante en el desempeño de una torre de tiro natural.

### **1.2.2 TORRE DE TIRO MECANICO:**

La torre de tiro mecánico usa ventiladores para mover el aire a través de la torre. Existen dos divisiones en esta categoría:

A) **TORRE DE TIRO FORZADO:** Un ventilador fuerza el aire de enfriamiento a través de la parte lateral de la torre, a contraflujo del agua. La mezcla íntima de agua caliente y aire causa evaporación del agua.

Cuando el agua evapora, ella suprime una considerable cantidad de calor. Esto enfría el líquido remanente. El efecto se llama enfriamiento evaporativo. Las torres de tiro forzado tienen un sistema de distribución de agua para proveer una distribución uniforme de agua a través del volumen principal de la torre. Además el volumen operante principal de la torre contiene un relleno (tower fill), y una serie de repartidores que quiebran el agua entrante en gotas. La reducción del agua entrante a gotas optimiza la transferencia de calor del agua caliente para el aire frío entrante y permite evaporación máxima. Para minimizar las pérdidas de

gotas de agua, se instalan eliminadores de gotas en el tope de la torre. Para mantener el flujo de aire, los laterales de una torre de tiro forzado están envueltos por paneles. Los ventiladores están equipados con velocidades de impulsión distintas y sus láminas pueden ser reguladas para controlar el caudal de aire que pasa a través de la torre. La posición de los ventiladores que mueven el aire diferencian las torres de tiro forzado de las torres de tiro inducido.

B) TORRES DE TIRO INDUCIDO: Los ventiladores están ubicados en la salida de la torre y esencialmente tiran el aire para dentro de la torre en lugar de empujarlo. Existen dos opciones más de diseño con ese arreglo: contraflujo y flujo cruzado. La dirección del agua diferencia los diseños respecto al aire de enfriamiento.

En un diseño de **contra-flujo**, aire y agua se mueven en direcciones opuestas a través de la torre. Este diseño provee eficiencia máxima de enfriamiento. El aire más frío contacta el agua más fría, transfiriendo el máximo posible de calor. Por otro lado, se exige una energía de ventilador mayor de lo que se necesita en el caso del modelo de flujo cruzado.

En un diseño de flujo cruzado, el aire se mueve perpendicularmente al agua. Ambos diseños funcionan eficientemente, pero las unidades de flujo cruzado están más propensas a un ataque biológico, problemas de formación de hielo y, debido a una pequeña pérdida de eficiencia, exigen mayores volúmenes de aire que los diseños de contra-flujo.

Los sistemas de enfriamiento industrial se clasifican en tres categorías primarias:

1.- Sistemas de un solo paso: en los cuales el agua se toma de alguna fuente primaria, se usa para enfriamiento y se descarga como desecho o se usa para otros propósitos, estos sistemas se usan dónde pueden disponerse de grandes cantidades de agua a un costo razonable, frecuentemente se usa el agua de mar como medio de enfriamiento de un solo paso.

2.- Sistemas abiertos de recirculación: En estos casos la mayor parte de agua usada para enfriamiento se recicla continuamente a alguna instalación de enfriamiento evaporativo para remover el calor absorbido en el proceso y se usa nuevamente para el proceso de enfriamiento, tal como una torre de enfriamiento.

Estos sistemas son los más usados frecuentemente debido a que no solamente proveen una remoción económica del calor, sino que la recirculación permite limitar el consumo de agua y reducir sustancialmente el costo por el agua cruda y el tratamiento de esta. Las únicas pérdidas de agua en el sistema son debidas a la evaporación que remueve el exceso de calor más el arrastre del agua por la corriente del aire y el agua que se pierde por purgado intencional ó accidental. Los reactivos agregados se reciclan constantemente reduciendo el costo por el consumo de los mismos.

3.- Sistemas cerrados: En estos sistemas esencialmente toda el agua se recicla continuamente, el calor se remueve del agua en recirculación en un intercambio de calor que puede ser enfriado por aire, refrigeración mecánica ó un sistema independiente de enfriamiento abierto.

Este sistema se usa principalmente para el enfriamiento de motores de combustión interna, los cuales no requieren reposición.

### **1.2.3 IMPORTANCIA DE LAS TORRES DE ENFRIAMIENTO**

En las plantas de refinación, petroquímica, gas y energía entre otras existentes, el sector responsable de suministrar el agua de enfriamiento tiene una función muy importante.

El agua de enfriamiento *controla las temperaturas de operación de los procesos y equipos dinámicos*. El contar con un servicio de agua de enfriamiento confiable y de calidad es muy apreciado y necesario para garantizar la eficiencia de la planta. Cuando la capacidad de enfriamiento se ve disminuida, generalmente es necesario reducir el nivel de producción bajando carga y por lo tanto impactando la eficiencia de varias plantas en su conjunto.

Las torres de enfriamiento tienen la función de bajar la temperatura del agua de enfriamiento. Para ello se induce una corriente de aire a contracorriente con el agua. Esto se logra típicamente con un ventilador movido por reductor de velocidad que a su vez es accionado por un motor eléctrico. Al caer el agua se deposita en una pileta para ser posteriormente enviada a las plantas por bombas de recirculación.

## **1.3 AGUA CRUDA Y PRETRATAMIENTO**

### **1.3.1 EL AGUA**

El agua como elemento esencial de la vida ha sido parte determinante en el desarrollo de la humanidad, desde las más antiguas civilizaciones prehispanicas hasta nuestros tiempos, el hombre la ha usado en diversas funciones, haciéndola llegar a sistemas de captación, transmisión, almacenaje y distribución industrial, humana y animal, así como para la irrigación y cultivo de la tierra.

En el transcurso de los años el concepto de aprovechamiento del agua a sufrido grandes modificaciones, como consecuencias de la explosión demográfica, las grandes aglomeraciones humanas le han dado múltiples y muy variados usos: el continuo proceso de urbanización explotación intensiva de los campos agrícolas, la desenfrenada carrera tecnológica e industrial, los avances científicos, la necesidad de generación de energía eléctrica y el desarrollo moderno ha desembocado en un irracional uso del agua.

Si bien, es cierto que más de tres cuartas partes de la tierra están constituidas de agua, la mayor parte de esta un 95 %, es agua salada comúnmente fuera del consumo humano, el 5 % restante constituido prácticamente por el agua utilizable, es reducido al 1 % por estar el 4 % fuera del alcance humano, esta pequeña cantidad es la que a través de su ciclo hidrológico, ha sido utilizada por la humanidad es su evolución histórica.

El agua como se encuentra en la naturaleza no es totalmente pura, si así fuera no sería necesario el tratamiento para acondicionarla a los usos que se le destina.

El agua siempre contiene impurezas en solución suspendidas o disueltas. La determinación de estas impurezas constituyen el análisis químico de las aguas, el control de ellas constituyen el tratamiento de aguas.

El agua pura no tiene color (incolora), no tiene olor (inodora) y no tiene sabor (insipida). Es un compuesto químico expresado por la fórmula  $H_2O$  y esta formada por dos volúmenes de hidrogeno y un volumen de oxigeno combinados químicamente, sin embargo debido que es un solvente casi universal, prácticamente todas las sustancias están disueltas en ella. El peso molecular del

agua es 18.016, tiene un peso específico de 1.0, su temperatura de ebullición es de 100 °C, su punto de fusión es de 0 °C, calor sensible de 1.0 Kcal/kg °C y calor latente de vaporización de 580.0 (30 °C) a 571.5 (45 °C) Kcal/kg.

### **1.3.2 EL AGUA CRUDA:**

Se considera como agua cruda aquella que no ha recibido ningún tratamiento previo a su uso. El agua cruda empleada en las instalaciones industriales reúne determinadas características en lo que respecta a la concentración y tipo de compuestos que normalmente le acompañan, sin embargo, dichos compuestos ó impurezas son característicos de las fuentes de suministro y de la época del año. Las fuentes de suministro podemos dividir las en cuatro tipos:

#### **A) Agua de lluvia:**

El agua de lluvia, debería estar libre de contaminantes, pero a medida que se aproxima a la superficie terrestre va contaminándose con gases atmosféricos ( $O_2$ ,  $N_2$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ) y humos en suspensión, así como de microorganismos, polvo y otras impurezas que normalmente se encuentran en la atmósfera. Cuando comienza el proceso de pre colación a través de las capas superficiales, absorbe más  $CO_2$  formando  $H_2CO_3$ , ocasionando un incremento en su potencia de solvente y por lo tanto disolverá los compuestos inorgánicos y orgánicos de las diferentes capas por las que atraviesa y que serán los que les confieran las características con las que finalmente se le encuentre.

#### **B) Aguas superficiales:**

Las aguas superficiales están constituidas en su mayor parte por el agua de lluvia, de aquí que los contaminantes que la hacen impura sean característicos de las diferentes zonas por las que atraviesa. Corresponden a este tipo de agua los ríos. Aguas de estanque y lagos.

### **C) Agua de mar:**

El agua de mar presenta las más altas concentraciones de sólidos disueltos y materia orgánica, de aquí que su uso este limitado, debido al alto costo de tratamiento, pues los métodos de evaporación instantánea requieren en la actualidad de enormes inversiones, haciendo que su uso sea muy limitado.

### **D) Aguas del subsuelo:**

Las aguas del subsuelo provenientes de pozos poco profundos pueden ser blandas ó duras, dependiendo de la composición del área que los rodea. La filtración natural, hace que esta agua este relativamente libre de turbidez y de materia orgánica. El agua de pozos profundos tiene una alta concentración de sólidos disueltos. El agua de manantiales generalmente es afectada por los componentes normales de la superficie.

### **1.3.3 IMPUREZAS DEL AGUA:**

Las impurezas que pueden estar disueltas en el agua pueden dividirse en tres grupos:

#### **A) Solidos suspendidos:**

Solidos suspendidos son los que no se disuelven en el agua, tales como arena, arcilla, materia orgánica, lodos, etc. Estos pueden ser eliminados por filtración, hay tres categorías de solidos suspendidos:

Turbidez fina: kaolinita, bentonita, microorganismos (algas, virus, bacterias, etc.)

Turbidez gruesa: carbón, carbonato de calcio, arena, cuarzo y materia que sedimenta.

Color: ácidos húmicos y fulvico, taninos y ligninas, contaminantes industriales.

#### **B) Solidos disueltos:**

Solidos disueltos son compuestos químicos disueltos, como por ejemplo: cloruros, dureza, alcalinidades, etc., estos no pueden separarse por filtración, estos requieren de un sistema más sofisticado.



### **C) Gases disueltos:**

Los gases disueltos como su nombre lo indica se encuentran disueltos en el agua, son como el oxígeno, nitrógeno bióxido de carbono, etc. Y por lo general se pueden eliminar por ebullición de esta.

Todas estas impurezas del agua natural ó cruda son causa de problemas ó dificultades de más ó menos importancia, por lo que se hace necesario determinar su concentración para posteriormente eliminarlas mediante el tratamiento adecuado.

## **1.4 PROBLEMAS QUE CAUSAN LOS CONTAMINANTES E IMPUREZAS DEL AGUA:**

### **Turbidez:**

Le da apariencia desagradable al agua, taponamiento en las líneas, equipos de proceso, calderas, etc., esta turbidez es causada por la materia insoluble, ácidos y contaminantes industriales.

### **Materia orgánica:**

Produce corrosión bacterial, depósitos y espuma en calderas, contamina las resinas de intercambio iónico.

### **Dureza:**

La constituyen las sales de calcio, magnesio, bario, aluminio, manganeso y fierro, estas producen incrustaciones en equipos de intercambio de calor y calderas.

### **Alcalinidad:**

Está formada por carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, contribuyen a la formación de espuma y arrastre de sólidos con el vapor, causa fragilización del metal. Los carbonatos y los bicarbonatos producen gas carbónico que es una fuente de corrosión.

### **Cloruros:**

Incrementan el contenido de sólidos disueltos en el agua y aumenta su carácter corrosivo.

### **Sílice:**

Forma incrustaciones duras en calderas y sistemas de enfriamiento, dando como resultado problemas mecánicos y de transferencia de calor. Al ser arrastrada por el vapor forma depósitos en las turbinas.

### **Fierro:**

Causa depósitos en líneas de agua y calderas, ataca las resinas de intercambio iónico.

### **Bióxido de carbono:**

El gas carbónico causa corrosión en líneas de vapor y condensado.

**Oxígeno:**

Causa corrosión del metal en calderas, calentadores y líneas de vapor.

**Aceites, lubricantes y solventes:**

Alimentan las colonias de bacterias y algas en los sistemas de intercambio de calor, contaminan las resinas de intercambio iónico, neutralizan los efectos de los reactivos en calderas, resina, carbones filtrantes y demás sistemas de tratamiento químico.

**CAPITULO II**  
**DESCRIPCION DEL SISTEMA DE**  
**ENFRIAMIENTO**

## 2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La torre DE-101 es uno de los modelos más antiguos tiene un diseño original de 6,000 GPM/CELDA, cuenta con cinco celdas por lo que la capacidad total es de 30,000 GPM.



a)



b)

**FIGURA 2.** Torre de Enfriamiento DE-101 en el Complejo Petroquímico Pajaritos.

En la figura 2. a) se muestra las condiciones en que se encuentra la torre de enfriamiento. La cual se observa con grietas en muros y persianas, también se muestra como a través de los años ha crecido en los muros materia orgánica, así como corrosión en las líneas de suministro.

En la figura 2. b) se observa que solo se encuentran en operación tres celdas.

Actualmente la problemática existente en la torre de enfriamiento DE-101 es que existen internos fuera de su lugar (caídos) y al deterioro que han sufrido las celdas por estar expuestas a un medio corrosivo y al periodo de servicio (año 1997 cambio de internos) lo cual deriva en la disminución de su eficiencia termodinámica. Afectando a los equipos y a la producción.



**FIGURA 3. Internos o Surtidor por Salpicadura de Flujo Cruzado.**

En la figura 3 se muestra las condiciones de los internos ó surtidor por salpicadura de flujo cruzado. Estos internos están hechos de PVC. Algunos se encuentran deteriorados al paso del tiempo. Esto ocasiona que se encuentren en una posición inadecuada. Y al no estar en la posición óptima dejan de realizar el funcionamiento correcto.

También se observa que los soportes y estructura que sujeta las mallas donde se colocan los internos, se encuentran con alto índice de corrosión, provocando que todos los internos de PVC se caigan y no realicen el correcto funcionamiento.

Debido a la necesidad de dar el servicio al incinerador II, servicios auxiliares III y a la planta de derivados clorados II (por su posible puesta en operación).

## 2.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE LA TORRE DE-101 ACTUAL:

La torre de enfriamiento DE-101 tiene una Capacidad: 30,000 GPM de diseño cuenta con una superficie de terreno de 3,645 M2. La Materia prima: agua pre tratada. Como se muestra en la figura 4.



**FIGURA 4. Torre de Enfriamiento DE-101.**

Se cuenta con un cárcamo de bombeo, con 4 bombas instaladas con capacidad de 15,000 GPM cada una. Las cuales descargan a 4.8 kg/cm<sup>2</sup>. (Operando 3 bombas) con flujo promedio de 28,000 GPM. Como se muestra en la figura 5.





**FIGURA 5. Cárcamo de Bombeo.**

El servicio de esta torre es a las plantas de óxido de etileno, clorados II, Criogénica, acetaldehído, servicios auxiliares II, talleres y edificios.

El agua de enfriamiento que se envía a las plantas absorbe el calor del proceso y retorna por la parte superior a la torre de enfriamiento a una temperatura promedio de 38.0 grados centígrados, distribuyéndose en 5 celdas (un ventilador por celda), como se muestra en la figura 6.



**FIGURA 6. Ventilador con Reductor.**

El agua de retorno llega a unas charolas de distribución y sale por unas boquillas atravesando una cama de empaquetadura (relleno de polipropileno), como se muestra en la figura 7 poniéndose en contacto en flujo cruzado con una corriente de aire inducida por un ventilador con lo cual es eliminado el calor, la temperatura promedio de salida es de 31°C dando una diferencia de temperatura entre entrada y salida de -7 grados centígrados aproximadamente el agua ya enfriada es colectada en un bacín el cual alimenta al cárcamo de succión de las bombas.



**FIGURA 7. Depósito de Agua Caliente.**

Agua de repuesto make-up: durante el proceso de enfriamiento se tienen pérdidas de agua por efectos de evaporación, purga y arrastre con el aire, por lo que se tiene un consumo promedio de 392 gpm.

El tratamiento químico es dosificado por medio de equipo de bombeo, a base de un inhibidor de corrosión, dispersante, biodispersante y biocidas.

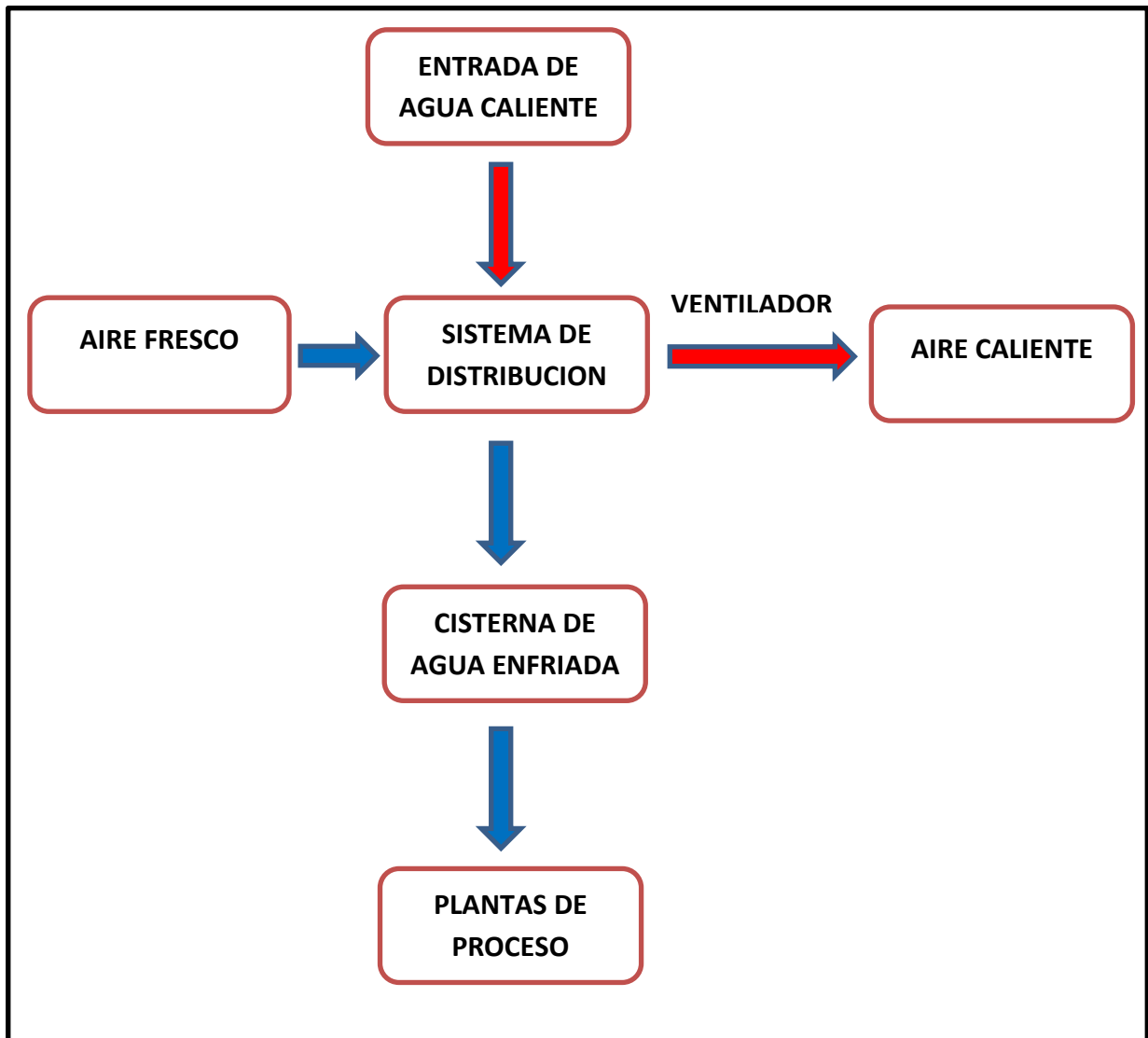
El sistema de control de nivel de cárcamo de succión de bombas es neumático.

Se cuenta con tablero de instrumentos, con equipo de medición y registro de: ph, temperatura del agua de recirculación de entrada y salida, flujo de agua de repuesto, indicador digital de presión de agua de enfriamiento de suministro.

-Se cuenta con rack porta testigos con probetas para la medición de la corrosión con equipo y para colocación de testigos metálicos.

Medición de flujo de agua de repuesto:

- a) Se tiene instalada placa de orificio en la línea de repuesto con agua cruda y pre tratada, medición por totalizador e instantánea y registró con transmisión al cuarto de control.



**DIAGRAMA DE BLOQUE 1. Descripción del Proceso de Enfriamiento.**

En la estructura de funcionamiento de una torre de enfriamiento se tiene un proceso en ciclo, el cual funciona con una entrada de agua caliente que pasa por el sistema de distribución, donde hay una entrada de aire fresco que pasa a través del sistema de distribución, el cual ayuda al intercambio de temperaturas entre agua y aire. y este es retirado del sistema mediante un ventilador que su función es retirar el aire caliente del sistema de distribución, dejando solo en el sistema agua enfriada en una cisterna para poder ser utilizada en las plantas de proceso con las condiciones de temperatura adecuadas para su utilización. Como se muestra en el diagrama de bloque 1.

## 2.3 CARACTERISTICAS GENERALES DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO DE-101

En las tablas 3 se muestra las características generales de diseño de la Torre de Enfriamiento DE-101.

<b>Tipo</b>	<b>Tiro inducido, Doble flujo cruzado</b>
Identificación	DE-101
Capacidad	30,000 GPM
Capacidad térmica	435,000 MMBTU/hr
Temperatura de bulbo húmedo	27.2 °C
Temperatura de suministro	30.0 °C
Temperatura de retorno	46.1 °C
Rango de enfriamiento	16.1 °C
Aproximación	2.88 °C
Altura sobre el nivel del mar	8.0 m
Carga del viento horizontal	244 kg/cm <sup>2</sup>
Velocidad del viento	200 km/hr
Extensión de columnas debajo de la columna de la base	1.62 m
Altura total de bombeo	10.52 m
Perdidas por arrastre	Menor de 0.2 %
Perdidas por evaporación	2.42 %
Capacidad de cada celda	6,000 GPM
Galones de agua por m <sup>2</sup> de área proyectada	60.05 GPM/m <sup>2</sup>
Volumen total de enfriamiento	5,240 m <sup>3</sup>
Velocidad del aire	2.43 m/seg
Velocidad del agua en el tubo de elevación	3.05 m/seg
Temperatura del aire que sale de la torre	36.7 °C
Velocidad del aire que entra a la torre	2.43 m/seg
Velocidad del aire que sale de la torre	10.52 m/seg
Capacidad total estimada del sistema	2,500 m <sup>3</sup>
Longitud total	43.84 m

<b>Tipo</b>	<b>Tiro inducido, Doble flujo cruzado</b>
Ancho total	22.7 m
Altura total arriba de la línea de agua	9.6 m
Dimensiones de cada celda	17.4 x 8.5 m
Numero de celda	5
Arreglo de celdas	En línea
Dimensiones de foso	15.5 x 14.6 x 1.6 m
Estructura y cuerpo	Concreto reforzado
Cubierta	Concreto reforzado
Relleno	Armaduras moldeadas de polipropileno
Colocación de relleno	Colgando de 3.8 x 0.3 x 1.83 m

**TABLA 3. Características de Capacidad de la Torre DE-101.**

En la tabla 4 se muestra las características de los elementos de distribución, como eliminadores de rocío, cabezal de distribución, persianas, y herrajes. Los cuales son elementos necesarios para la distribución del flujo y aire dentro de la torre de enfriamiento.

<b>Tipo</b>	<b>Tiro inducido, Doble flujo cruzado</b>
Eliminadores de rocío	Polipropileno
Cabezal de distribución	Acero al carbón
Sistema de distribución	Por gravedad a base de charolas
Material de distribución (rompedores de chorro)	Anillos regulables de polipropileno
Subidas a cada celda	5 retornos
Diámetros de los retornos	16 pulgadas
Persianas	Concreto reforzado
Herrajes (soportes, anclas y abrazaderas)	Acero galvanizado
Escalera lado oeste	Concreto reforzado
Espaciamiento entre estructuras	1.2 x 2.4 m
Extensión de las columnas	1.62 m
Tipo de anillo de ventiladores	Venturi
Altura del tiro de ventiladores	4.28 m

**TABLA 4. Características de Distribución de la Torre DE-101.**

Equipo mecánico: conformado por una estructura para el ventilador, un motor, un reductor de velocidad, un ventilador de aspas de diferentes tipos y materiales, una flecha de transmisión y bujes reductores de vibración entre otros. En la tabla 5 y 6 se muestran las características de los ventiladores y reductores de la torre de enfriamiento.

Número total	5 BV 101 A/B/C/D/E
Tipo	Aspas múltiples
Fabricante	Marley
Modelo	H - 3 - 12
Diámetro	6.71 M
Numero de aspas	12
Material de la masa	Acero malb. Galvanizado
Material de las aspas	Aluminio
Capacidad de cada ventilador	27,414 m <sup>3</sup> /min
Presión estática	6.60 mm H <sub>2</sub> O
Presión dinámica	11.68 mm H <sub>2</sub> O
Presión total	18.27 mm H <sub>2</sub> O
Eficiencia	66 %
Arreglo de las aspas	46 °
Cantidad de ruido a 15 m	77 decibeles
BHP incluyendo perdidas en el reductor	125 HP
Potencia total	125 HP

**TABLA 5. Características de los Ventiladores de la Torre DE-101.**

#### REDUCTORES DE VENTILADORES

Número total	5
Tipo de engranes	Conico helicoidal
Numero de reducciones	2
Fabricante	Marley
Relación	11.18 : -1
Eficiencia	95 %
HP a factor de servicio	131.5 HP

**TABLA 6. Características de los Reductores de la Torre DE-101.**

En la tabla 7 se muestran las características, de la flecha que se utiliza para el acoplamiento del motor-reductor. El cual nos ayudara a obtener el sentido de giro previsto para el árbol de accionamiento.

#### FLECHA MOTOR-REDUCTO

Fabricante	Marley
Tipo	Coples flexibles no lubricados
Material de la flecha	Acero al carbón galvanizado
Material de la brida	Acero galvanizado
Material de tornillos, tuercas	Acero inoxidable
Acoplamiento	Tacones de hule

**TABLA 7. Características de la Flecha de Transmisión de la Torre DE-101.**

#### MOTORES DE VENTILADORES

En la tabla 8 se muestran los motores que se utilizan para el movimiento de los ventiladores. Donde se cuenta con cinco motores tipo jaula de ardilla de la misma potencia y velocidad.

Numero de motores	5
Tipo	Jaula de ardilla
Fabricante	IEM
Velocidad	1750 rpm
Numero de devanados	4 polos
Potencia	125 HP
Corriente a voltaje pleno	145 Amp.
Voltaje	440 Volts
Frecuencia	60 cps
Fases	3

**TABLA 8. Características de los Motores de la Torre DE-101.**



En la tabla 9 se muestran las características técnicas, tipo, capacidad, Marca y modelo, de las bombas, que utiliza la torre de enfriamiento. Donde se cuentan con cuatro bombas de la misma marca y capacidad de tipo doble succión. Las cuales nos ayudaran a obtener los niveles de suministro necesarios para la operación de la torre de enfriamiento.

### BOMBAS

Fluido, gravedad específica y viscosidad	Agua 1.0, 1.0 cp
Numero de bombas	4 BA 100 A/B/C/E
Marca	Binghan pump
Modelo	20 x 22 vs
Tipo	Doble succion
Capacidad	15,000 GPM
Velocidad	1,170 rpm
Potencia	756 HP
Impulsor	Bronce
Cabeza total	164 pies
Diámetro de descarga	20 pulgadas
Presión de succión	0 psig
Presión de descarga	70 psig
Eficiencia	84 %
Nivel mínimo de operación	1.40 m
Temperatura de operación	30 °c

**TABLA 9. Características de las Bombas de la Torre DE-101.**

## MOTORES DE BOMBAS

En la tabla 10 se muestran las características de los motores de bombas que maneja la torre de enfriamiento, los cuales son de diferentes marcas pero cumplen con los requerimientos necesarios para su operación. Estos motores son tipo jaula de ardilla, teniendo una diferencia en su potencia.

Marca	REMSA	IEM	General Electric
Corriente	Alterna	Alterna	Alterna
Fases	Trifásico	Trifásico	Trifásica
Tipo	Jaula de ardilla	Jaula de ardilla	Jaula de ardilla
Amperaje	102.5 Amp.	140 Amp.	99.6 Amp.
Voltaje	4,160 volts	4,160 volts	4,160 volts
Frecuencia	60 CPS	60 CPS	60 CPS
Potencia	800 Hp	1,100 Hp	800 Hp
Velocidad	1,170 RPM	1,170 RPM	1,170 RPM

**TABLA 10. Características de Motores de las Bombas de la Torre DE-101.**

## REDUCTOR DE BOMBA

En la tabla 11 se muestra el reductor de bomba que se utiliza para reducir la velocidad de una forma segura y eficiente, logrando una regularidad perfecta tanto en velocidad como en potencia transmitida.

Número total	1
Fabricante	Philadelphia Right Anglegar
Modelo	21 MFP
Potencia	800 HP
Velocidad de entrada	3,560 rpm
Velocidad de salida	1,187 rpm
Relación	3.0 : 1

**TABLA 11. Características de Reductor de la Torre DE-101.**

## TURBINA

En la tabla 12 se muestra las características de la turbina que se utiliza en la torre de enfriamiento, la cual es necesaria para tener el fluido de manera continua.

Número total	1
Fabricante	Quantron (In Gersoll Rand)
Modelo	2 DYR
Vapor de entrada	620 psig
Vapor de salida	65 psig
Velocidad	3,560 rpm
Potencia	1,115 Hp

**TABLA 12. Características de Turbina de la Torre DE-101.**

**CAPITULO III**  
**PROCESO DE REHABILITACION**  
**DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO**  
**DE-101**

### 3.1 LOGISTICA DE PLANEACION

El proceso de rehabilitación se tiene contemplado realizarlo en 10 meses de reparación para la ejecución de los trabajos que integran la rehabilitación de la torre de enfriamiento DE-101.

PROGRAMA DE REHABILITACION DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO DE-101											
CONCEPTO	% REV	jun-11	jul-11	ago-11	sep-11	oct-11	nov-11	dic-11	ene-12	feb-12	mar-12
OBRA CIVIL	15.00%	2.00%	2.00%		2.00%	2.00%		2.00%	2.00%		3.00%
		2.00%	4.00%		6.00%	8.00%		10.00%	12.00%		15.00%
OBRA MECANICA	20.00%		3.00%	2.00%		3.00%	2.00%		2.00%	3.00%	5.00%
			3.00%	5.00%		8.00%	10.00%		12.00%	15.00%	20.00%
OBRA ELECTRICA	25.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%
		3.00%	6.00%	9.00%	12.00%	15.00%	17.00%	19.00%	21.00%	23.00%	25.00%
INTERNOS	30.00%		6.00%		6%		6.00%		6.00%		6.00%
			6.00%		12.00%		18.00%		24.00%		30.00%
INSTRUMENTOS	5.00%							1.00%	1.00%	1.00%	2.00%
								1.00%	2.00%	3.00%	5.00%
PRUEBAS	5.00%							2.00%	1.00%	1.00%	1.00%
								2.00%	3.00%	4.00%	5.00%
											100.00%

**TABLA 13. Programa de Rehabilitación General.**

A continuación se describe la tabla 13 del programa de rehabilitación general.

#### 1.- Obra civil que equivale al 15% de la rehabilitación y consiste en:

- a) Demolición de ruta para sistema de tierra.
- b) Demolición de marquesinas, base del motor, base del Venturi, entortado del bacín de agua caliente, y cimentación de las mismas, y colado.
- c) Cimentación de dados para la colocación de soportes metálicos.
- d) Resane de paredes interiores y exteriores de la torre.
- e) Demolición de la caseta de cloración y cimentación de la nueva caseta de cloración con modificaciones.
- f) Demolición y ampliación de caseta de operador.
- g) Resane del bacín de agua fría en el interior de la torre.
- h) cimentación y colado de columnas para la instalación de escalera de fibra de vidrio.
- i) Rehabilitación de escalera lado oeste, resane y colado.

## 2.- Obra mecánica que equivale al 20 % de la rehabilitación y consiste en:

- a) Elaboración de soportes metálicos para la ruta de tubería que alimenta a los motores.
- b) Desmantelamiento y instalación de bastones de tubería de acero al carbón de la línea de agua que alimenta la torre.
- c) Pruebas hidrostáticas y neumáticas a líneas de tubería de suministro.
- d) Instalación de bridas,
- e) Colocación de motor, colocación de flecha, colocación de reductor, así como la alineación de dicho sistema.

## 3.- Obra eléctrica que equivale al 25 % de la rehabilitación y consiste en:

- a) Colocación de tubería conduit de diferentes diámetros.
- b) Analizar ruta de tubería para la alimentación de fuerza y control para cada motor que se encuentran ubicados en la parte superior de la torre, para cada celda correspondiente (a, b, c, d, e). y para sistema de alumbrado de la torre de enfriamiento en campo.
- c) Desmantelamiento de tubería que alimenta a cada una de las celdas, cada celda fue puesta fuera de operación y alimentada con la instalación.
- d) Analizar la llegada de la tubería al cuarto de control de motores (CCM) No 50, y la instalación de una placa de penetración con los diferentes diámetros de la tubería
- e) Alimentación de motor con cables.

MOTORES	CABLES DE FUERZA	CABLES DE CONTROL	RESISTENCIA CALEFACTORAS	SENSOR DE VIBRACION
BV-101 A	CALIBRE 250	CALIBRE 10	CALIBRE 12	CALIBRE 12
BV-101 B	CALIBRE 4/0	CALIBRE 10	CALIBRE 12	CALIBRE 12
BV-101 C	CALIBRE 4/0	CALIBRE 10	CALIBRE 12	CALIBRE 12
BV-101 D	CALIBRE 4/0	CALIBRE 10	CALIBRE 12	CALIBRE 12
BV-101 E	CALIBRE 4/0	CALIBRE 10	CALIBRE 12	CALIBRE 12

**TABLA 14. Conductores Para Cada Celda.**

En la tabla 14 se muestra los tipos de conductores para la alimentación del motor para cada celda.

Se realizaron pruebas de meggeo, amperaje a motor y cables.

- f) Instalación de sistema de tierra con deltas para aterrizar motores, botoneras, instalación del sistema de para rayos.
- g) Instalación de sistema de alumbrado en la parte superior de la torre de enfriamiento.
- h) Instalación de alimentación de sistemas de control en caseta de cloración y caseta de operador.

**4.- Internos que equivale al 30 % de la rehabilitación y consiste en:**

- a) Colocación de tornillos pasantes para la colocación de riel de sujeción de malla.
- b) Colocación de riel.
- c) Colocación malla de acero inoxidable.
- d) Colocación de internos ó surtidor por salpicadura de flujo cruzado.

**5.- Instrumentos que equivale al 5 % de la rehabilitación y consiste en:**

- a) Colocación de válvula de flujo.
- b) Colocación de testigos de corrosión.
- c) Colocación de analizadores de flujo.
- d) Colocación de manómetros.
- e) Colocación de termómetros.

**6.- Pruebas que equivale al 5 % de la rehabilitación y consiste en:**

- a) Pruebas de funcionamiento.
- b) Pruebas de arranque.
- c) Pruebas hidrostáticas y neumáticas.
- d) Pruebas de temperatura.

## 3.2 REHABILITACIÓN DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO DE-101

### 3.2.1 DESCRIPCION DEL PROCESO DE REHABILITACION Y PLANEACION DEL PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION:

Para la planeación de la rehabilitación de la torre de enfriamiento DE-101 se ejecutaron los trabajos para cada celda. Uno de los puntos importantes es que la torre se rehabilito en operación. Y las celdas se liberaron consecutivamente conforme se terminaron los trabajos. Lo cual se requiere un tiempo estimado de tres meses para la terminación y entrega de una celda de manera general (celda operando). Se cuenta con 5 celdas (a, b, c, d, e). Como se muestra en la tabla 15.

REHABILITACION DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO DE-101												
OBJETIVO	TIEMPO	jun-14	jul-14	ago-14	sep-14	oct-14	nov-14	dic-14	ene-15	feb-15	mar-15	TOTAL
CELDA E	3 MESES											15.00%
		100.00%										
CELDA D	3 MESES											15.00%
		100.00%										
CELDA C	3 MESES											15.00%
		100.00%										
CELDA B	3 MESES											15.00%
		100.00%										
CELDA A	3 MESES											15.00%
		100.00%										
PRUEBAS												15.00%
		100.00%										
TERMINACION												10.00%
		100.00%										
											%	100.00%

**TABLA 15. Programa Emergente.**

En el ANEXO 1: PLANO 1 y ANEXO 2: PLANO 2 se muestra de manera general la construcción de la torre de enfriamiento DE-101 y donde se puede apreciar cada una de las partes que la componen.





**FIGURA 9. Instalación de Andamio y Colocación de Tarima para Retiro de Material.**

1.- En la figura 9 se muestra el inicio de los trabajos para proteger el bacín de agua fría para el retiro de material (relleno). Donde se utilizaron andamios, tarima y lona. Para proteger el bacín de agua fría. Los andamios fueron colocados para empezar a desmantelar el relleno. También Con esto se trata de evitar accidentes. Al trabajar dentro de la celda, Ya que Puede caer escombros, tierra, herramientas, u obreros al bacín de agua. Ya que la torre se desmantelo operando.



a)



b)

**FIGURA 10. Desmantelamiento y Retiro de Material.**

2.- En la figura 10 a) se muestra el retiro de relleno donde se desmantela el interior de la torre, se retiran los rieles de sujeción, mallas y rellenos. Y en la figura 10 b) se observa cómo se van instalando los andamios para alcanzar la altura óptima para el retiro de material. Los cuales son depositados en un área confinada, por desechos e incrustaciones que puedan llegar a tener estos materiales.



a)



b)

**FIGURA 11. Desmantelamiento de Persianas de Concreto.**

3.- RETIRO DE PERSIANAS: En la figura 11 a) y b) se muestra el desmantelamiento de las persianas de concreto, con esto se busca reducir el riesgo en el área de trabajo. Estas persianas ya se encontraban muy deterioradas y causaban peligro para los operadores de esa área, y para los trabajadores que están ejecutando los trabajos. Con esto evitamos posibles derrumbes. Las persianas de concreto en

los nuevos sistemas de enfriamiento ya son obsoletas, ahora se ocupa más persianas a base de fibra de vidrio.



a)



b)

**FIGURA 12. Retiro de Desechos y Residuos de la Torre de Enfriamiento.**

4.- LIMPIEZA GENERAL PARA CADA CELDA EN EL BACÍN DE AGUA FRÍA: Como se aprecia en la figura 12 a) y b) se retira productos contaminantes o residuos que se quedan almacenados en la torre. (Productos químicos, solidos, aceites, padecería de rellenos, lodo etc.) Este desecho se recolecto y se depositó en recipientes de 200 lt. Estos desechos son altamente contaminantes. Los cuales son almacenados para después desecharlos a la planta de tratamiento de efluentes donde se le aplica un proceso de decantación.



**FIGURA 13. Limpieza con Hidrolavadora en Bacín de Agua Fría.**

5.- LIMPIEZA CON LA HIDROLAVADORA (AGUA A ALTA PRESIÓN): en la figura 13 se retiran solidos incrustados, aceites y producto contaminado. En el interior del bacín de agua fría. Luego se aplica un sellador en muros. Con esto se trata de evitar que la nueva agua que entre al sistema se contamine con los residuos que lleguen a estar incrustados en muros y columnas, con la aplicación del sellador se busca evitar la filtración.



a)



b)

**FIGURA 14. Limpieza de Muros en el Interior de las Celdas.**

6.- LAVADO EN MUROS: En la figura 14 a) y b) Se realiza lavado en interiores y exteriores en muros de la torre DE-101 con la hidrolavadora (agua a alta presión) para cada celda que se está desmantelando. Para retirar grasas, aceites, y productos que contiene el agua y sólidos suspendidos que quedan incrustados en las paredes.



a)



b)

**FIGURA 15. Demolición y Construcción de Bacín de Agua Caliente**

7.- REHABILITACIÓN DEL BACÍN DE AGUA CALIENTE: En la figura 15 a) y b) se muestra la demolición y elaboración de entortado, dejando 200 orificios de 20 cm de separación entre cada uno de ellos, esto es para la colocación del serpentín de pvc.



a)



b)

**FIGURA 16. Resane de Muros y Aplicación de Sellador**

8.- RESANE DE PAREDES INTERNAS, TECHOS Y COLUMNAS: En la figura 16 a) y b) se muestra la aplicación de un sellador que realiza dos funciones una resanar las paredes y a su vez actúa como un sellador para evitar filtración. Con esto se busca la manera de eliminar la filtración en muros. Ya que la filtración ocasiona que disminuya la capacidad térmica de la torre.





a)



b)

**FIGURA 17. Colado de las Aberturas Existentes**

9.- HABILITADO DE CIMBRA Y COLADO, EN COLUMNAS: En la figura 17 a) y b) se muestra el sellado con concreto de las aberturas que sostenían las persianas. Esto es una modificación al modelo anterior, las persianas anteriores eran de concreto, las cuales se sujetaban con estas aberturas. Estas se cambiarán por unas elaboradas a base de fibra de vidrio.



a)



b)

**FIGURA 18. Demolición de Venturi Existente**

10.- DEMOLICIÓN DE VENTURI: En la figura 18 a) y b) se muestra la demolición de Venturi para cada celda. Estos presentaban grietas por los años operados, y disminuyen la capacidad térmica de la torre. Estos fueron retirados por posibles derrumbes, son sustituidos por Venturi de fibra de vidrio. Los cuales son menos pesados y realizan una mejor función ya que este material ayuda a evitar el crecimiento biológico.



a)



b)

**FIGURA 19. Demolición y Construcción de Marquesina y de Base para Venturi de proyecto**

11.- DEMOLICIÓN DE LA MARQUESINA Y CIMBRA: En la figura 19 a) y b) se observa la demolición y construcción del pasillo y base del Venturi. Se modificaron las dimensiones del pasillo, así como las dimensiones del diámetro de la base del Venturi. Esto para recibir el Venturi nuevo y para ampliar los pasillos. Estas modificaciones se realizaron con la finalidad de tener un mejor acceso a la superficie de la torre. Tomando en cuenta las dimensiones de la torre y las especificaciones que indica el programa de construcción.



a)



b)

**FIGURA 20. Demolición y Construcción de Base para Motor y Reductor**

12.- DEMOLICIÓN DE BASE DEL MOTOR Y BASE DEL REDUCTOR:  
En la figura 20 a) y b) se realizó la demolición de la base del motor y base del reductor ya que se encontraban en malas condiciones.



a)



b)

**FIGURA 21. Lavado y Aplicación de Sellador**

13.- En la figura 21 a) y b) se muestra el lavado y resane, de muros y columnas, para evitar filtraciones y humedad.



a)



b)

**FIGURA 22. Instalación de Eliminador de Rocío**

14.- Como se muestra en la figura 22 la instalación del eliminador de rocío es una estructura ubicada en la parte superior de la torre y tiene la

finalidad de evitar que las gotas pequeñas sean arrastradas por la corriente de aire fuera del sistema.



**FIGURA 23. Suministro e Instalación de Relleno de Salpiqueo**

15.- Instalación de relleno de salpiqueo en la figura 23 se observa como el agua cae continuamente sobre sucesivas capas de barras horizontales, rompiéndose en pequeñas gotas, mientras que humedecen la superficie del relleno. Estos favorecen la transferencia de calor mucho mejor que los fabricados en madera. Este relleno hace que el agua se escurra en la forma de micro salpiqueo con efecto de auto lavado, lo que le permite operar con aguas contaminadas por productos químicos ó con sólidos en suspensión y está especialmente diseñado para obtener gran eficiencia en el cambio térmico con muy baja tendencia a la incrustación. Como se muestra en el ANEXO 3: PLANO 3 la instalación y montaje del relleno en el interior de cada celda.



a)



b)

**FIGURA 24. Suministro e Instalación de Soportes tipo Estructural.**

16.- En la figura 24 a) y b) se muestra la soportaría para la canalización eléctrica. Para alojar tubería conduit que proviene del cuarto de control de motores hasta la torre de enfriamiento. Con la finalidad de alimentar los motores y el sistema de alumbrado y control.





a)



b)

**FIGURA 25. Suministro y Colocación de Tubería Recubierta**

17.- INSTALACIÓN DE SISTEMA ELÉCTRICO: en la figura 25 a) y b)  
Se muestra la instalación de tubería conduit con recubrimiento exterior  
para la alimentación del sistema de fuerza y control de la torre de

enfriamiento DE-101. Para la instalación de esta tubería se tomaron en cuenta diferentes factores:

- a) La colocación e instalación de tubería para la alimentación, de proyecto nos marca su instalación en el rack existente. Pero debido a las malas condiciones del rack se determinó que no soportaría el peso de la tubería.
- b) Anteriormente esta alimentación de fuerza y control se encontraba en registros subterráneos. Los cuales se encontraban llenos de agua y lodo. Esto ocasiona que al conductor le entre humedad, ocasionando más consumo de energía eléctrica.
- c) Por lo que se propuso instalar unos soportes a base de IPR, en toda la trayectoria de la tubería.
- d) La tubería se determinó que sería con recubrimiento de pvc. Debido a que los productos que se producen en el complejo pajaritos generan un ambiente de corrosión. Lo cual afectaría a nuestra canalización en un par de años.
- e) En la colocación de la tubería conduit también se colocaron accesorios para un mejor funcionamiento: tuercas unión de diferentes diámetros, cajas de paso, sellos para el paso de gas y agua. Todo este sistema fue instalado de acuerdo a la norma de diseño de instalaciones eléctricas. NRF-048-PEMEX-2007.

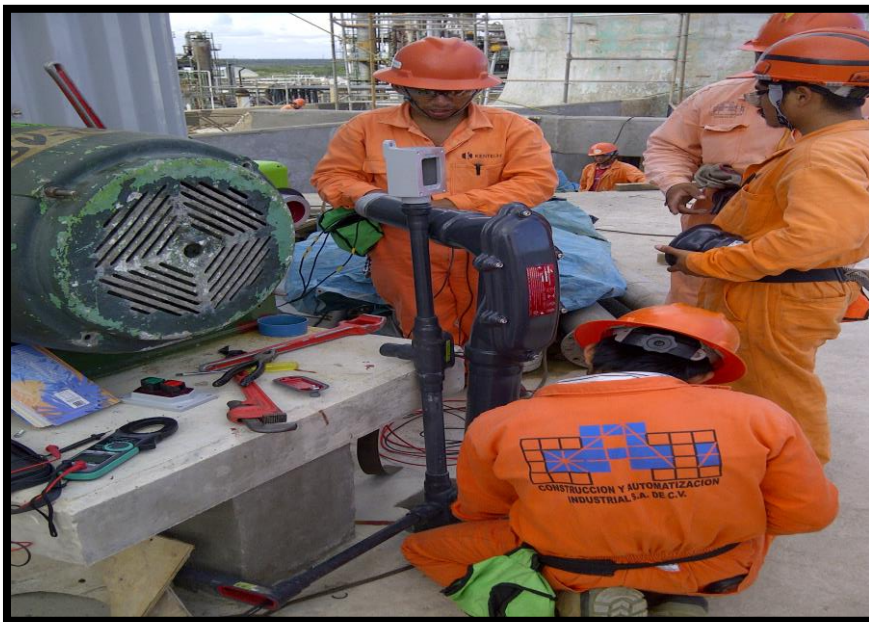


**FIGURA 26. Instalación y Colocación de Venturi**

18.- INSTALACION DE VENTURI DE FIBRA DE VIDRIO: En la figura 26 se muestra la instalación del Venturi en la parte superior de la torre. El **efecto Venturi** consiste en que un fluido en movimiento dentro de un conducto cerrado disminuye su presión se produce una aspiración del fluido de este conducto, que se mezclará con el que circula por el primer conducto.



a)



b)

**FIGURA 27. Instalación y Conexión de Motores**

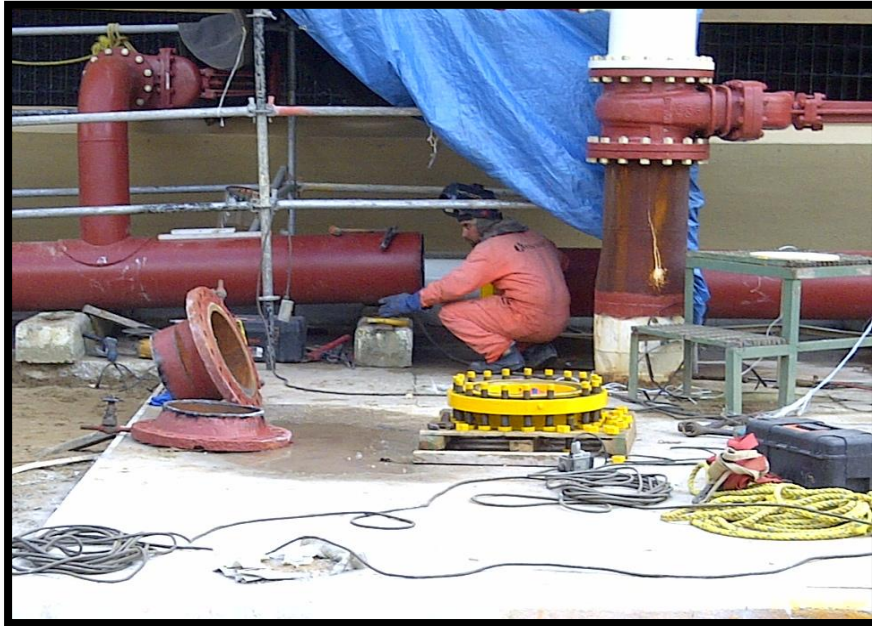
19.- INSTALACIÓN DE MOTORES: En la figura 27 a) y b) se observa la instalación y conexión de los motores eléctricos. Donde se instalaron los conductores necesarios para la alimentación de los mismos, este sistema cuenta con un cableado de control para encendido y apagado en la parte superior de la torre, esto con el fin de que el operador pueda parar el sistema de ser necesario. Cuenta con un cableado de fuerza para la alimentación de los motores trifásicos.

Estos motores fueron desmantelados, y llevados al taller mecánico para recibir mantenimiento preventivo. Los cuales fueron reinstalados y fijados en una base de concreto para su acoplamiento con la flecha del motor y reductor. En el ANEXO 4: PLANO 4 se muestra la ruta de alimentación de fuerza y control de la torre de enfriamiento.

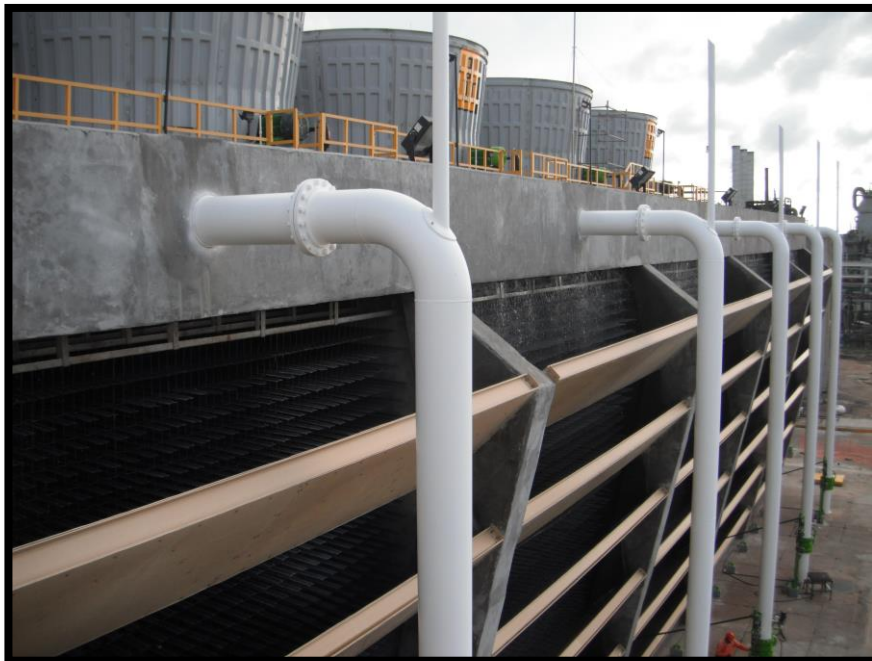


**FIGURA 28. Instalación de Barandales de Fibra de Vidrio**

20.-INSTALACION DE BARANDALES: En la figura 28 se observa que la torre cuenta con barandales fabricados a base de fibra de vidrio. Los cuales resultan muy necesarios en un ambiente donde se produce corrosión. Resultan más duraderos y resistentes.



a)



b)

**FIGURA 29. Instalación de Tubería 14” Línea Principal**

21.- INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE 14” PARA EL SUMINISTRO DE AGUA A LA TORRE DE ENFRIAMIENTO: En la figura 29 a) y b) se muestra la instalación de las líneas de suministro de agua a la torre de enfriamiento. Esta línea fue instalada de acuerdo al suministro de agua que requiere la torre con la instalación de venteos en la parte superior de la tubería.



a)



b)

**FIGURA 30. Colocación de Persianas de Fibra de Vidrio**

22.- COLOCACIÓN DE PERSIANAS DE FIBRA DE VIDRIO: En la figura 30 a) y b) se observa que se instalaron las persianas de fibra de vidrio. Las cuales resultan de menor costo y muy resistentes. En la instalación de las persianas de la torre de enfriamiento se verifico el Angulo de inclinación para conseguir la entrada ideal del flujo de aire.



A)



B)

**FIGURA 31. Instalación de Equipos de Medición de Flujo**

23.- INSTALACION DE EQUIPOS DE INSTRUMENTACIÓN PARA LA MEDICIÓN DE FLUJOS: En la figura 30 a) y b) se muestra una de las partes importantes del funcionamiento de las torres de enfriamiento, que son los equipos de instrumentación, que son dispositivos que nos indican el



comportamiento, eficiencia y deficiencias del sistema. Estos instrumentos son entre ellos:

- A) **Manómetros:** se utilizan para conocer la presión de descarga de las bombas que se utilizan en la recirculación del agua y retorno, también nos sirve para ver la variación de presión por consumo o rechazo de agua de enfriamiento.
- B) **Termómetros:** estos se utilizan para la medición de la temperatura en el agua de enfriamiento, su uso es de básico interés, pues de sus datos dependen la mayor ó menor eficiencia del sistema. Existen varios tipos pero el que más se usa es de tipo bimetálico. Los termómetros se instalan en la línea del cabezal de descarga de las bombas y en las líneas de retorno a la torre.
- C) **Medidores de flujo:** estos se instalan mediante conexiones adecuadas y son conocidos como medidores tipo turbina. se basan en las revoluciones que le imparte la velocidad del agua de enfriamiento a un dispositivo giratorio. Giro que es integrado y transmitido a un dispositivo de medición gráfico ó instantáneo. Su lectura nos da el flujo en metros cúbicos en un tiempo dado. Este instrumento nos da una lectura de consumo ó rechazo tanto en el agua de enfriamiento suministrada a las plantas como el agua de repuesto a la torre.



**FIGURA 32. Instalación de Testigos de Corrosión**

24.-INSTALACION DE TESTIGOS DE CORROSIÓN: En la figura 32 se observan los testigos de corrosión los cuales son placas metálicas de dimensiones y pesos conocidos los cuales son instalados con porta-testigos que son alojados en arreglos de pvc. Sobre las líneas de retorno, estos testigos son retirados cada mes y se les realiza una inspección ocular para dar una idea del comportamiento del agua de enfriamiento en el sistema, posteriormente la cantidad de pérdida de material los cuales son expresados en (milésimas de pérdida de metal por año).



a)



b)

**FIGURA 33. Instalación de Sistema Pararrayos.**

25.-INSTALACION DE SISTEMA PARARRAYOS: En la figura 33 a) y b) se observa la instalación de un sistema pararrayos. Es un instrumento cuyo objetivo es atraer y conducir la descarga hacia tierra, de tal modo que no cause daños a las personas ó construcciones en este caso que no dañe a las instalaciones de la torre de enfriamiento. Las cual también cuentan con sistemas de tierra y deltas. Para aterrizar la descarga.



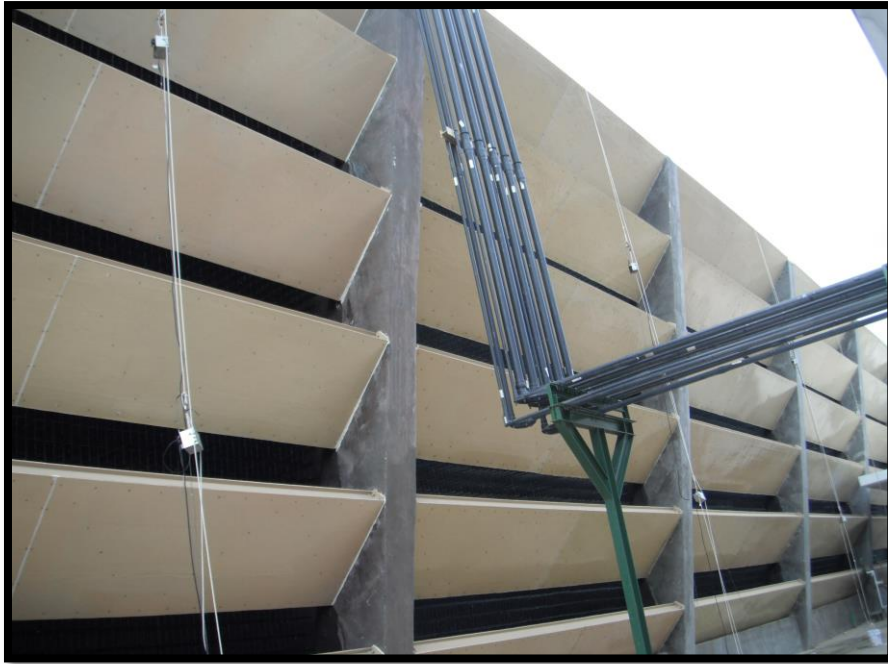
a)



b)

**FIGURA 34. Instalación del Sistema de Alumbrado**

26.-INSTALACION DEL SISTEMA DE ALUMBRADO: En la figura 34 a) y b) se muestra la instalación del sistema de alumbrado en la parte superior de la torre, con la finalidad de poder supervisar y tener visibilidad en la parte superior de la torre durante las 24 horas del día. Como se muestra en el ANEXO 5: PLANO 5 la distribución de la ruta de alumbrado.



a)



b)

**FIGURA 35. Prueba de Funcionamiento**

27.- PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO: En la figura 35 a) y b) se muestra la instalación de sensores de temperatura, en cada celda, para conocer los niveles de transferencia de temperatura que registra la torre con el sistema rehabilitado.



a)



b)

**FIGURA 36. Torre de Enfriamiento DE-101 Rehabilitada**

28.- Torre de enfriamiento DE-101 rehabilitada: En la figura 36 a) y b) se observa la torre de enfriamiento DE-101 lista para continuar en operación y alcanzar la máxima eficiencia de operación.

### 3.3 OPERACIÓN DEL SISTEMA

#### 3.3.1 CONDICIONES DE TEMPERATURA

El porcentaje de la capacidad de operación de la torre de enfriamiento fue disminuyendo al paso del tiempo. Por diversos factores: entre ellos la falta de mantenimiento, supervisión, inspección, y reemplazo de materiales. Lo cual fue deteriorando la torre de manera general, dejándola en varias ocasiones fuera de operación y solo circulando agua, sin realizar el cambio térmico en el agua.

La eficiencia de la torre depende de varios factores como:

- El conocer las condiciones atmosféricas y usarlas como condiciones iniciales pueden ser un factor influyentes en los resultados.
- Con la torre de enfriamiento se incrementa el potencial de los equipos industriales que generan gran cantidad de calor.
- A mayor altura de la torre de enfriamiento se obtienen mejores resultados.

Eficiencia de la torre 12 % (antes)

Eficiencia de la torre 22 % (después)

<b>TEMPERATURA DE SUMINISTRO (ANTES)</b>	<b>38 °C</b>
<b>TEMPERATURA DE SUMINISTRO (AHORA)</b>	<b>24 °C</b>

**TABLA 16. Temperatura Antes y Después de la Rehabilitación**

Con la rehabilitación se busca recuperar la máxima eficiencia de la torre, con cambio de materiales de alta tecnología, y alcanzar la máxima capacidad térmica. De diseño. Para alcanzar esta capacidad y mantener este sistema a su mayor capacidad se requiere de:

- A) **Capacitación al personal de operación:** con la capacitación del personal se busca que el personal de operación conozca los puntos críticos de una torre de enfriamiento, así como la importancia de la inspección en las zonas más importantes de la torre.

- B) **Conocer la vida útil de los materiales instalados:** mediante un programa de supervisión mensual conoceremos las necesidades del sistema de enfriamiento. Así como los materiales que necesitan sustituirse.
- C) **Programa de mantenimiento:** con la implementación de un programa de mantenimiento cada tres meses, se busca mantener el eficiencia de la torre de enfriamiento.

### **3.4 BENEFICIO DE LA REHABILITACION DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO.**

El análisis de costo-beneficio es una técnica importante dentro del ámbito de la teoría de la decisión. Pretende determinar la conveniencia de proyecto mediante la enumeración y valoración posterior en términos monetarios de todos los costos y beneficios derivados directa e indirectamente de dicho proyecto. Este método se aplica a obras sociales, proyectos colectivos ó individuales, empresas privadas, planes de negocios, etc., prestando atención a la importancia y cuantificación de sus consecuencias sociales y/o económicas.

El análisis de costo-beneficio es un término que se refiere tanto a una disciplina formal (técnica) a utilizarse para evaluar, ó ayudar a evaluar, en el caso de un proyecto ó propuesta, que en sí es un proceso conocido como evaluación de proyectos; ó un planteamiento informal para tomar decisiones de algún tipo, por naturaleza inherente a toda acción humana.

Con la finalidad de efectuar un análisis de costo - beneficio de la rehabilitación de la torre de enfriamiento DE-101 se toma como referencia el costo de la rehabilitación que tuvo un costo aproximado de \$ 31,965,033.81 Como se muestra en la tabla 17.



<b>COSTO DE LA REHABILITACION DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO</b>	
FASE CIVIL	\$ 4,794,755.07
FASE MECANICA	\$ 6,393,006.76
FASE ELECTRICA	\$ 7,991,258.45
INTERNOS	\$ 9,589,510.14
INSTRUMENTACION	\$ 1,598,251.69
PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA	\$ 1,598,251.69
<b>COSTO TOTAL:</b>	<b>\$ 31,965,033.81</b>

**TABLA 17 Costo de la Rehabilitación de la Torre de Enfriamiento.**

La torre de enfriamiento DE-101 cuenta con 5 motores trifásicos de 125 hp. Lo cual consume 93.125 kw\*h cada uno. Esto nos da un consumo total de 466.25 kw\*h. aproximadamente.

Consumo eléctrico = 125 hp x 746 = 93250 watts /1000 = 93.25 kw\*h  
 93.25 kw\*h x 5 motores = 466.25 kw\*h.

<b>COSTO DE LA REHABILITACION DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO</b>	
<b>INSUMOS</b>	<b>COSTO</b>
COSTO DE ENERGIA ELECTRICA	0.07 usd/kw*h
COSTO DEL AGUA	0.032 usd/m <sup>3</sup>

**TABLA 18 Costo de los Insumos más Importantes del Sistema de Enfriamiento.**

En el sistema de enfriamiento se tenían operando los 5 motores con una eficiencia menor y un consumo eléctrico mayor, dando como resultado un gasto excesivo de energía eléctrica.

Calculo de la corriente nominal (IN) del motor:

Dónde:

HP = potencia del motor

E = tensión entre las fases

FP = factor de potencia

EF = eficiencia

$$\text{IN} = \frac{\text{HP} \times 746}{(\sqrt{3}) \times (\text{E} \times \text{FP} \times \text{EF})}$$

$$\text{IN ant} = \frac{125 \times 746}{(\sqrt{3}) \times (480 \times 0.9 \times 0.60)} = \frac{93250}{448.94} = 207.71 \text{ AMP}$$

$$\text{IN nvo} = \frac{125 \times 746}{(\sqrt{3}) \times (480 \times 0.9 \times 0.95)} = \frac{93250}{710.83} = 131.18 \text{ AMP}$$

$$\text{KW ant} = (207.71) \times (480) \times (0.9) \times (\sqrt{3}) = 155 \text{ KW}$$

$$\text{KW nvo} = (131.18) \times (480) \times (0.9) \times (\sqrt{3}) = 98 \text{ KW}$$

Con lo que tenemos un ahorro considerable de energía eléctrica, ya que solo se utilizaran 3 motores de operación continua con uno de relevo y uno por ampliación ó sobredemanda de agua de enfriamiento.

Calculo de gastos:

155 kw x 5 motores x \$ 0.91 = \$ 705.25 / Hr

98 kw x 3 motores x \$ 0.91 = \$ 267.54 / Hr

<b>CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO</b>			
CONSUMO (kw*h)	24 (hrs)	(MENSUAL)	(ANUAL)
\$ 705.25	\$ 16,926.00	\$ 507,708.00	\$ 6,177,990.00
\$ 267.54	\$ 6,420.96	\$ 192,628.80	\$ 2,343,650.40

**TABLA 19. Consumo de Energía Eléctrica de la Torre de Enfriamiento**

Como se muestra en la tabla 19 hay un ahorro anual de energía eléctrica de:  
 $\$ 6,177,990.00 - \$ 2,343,650.40 = \$ 3,834,339.60$  anual aproximadamente.

En la rehabilitación de la torre se utilizaron materiales de mayor calidad que aumentaron su rendimiento y funcionamiento que nos ayudaran a conseguir una mayor eficiencia y por lo tanto un menor consumo de agua.

La torre de enfriamiento tiene una capacidad total de 30,000 GPM de agua.

$$1 \text{ galon} = 0.00378 \text{ m}^3$$

$$30,000 \text{ gpm} \times 0.003785 \text{ m}^3 = 113.56 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$113.56 \text{ m}^3/\text{min} \left( \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}} \right) = 6,813.6 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$6813.6 \text{ m}^3/\text{hr} \left( \frac{24 \text{ hrs}}{1 \text{ dia}} \right) = 163,526.4 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$163526.4 \text{ m}^3/\text{dia} \left( \frac{365 \text{ dias}}{1 \text{ año}} \right) = 59,687,136 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$\text{COSTO DEL AGUA: } 0.032 \text{ usd}/\text{m}^3 \times 12.96 = \$ 0.414$$

<b>CONSUMO DE AGUA DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO</b>						
COSTO (m <sup>3</sup> /min)	AGUA (m <sup>3</sup> /hr)	AGUA (m <sup>3</sup> /dia)	AGUA (m <sup>3</sup> /año)	COSTO (m <sup>3</sup> /hr)	COSTO (m <sup>3</sup> /dia)	COSTO (m <sup>3</sup> /año)
\$ 0.41	6,813.60	163,526.40	59,687,136	\$ 2,820.83	\$ 67,699.93	\$ 24,710,474.30

**TABLA 20. Consumo de Agua de la Torre de Enfriamiento (Anterior)**

La torre de enfriamiento antes de la rehabilitación tenía un desperdicio del 30% de agua, contaba con una eficiencia del 60% y 10% en pérdidas propias del sistema.

Con una eficiencia del 60% y un 40% de desperdicio se genera anualmente un gasto de \$ 24,710,474.30 teniendo un sistema deficiente y con pérdidas.

Con la rehabilitación se logra una eficiencia del 95% con una pérdida del 5% del sistema rehabilitado. Generando el mismo gasto con una eficiencia mayor y un desperdicio menor.

Con el sistema rehabilitado se tiene un ahorro considerable en el desperdicio de agua.

Calculo de eficiencia con el sistema deficiente:

$$59,687,136 \text{ m}^3/\text{año} \times 0.60 \% \times \$0.414 = \$ 14,826,284.58$$

$$59,687,136 \text{ m}^3/\text{año} \times 0.40 \% \times \$0.414 = \$ 9,884,189.72$$

$$\text{COSTO} = \$ 14,826,284.58 + \$ 9,884,189.72 = \$ 24,710, 474.30$$

Calculo de eficiencia con el sistema rehabilitado:

$$59,687,136 \text{ m}^3/\text{año} \times 0.95 \% \times \$0.414 = \$ 23,474,950.59$$

$$59,687,136 \text{ m}^3/\text{año} \times 0.05 \% \times \$0.414 = \$ 1,235,523.71$$

Con el sistema rehabilitado tenemos un ahorro anual de:

$$\$ 9,884,189.72 - \$ 1,235,523.71 = \$ 8,648,666.01$$

<b>COSTO DEL AGUA ANUAL DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO</b>				
<b>EFICIENCIA (%)</b>	<b>COSTO (m<sup>3</sup>/año)</b>	<b>DESPERDICIO (%)</b>	<b>COSTO(m<sup>3</sup>/año)</b>	<b>COSTO TOTAL (m<sup>3</sup>/año)</b>
60	\$ 14,826,284.58	40	\$ 9,884,189.72	\$ 24,710,474.30
95	\$ 23,474,950.59	5	\$ 1,235,523.71	\$ 24,710,474.30

**TABLA 21. Costo del Agua Anual del Sistema de Enfriamiento Anterior y Actual.**

En la siguiente tabla se muestra los costos anuales del agua. Con diferentes porcentajes de eficiencias y diferentes porcentajes de desperdicios. Lo cual obtenemos un ahorro de desperdicio de 35 % lo cual nos resulta un ahorro de  $59,687,136 \text{ m}^3/\text{año} \times 0.35\% \times \$ 0.414 \text{ c/agua} = \$ 8,648,666.00$

<b>TABLA COMPARATIVA ENTRE SISTEMAS (ANTIGUO Y ACTUAL)</b>			
<b>SISTEMA</b>	<b>COSTO DE ENERGIA ELECTRICA ANUAL</b>	<b>COSTO DE AGUA ANUAL</b>	<b>COSTO DE INSUMOS ANUAL (ENERGIA ELECTRICA + AGUA)</b>
<b>ANTIGUO</b>	\$ 6,177,990.00	\$ 24,710,474.30	\$ 30,888,464.30
<b>ACTUAL</b>	\$ 2,343,650.40	\$ 16,061,808.30	\$ 18,405,458.70
<b>BENEFICIO DEL SISTEMA REHABILITADO</b>			
	<b>AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA</b>	<b>AHORRO DE AGUA</b>	<b>AHORRO (ENERGIA ELECTRICA + AGUA)</b>
<b>ACTUAL</b>	\$ 3,834,339.60	\$ 8648,666.00	\$ 12,483,005.60

**TABLA 22. Comparativa Entre Sistemas (Antiguo y Actual) -y Beneficio del Sistema**

En la operación de las torres de enfriamiento el costo que podemos optimizar es el consumo de energía eléctrica y agua de circulación ya que es uno de los costos que más impacta en la operación, por lo que debemos operar con las motobombas y moto ventiladores necesarios sin afectar la calidad del servicio, minimizar el consumo de agua de repuesto recuperando los condensados y las aguas de reusó y purgando solo lo necesario.

Como se muestra en la tabla 22 se tiene un ahorro de energía eléctrica y agua, considerable de \$ 12,483,005.60 con este ahorro recuperaremos en aproximadamente cuatro años la inversión de la rehabilitación. Teniendo una inversión inicial de \$ 31,965,033.81 en rehabilitación y \$ 18,405,458.70 en costo de insumos anual. Contando con un sistema eficiente. Se dará un mejor servicio abasteciendo agua a diferentes plantas del complejo. Surtiendo solo lo necesario y teniendo perdidas mínimas en el sistema.

## CONCLUSION

La torre de enfriamiento se rehabilito con los materiales de tecnología de punta. Con modificaciones de acuerdo a sus características de diseño. Con lo que se logra obtener la mayor eficiencia. Para la puesta en operación y dar servicio a al Incinerador II, Servicios Auxiliares III, planta de derivados Clorados II. Teniendo un sistema de enfriamiento disponible para el suministro de agua a los equipos. Las torres de enfriamiento son de suma importancia en plantas de energía, refinerías de petróleo, plantas petroquímicas, plantas de procesamiento de gas natural y otras instalaciones industriales. Por lo que se requiere tener un sistema eficiente capaz de suministrar agua en condiciones óptimas para los diferentes procesos de la industria. Contar con un sistema de enfriamiento eficiente reducirá los desperdicios de agua, los costos directos e indirectos del sistema y del proceso. Reducirá los costos en insumos. Y Alargara la vida útil de los equipos.

Con la rehabilitación de la torre de enfriamiento se ve reflejado un ahorro en energía eléctrica de \$ 3,834,339.60, en agua de circulación \$ 8,648,666.00 con esto obtenemos un ahorro anual \$ 12,483,005.60. Lo cual significa un ahorro considerable en los insumos. Lo cual nos permite tener un sistema más eficiente dentro de la industria.

Con el sistema en óptimas condiciones se evitan pérdidas en el sistema y agotamiento de equipos.

Por ende la elaboración de este trabajo de investigación el cual espero ayude a conocer más sobre las torres de enfriamiento e identificar los equipos eléctricos, mecánicos y de instrumentación que utilizan estos sistemas de enfriamiento para su operación.

# BIBLIOGRAFÍA



**1. - “Cooling Water Calculations”**

R. G. Kunz, a. f. yen, t. c. hess

Chemical Engineering. Agosto 1, 1977

**2.- Fundamentos de Termodinámica**

G. J. Van Wylen & R. Sonntag,

Editorial Limusa 1995) pp. 461 (19° edición, México,).

**3.- Manual del Ingeniero Químico.**

Tomo 1. John H. Perry

Ed. Hisopanoamericano 3 Ed.

**4. - Manual de Operación Planta de Tratamiento de Aguas**

Actualización de Torres de Enfriamiento

Pemex Petroquímica 2009

**5.- Planta de Tratamiento de Aguas**

Técnicas de Operación de Segunda “Torres de Enfriamiento”

Pemex Petroquímica 2008

**6.- Problemas de Ingeniería Química**

Joaquín Ocon Garcia & Gabriel Tojo Berreiro

**7.- Torres de Refrigeración, Manuales Técnicos y de Inducción para Conservación de Energía,**

Centro de Estudios de la Energía Madrid Esp, 1983, 177p.

# GLOSARIO

**CALIDAD:** es una herramienta básica para una propiedad inherente de cualquier cosa que permite que la misma sea comparada con cualquier otra de su misma especie.

**CAPACIDAD TÉRMICA:** es una medida de cuánta energía se debe intercambiar entre un objeto y su entorno para producir un cambio en la temperatura.

**CICLO:** Repetición de cualquier fenómeno periódico, en el que, transcurrido cierto tiempo, el estado del sistema ó algunas de sus magnitudes vuelven a una configuración anterior.

**CISTERNA:** es un depósito subterráneo que se utiliza para recoger y guardar agua de lluvia ó procedente de un río ó manantial.

**CONSUMO:** es la acción y efecto de consumir ó gastar, bien sean productos, bienes o servicios, como la energía, entendiendo por consumir como el hecho de utilizar estos productos y servicios para satisfacer necesidades primarias y secundarias.

**CORROSIÓN:** Se define como el deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno.

**DECANTACIÓN:** se separa un sólido ó líquido más denso de otro fluido (líquido ó gas) menos denso y que por lo tanto ocupa la parte superior de la mezcla.

**EFICIENCIA:** Proviene del latín *efficientia*, que en español quiere decir: 'acción', 'fuerza', 'producción'. Se define como 'la capacidad de disponer de alguien ó de algo para conseguir un objetivo determinado con el mínimo de recursos posibles viable'.

**INSUMO:** es todo aquello disponible para el uso y el desarrollo de la vida humana, desde lo que encontramos en la naturaleza, hasta lo que creamos nosotros mismos, es decir la materia prima de una cosa.

**INVERSIÓN:** es un término económico, con varias acepciones relacionadas con el ahorro, la ubicación de capital, y la postergación del consumo.

**LOGÍSTICA:** conjunto de medios y métodos necesarios para llevar a cabo la organización de una empresa, ó de un servicio, especialmente de distribución.

**MANTENIMIENTO:** todas las acciones que tienen como objetivo mantener un artículo ó restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida.

**MOTOR TRIFASICO:** Es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas. Algunos de los motores eléctricos son reversibles, pueden transformar energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generadores.

**PLANEACIÓN:** es decidir ó identificar los objetivos que se van a alcanzar en un tiempo determinado para lograr un fin en específico.

**PROCESO CONSTRUCTIVO:** al conjunto de fases, sucesivas o solapadas en el tiempo, necesarias para la materialización de un edificio ó de una infraestructura.

**PRODUCCIÓN:** es la actividad económica que aporta valor agregado por creación y suministro de bienes y servicios.

**REACTIVO Ó REACTANTE:** toda sustancia que interactúa con otra en una reacción química y que da lugar a otras sustancias de propiedades, características y conformación distinta, denominadas productos de reacción o simplemente productos.

**REHABILITACIÓN:** Es el término para describir la acción de "habilitar de nuevo ó restituir a alguien ó algo a su antiguo estado.

**RENDIMIENTO:** Desde el punto de vista técnico, el término rendimiento es equivalente al de productividad. En el lenguaje corriente se suele utilizar este término, sin embargo, como sinónimo de renta, beneficio, interés ó rentabilidad.

**SEDUE:** Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología.

**SISTEMA DE CAPTACIÓN:** consiste en la recolección ó acumulación y el almacenamiento de agua precipitada, para ser utilizada posteriormente para cualquier uso.

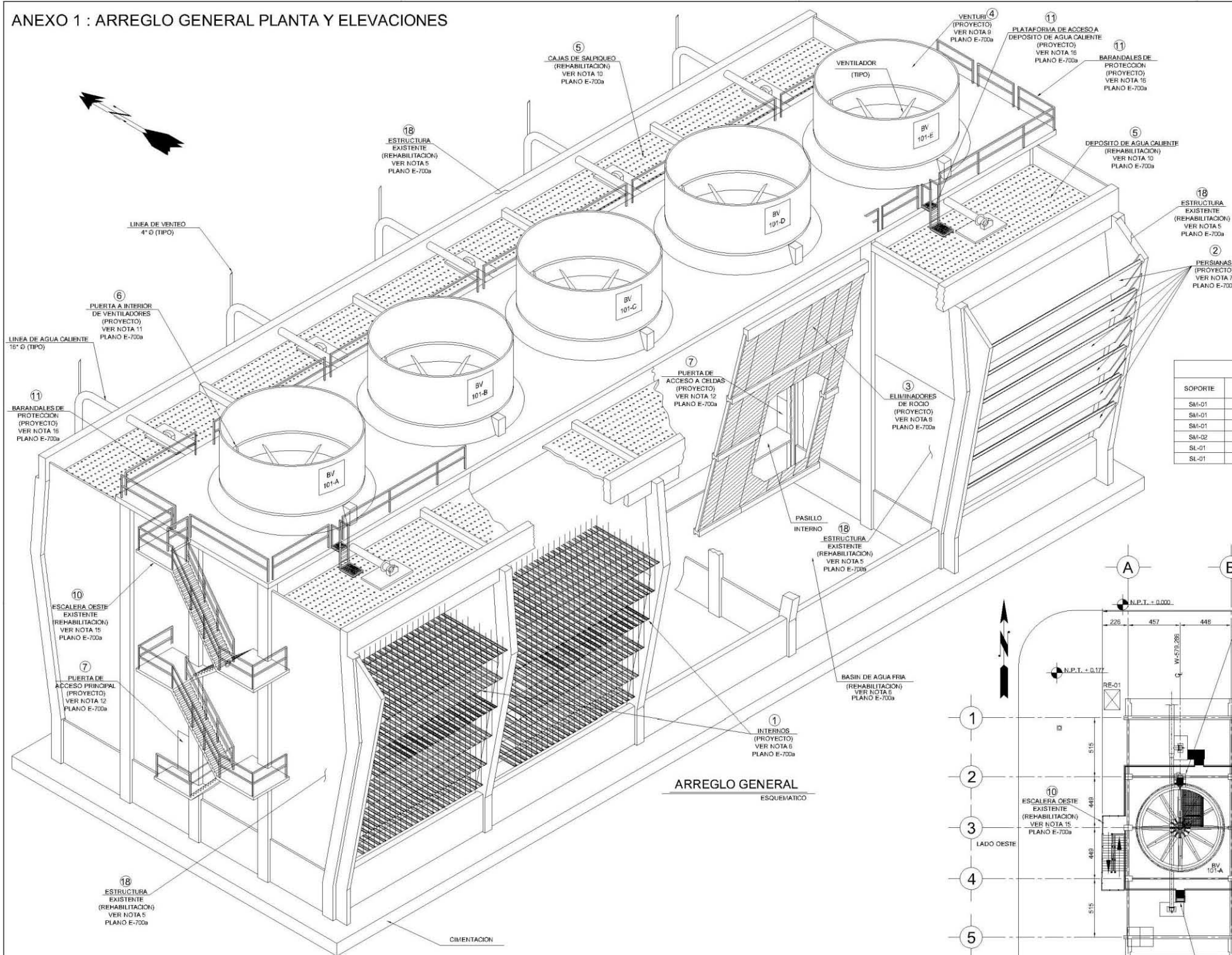
**TERMODINÁMICA:** rama de la física que describe los estados de equilibrio a nivel macroscópico.

**TORRE DE ENFRIAMIENTO:** Son estructuras para refrigerar agua y otros medios a temperaturas muy altas.

**TORRE HIPERBÓLICA:** son estructuras designadas con geometría hiperbólica. A menudo se trata de estructuras altas como torres donde se aprovecha la resistencia estructural de la geometría hiperbólica para apoyar un objeto.

# ANEXOS

ANEXO 1 : ARREGLO GENERAL PLANTA Y ELEVACIONES



NO.	DESCRIPCION	REF. PLANO
1	SISTEMA DE DISTRIBUCION (RELLENO E INTERNOS)	E-702
2	PERSIANAS Y PAREDES LATERALES	E-703
3	ELIMINADOR DE ROCIÓ	E-704
4	VENTURIS	E-705
5	DEPOSITO DE AGUA CALIENTE	E-706
6	PUERTA DE ACCESO A INTERIOR DE VENTILADORES	E-707
7	PUERTA DE INTERCOMUNICACION EN EL INTERIOR DE LA TORRE	E-708
8	REGISTROS (ELECTRICOS, PLUVIALES, ETC.)	E-200
9	ESCALERA, LADO ESTE	E-400
10	ESCALERA, LADO OESTE	E-401
11	BARANDALES Y PLATAFORMAS DE ACCESO	E-1000
12	PLATAFORMA DE ACCESO A REDUCTORES DE VELOCIDAD	E-1001
13	SOPORTES EN AREA DE MOTOBOMBA	G-100
14	COBERTIZO DE CLORACION Y EL DE CONTENEDORES DE CLORO	F-100
15	CASETA DE VIGILANCIA Y CONTROL	F-101
16	BASE EN AREA DE MOTOBOMBAS	F-102
17	BASE DE MOTOR PARA LINEA DE FUERZA DE VENTILADORES	F-103
18	REPARACION DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO EXISTENTES (INT. Y EXT.)	E-701



SOPORTE	Ø TUB.	ELEVACION SOPORTE	ELEVACION REFERENCIA	COORDENADA	REFERENCIA
SM-01	10"	EL. = +0.571	EL. = +0.422	W-538.726	S-893.527 VER PLANO E-200 Y K-201
SM-01	10"	EL. = +0.571	EL. = +0.422	W-533.504	S-893.527 VER PLANO E-200 Y K-201
SM-01	10"	EL. = +0.571	EL. = +0.422	W-530.272	S-893.527 VER PLANO E-200 Y K-201
SM-02	2"	EL. = +0.037	EL. = -0.001	W-538.754	S-912.742 VER PLANO E-200 Y K-201
SL-01	1"	EL. = +0.748	EL. = +0.712	W-537.954	S-911.812 VER PLANO E-200 Y K-201
SL-01	1"	EL. = +0.748	EL. = +0.712	W-536.854	S-911.812 VER PLANO E-200 Y K-201

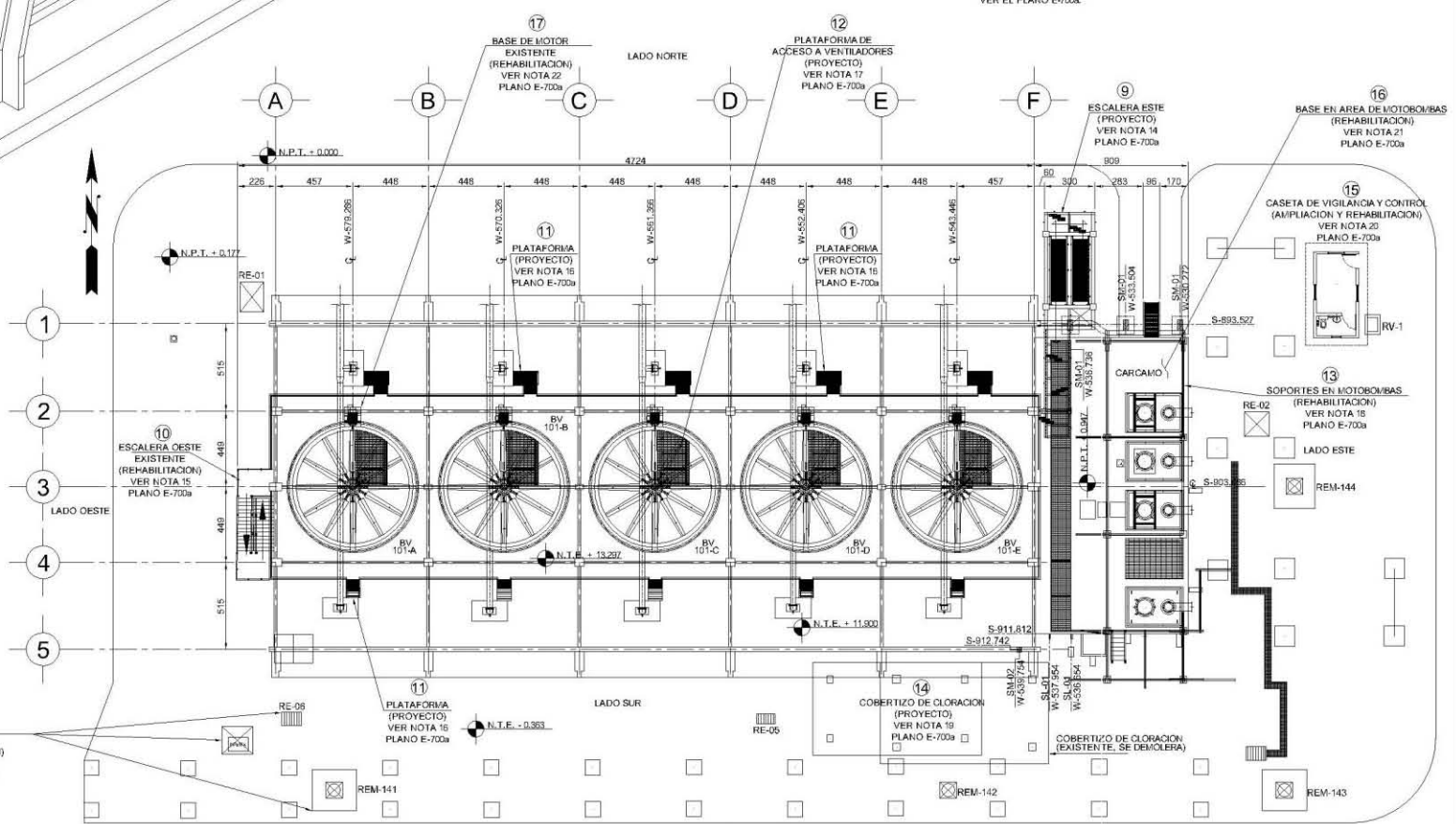
NOMENCLATURAS

- N.T.E. NIVEL TOPE DE ESTRUCTURA
- N.P.T. NIVEL DE PISO TERMINADO
- N.D.E. NIVEL DE DESPLANTE DE ESTRUCTURA
- € CENTRO DE LINEA

NOTAS

- ACOTACIONES EN CENTIMETROS.
- NIVELES EN METROS.
- VER ELEVACIONES EN PLANO E-700a.
- LA TORRE REPRESENTADA EN ESTE PLANO ES EXISTENTE Y SERA REHABILITADA, DE ACUERDO A LOS ALCANCES Y PROCEDIMIENTOS DE ESTE PROYECTO ESPECIFICADOS EN LOS PLANOS DE DETALLE Y BASES DE USUARIO.
- LA FINALIDAD DE LA VISTA EN ISOMETRICO ES DE CARACTER ESQUEMATICO, PARA DETALLES VER LOS PLANOS CORRESPONDIENTES (VER TABLA DE LISTA DE PARTES).
- PARA LEER LAS NOTAS QUE ESPECIFICAN EL ALCANCE DEL PROYECTO VER EL PLANO E-700a.

ARREGLO GENERAL ESQUEMATICO



PLANTA ESC. 1/200

C.P.	FECHA	DESCRIPCION	FECHA	POR	Vs. Bq.
	0	APROBADO PARA CONSTRUCCION	AGOSTO-08	M.J.S.A.	P.D.R.

No.	DESCRIPCION
E-001	PLANO DE LOCALIZACION GENERAL DE EQUIPOS
E-700a	TORRE: ARREGLO GENERAL, PLANTA Y ELEVACIONES

RECEPCION POR PETROQUIMICA  
Ing. Mario Armando Diaz Cerda  
Nombre y Firma del Supervisor / Coordinador del Contrato  
El contenido de este plano y su informacion tecnica soporte, son responsabilidad del prestador del servicio COMIMSA, de acuerdo a los alcances pactados en el contrato de servicios No. CE-OF-COMIMSA-052-400687-08.  
Pemex, Petroquimica supervisó y coordinó los trabajos con base en lo establecido en el convenio general de prestación de servicios firmado el día 03 de marzo de 2005 y los revisó con base a los procedimientos administrativos de Pemex Petroquimica, 400-81000-PA-103 y 400-81000-PA-108 en sus revisiones vigentes.



CORPORACION MEXICANA DE INVESTIGACION EN MATERIALES S.A. DE CV  
SANDEZ MAGALLANES No. 1105, COL. CENTRO, VILLAHERRIOSA, TAB.  
C.P. 86900. TEL. (01-993) 314 21 53, FAX. (01-993) 312 89 13  
DIBUJO ELABORADO EN VILLAHERRIOSA, TAB. MARZO DE 2009

DIBUJO: ING. G.GORDILLO H.  
PROYECTO: ING. G.GORDILLO H.  
REVISO: ING. M.J.SARAO A.  
COORDINO: ING. P.DELGADILLO R.  
Vc. Bq.: M.C. D.GOMEZ G.  
INDICADA  
ACOT. EN: cm

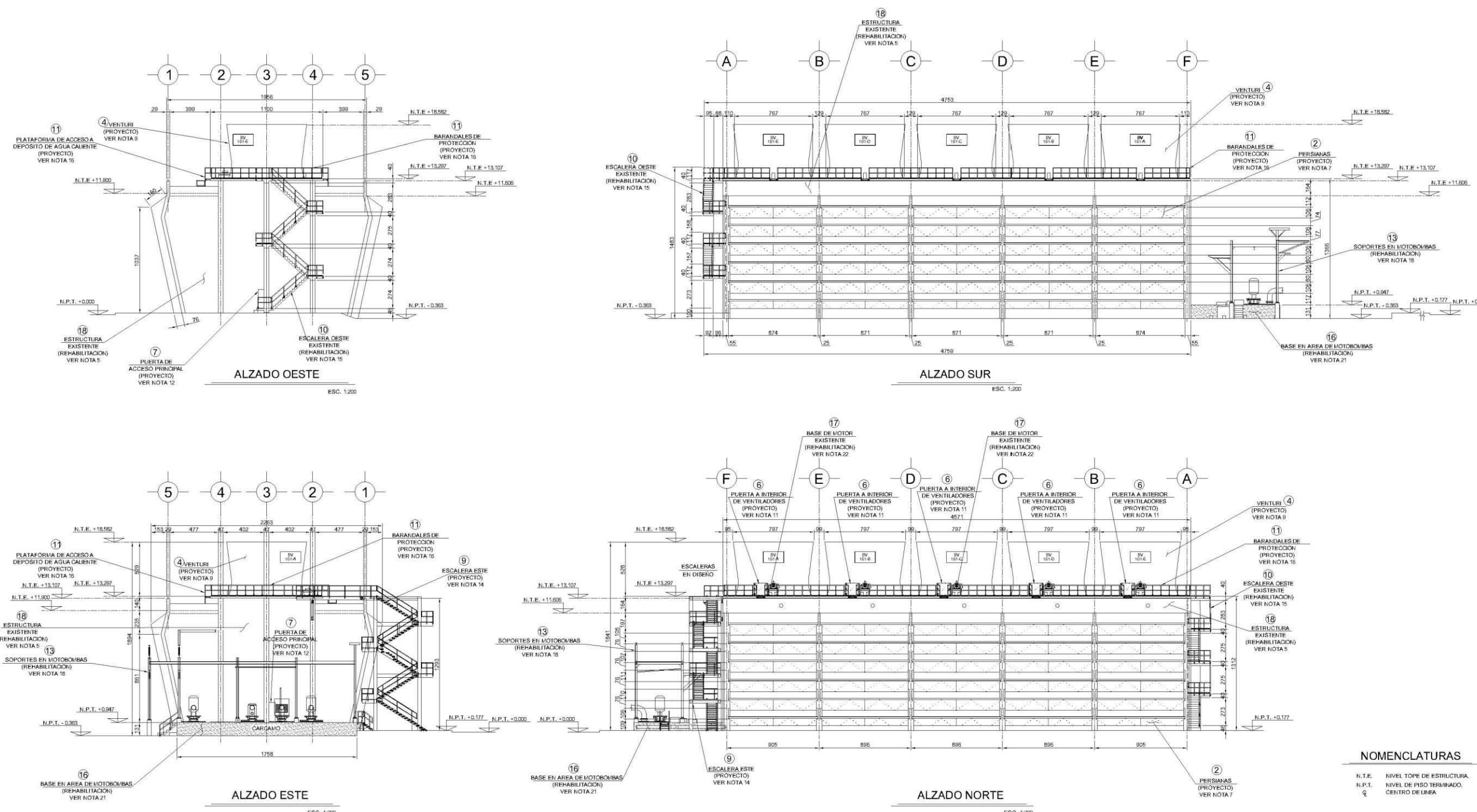
PEMEX PETROQUIMICA  
"REHABILITACION DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO MARLEY DE-101 EN EL COMPLEJO PETROQUIMICO PAJARITOS"  
TORRE: ARREGLO GENERAL, PLANTA Y ELEVACIONES  
PROYECTO No. QR01712500  
LUGAR: COATZACOALCOS, VER  
PLANO No. **PLANO 1**  
REV. 0

ANEXO 2 : ARREGLO GENERAL PLANTA Y ELEVACIONES



NOTAS GENERALES

- ACOTACIONES EN CENTIMETROS, NIVELES EN METROS, EXCEPTO DONDE SE INDIQUE.
- ESTE PLANO DEBERA TRABAJARSE EN CONJUNTO CON LOS PLANOS DE REFERENCIA. VER TABLA DE LISTA DE PARTES EN EL PLANO E-703.
- EL NIVEL +0.000 ES ARBITRARIO.
- LA TORRE DE ENFRIAMIENTO MARLEY DE-101 ES EXISTENTE. ALCANCES DEL PROYECTO:
- TODAS LAS ESTRUCTURAS DE CONCRETO DE LA TORRE SERAN REPARADAS, DE ACUERDO A LO EXPUERTO EN LAS BASES DE USUARIO A-1. LAS ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES Y EL PROCEDIMIENTO DE REPARACION DE LAS ESTRUCTURAS DE CONCRETO, SE DETALLAN EN LOS DOCUMENTOS DE ESTE PROYECTO. EPI-C-02 Y PRD-C-02.
- LOS RELLENOS E INTERNOS SERAN SUSTITUIDOS POR OTROS DE MAYOR EFICIENCIA (VER PLANO E-702, E-702a, E-702b y E-702c).
- LAS PERSIANAS EXISTENTES SERAN DESMANTELADAS Y SUSTITUIDAS POR PERSIANAS A BASE DE FIBRA DE VIDRIO (VER PLANO E-703).
- LOS ELIMINADORES DE ROCIO SERAN SUSTITUIDOS POR OTROS DE MAYOR EFICIENCIA (VER PLANO E-704).
- LOS VENTURIS EXISTENTES SERAN DEMOLIDOS EN SU TOTALIDAD Y SERAN REEMPLAZADOS, POR OTROS IGUALES EN GEOMETRIA, DE CONCRETO REFORZADO (VER PLANO E-705).
- LOS DEPÓSITOS DE AGUA CALIENTE, SERAN REHABILITADOS EN SU TOTALIDAD (VER PLANO E-706).
- LAS PUERTAS DE ACCESO AL INTERIOR DE LOS VENTILADORES EXISTENTES (METÁLICAS) SERAN DESMANTELADAS Y SUSTITUIDAS POR PUERTAS A BASE DE FIBRA DE VIDRIO. LAS PUERTAS DE INTERCOMUNICACION ENTRE LAS CELDAS (INTERIOR DE TORRE) SERAN CONSTRUIDAS DEL MISMO MATERIAL QUE LAS ANTERIORES, ACTUALMENTE ESTOS ACCESOS INTERNOS ENTRE CELDA NO TIENEN PUERTA (VER PLANO E-705).
- LOS REGISTROS SON EXISTENTES (VER LOCALIZACION EN PLANO E-700), SUS MARCOS Y TAPAS SERAN SUSTITUIDOS POR OTROS CONSTRUIDOS A BASE DE FIBRA DE VIDRIO (VER PLANO E-200).
- LA ESCALERA LADO ESTE ES NUEVA, SU ESTRUCTURA PRINCIPAL (ZAPATAS, COLUMNAS Y TRABES) SERA DE CONCRETO REFORZADO Y LA ESTRUCTURA DE LOS ESCALONES Y Peldaños SERA DE PERFILES A BASE DE FIBRA DE VIDRIO (VER PLANO E-400).
- LA ESCALERA LADO OESTE ES EXISTENTE, ESTA CONSTRUIDA DE CONCRETO CON BARRIALES METÁLICOS. LOS BARRIALES EXISTENTES SERAN DESMANTELADOS Y REEMPLAZADOS POR BARRIALES A BASE DE PERFILES DE FIBRA VIDRIO PULTRUIDO. LA ESTRUCTURA DE CONCRETO EXISTENTE SERA REPARADA EN SU TOTALIDAD. LAS ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES Y EL PROCEDIMIENTO DE REPARACION DE LAS ESTRUCTURAS DE ESTE PROYECTO. EPI-C-02 Y PRD-C-02 (VER PLANO E-601).
- LOS BARRIALES PERIMETRALES EXISTENTES (METÁLICOS), PARTE SUPERIOR DE LA TORRE, SERAN DESMANTELADOS Y SUSTITUIDOS POR BARRIALES FABRICADOS CON PERFILES DE FIBRA DE VIDRIO PULTRUIDO. LAS PLATAFORMAS DE ACCESO A LOS DEPÓSITOS DE AGUA CALIENTE Y LOS BARRIALES DE ACCESO INTERNOS, TAMBIEN SERAN DEL MISMO MATERIAL (VER PLANO E-1000 Y E-1000a).
- LAS PLATAFORMAS DE ACCESO A LOS REDUCTORES DE VELOCIDAD, EXISTENTES (METÁLICAS), SERAN DESMANTELADAS Y SE SUSTITUIRAN POR OTRAS CONSTRUIDAS CON PERFILES A BASE DE FIBRA DE VIDRIO PULTRUIDO (VER PLANO E-1001).
- LOS SOPORTES (RACKS) EN AREA DE MOTOBOMBAS (DEL CARCAMO) SON EXISTENTES, SE LES DARÁ MANTENIMIENTO ANTICORROSION. LOS DATOS DE CLORACION EXISTENTE SI ESTADO ACTUAL ES CRITICO, SERA DEVOLUIDO EN SU TOTALIDAD, SE REUBICARA Y SE CONSTRUIRA NUEVAMENTE CON ELEMENTOS ESTRUCTURALES A BASE DE CONCRETO REFORZADO (VER PLANO F-103).
- LA CASITA DE VIGILANCIA Y CONTROL ES EXISTENTE, SE AMPLIARA Y SE REHABILITARA SU ESTRUCTURA, ASI COMO SU SISTEMA HIDRAULICO Y SANITARIO (VER PLANO F-101).
- LA BASE EN AREA DE MOTOBOMBAS (CARAMO) ES EXISTENTE, LA REJILLA EXISTENTE, DEL REGISTRO DE INSPECCION Y MEDICION, SERA DESMANTELADA Y SUSTITUIDA POR REJILLA FABRICADA DE FIBRA DE VIDRIO. SE CONSTRUIRA UNA ESCALERA PEQUEÑA COMPLETA, PARA ACCESAR A LA BASE DEL LADO NORTE Y LA ESCALERA (EXISTENTE) DEL LADO SUR DE CONCRETO SE LE INSTALARA BARRIALES NUEVOS. LOS PERFILES DE LA ESCALERA Y BARRIALES SON DE FIBRA DE VIDRIO PULTRUIDO. TODA LA ESTRUCTURA DE CONCRETO EXISTENTE SERA REPARADA EN SU TOTALIDAD. LAS ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES Y EL PROCEDIMIENTO DE REPARACION DE LAS ESTRUCTURAS DE CONCRETO, SE DETALLAN EN LOS DOCUMENTOS DE ESTE PROYECTO. EPI-C-02 Y PRD-C-02 (VER PLANO F-102).
- LA BASE DE MOTOR PARA LINEA DE FUERZA DE VENTILADORES Y LA BASE DEL REDUCTOR, ES EXISTENTE, ESTAN CONSTRUIDOS DE CONCRETO CON BASTIDOR METALICO. EL BASTIDOR METALICO SERA REHABILITADO CON PROTECCION ANTICORROSION. TODA LA ESTRUCTURA DE CONCRETO EXISTENTE SERA REPARADA. LAS ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES Y EL PROCEDIMIENTO DE REPARACION DE LAS ESTRUCTURAS DE CONCRETO, SE DETALLAN EN LOS DOCUMENTOS DE ESTE PROYECTO. EPI-C-02 Y PRD-C-02 (VER PLANO F-103).
- TODAS LAS DEMOLICIONES Y DESMANTELAMIENTOS DEBERAN CUMPLIR CON LA NFR-160-PEMEX-2007 REV.0.
- LA CONSTRUCCION DE LAS ESTRUCTURAS DE CONCRETO DEBERAN CUMPLIR CON LA NFR-152-PEMEX-2005.
- LOS TRABAJOS DE PROTECCION ANTICORROSION CUMPLIRAN CON LA NFR-253-PEMEX-2005.
- LA REHABILITACION DE LOS MARCOS Y TAPAS DE REGISTRO EN GENERAL, CUMPLIRAN CON LA NFR-140-PEMEX-2005.
- EN LA CONSTRUCCION DE LAS ESCALERAS, LOS CRITERIOS QUE APLICHEN SE APEGARAN A LA ESPECIFICACION PEMEX P.3.014.02.
- SI EL TRABAJO EN ALTURA REQUIERE EL USO DE ANDAMIOS, SE DEBE CUMPLIR CON LA NFR-237-PEMEX-2007 REV.0.
- LAS ESPECIFICACIONES Y PROCEDIMIENTOS ESPECIFICOS SE DETALLAN EN LOS PLANOS CORRESPONDIENTES A CADA ELEMENTO QUE SE INTERVIENE.



NOMENCLATURAS

- N.T.E. NIVEL TOPE DE ESTRUCTURA.
- N.P.T. NIVEL DE PISO TERMINADO.
- Q CENTRO DE LINEA

DE-101

TORRE MARLEY  
EXISTENTE  
CAPACIDAD: 30,000 GPM  
ARREGLO: 5 CELDAS

REVISIONES		DIBUJOS DE REFERENCIA	
C.P.	FECHA	No.	
		E-001	PLANO DE LOCALIZACION GENERAL DE EQUIPOS
		E-700	TORRE ARREGLO GENERAL/PLANTA Y ELEVACIONES

RECEPCION POR PETROQUIMICA  
Ing. Mario Armando Diaz Cerda  
Nombre y Firma del Supervisor / Coordinador del Contrato:  
El contenido de este plano y su informacion tecnica son responsabilidad del prestador del servicio COM/MSA, de acuerdo a los alcances pactados en el contrato de servicios No. CE-OP-COM/MSA-052-000607-05.  
Pemex Petroquimica supervisa y coordina los trabajos con base en lo establecido en el convenio general de prestacion de servicios firmado el dia 03 de marzo de 2005, y los revisa con base a los procedimientos administrativos de Pemex Petroquimica, 400-81000-PA-103 y 400-81000-PA-102, en sus revisiones vigentes.



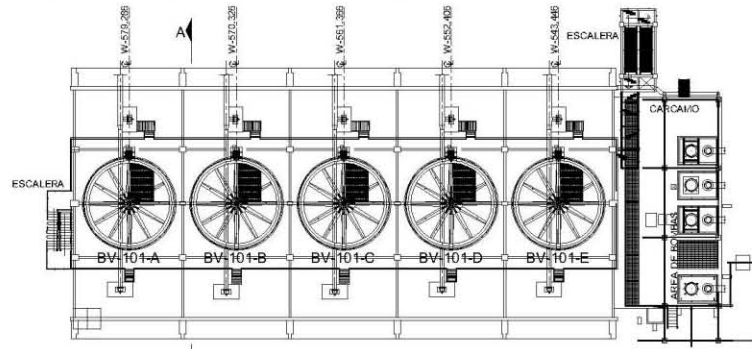
CORPORACION MEXICANA DE INVESTIGACION EN MATERIALES S.A. DE C.V.  
SANCHEZ MAGALLANES No. 1195, COL. CENTRO VILLAHERMOSA, TAB.  
C.P. 86600. TEL. (01-993) 314 21 53, FAX. (01-993) 312 89 13  
DIBUJO ELABORADO EN VILLAHERMOSA, TAB. MARZO DE 2009

DIBUJO: ING. G. GORDILLO H.  
PROYECTO: ING. G. GORDILLO H.  
REVISO: ING. M. J. SARAO A.  
COORDINO: ING. P. DELGADILLO R.  
Vo. Bo.: M. C. D. GOMEZ G.

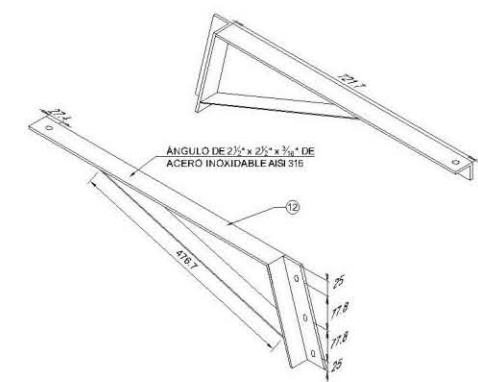
**PEMEX PETROQUIMICA**  
"REHABILITACION DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO MARLEY DE-101 EN EL COMPLEJO PETROQUIMICO PAJARITOS"  
TORRE:  
**ARREGLO GENERAL Y ELEVACIONES**  
PROYECTO No.: QRO1712500  
PLANO No.: **PLANO 2**  
LUGAR: COATZACOALCOS, VER.



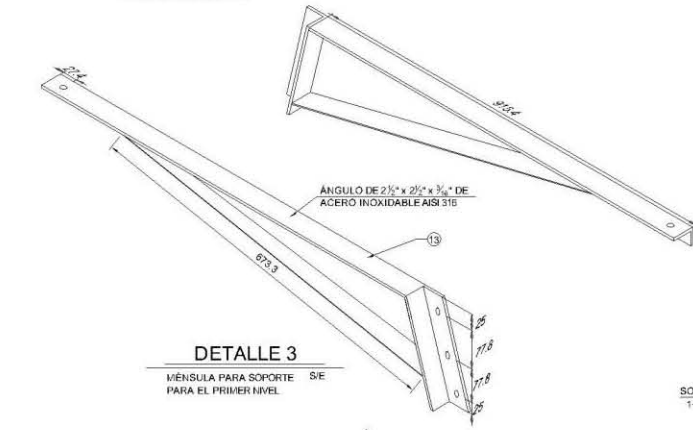
ANEXO 3 : SISTEMA DE DISTRIBUCION (MONTAJE DEL RELLENO E INTERNOS)



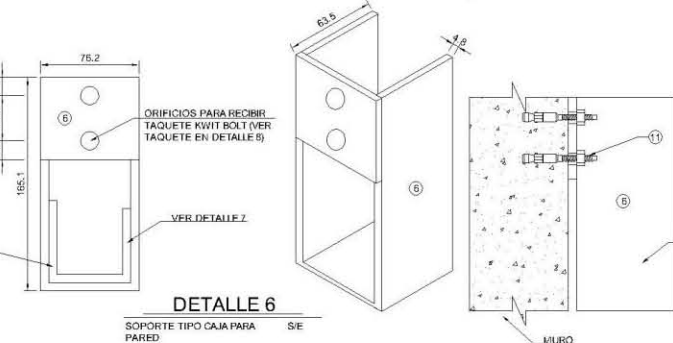
PLANTA  
TORRE MARLEY



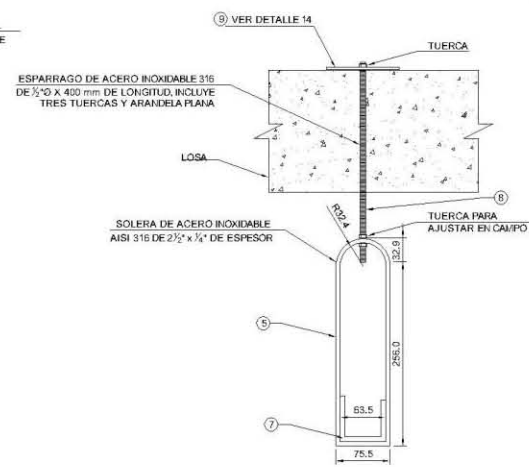
DETALLE 2  
MENSULA PARA SOPORTE PARA EL SEGUNDO NIVEL



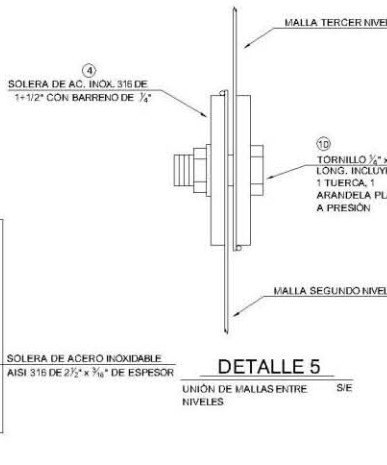
DETALLE 3  
MENSULA PARA SOPORTE PARA EL PRIMER NIVEL



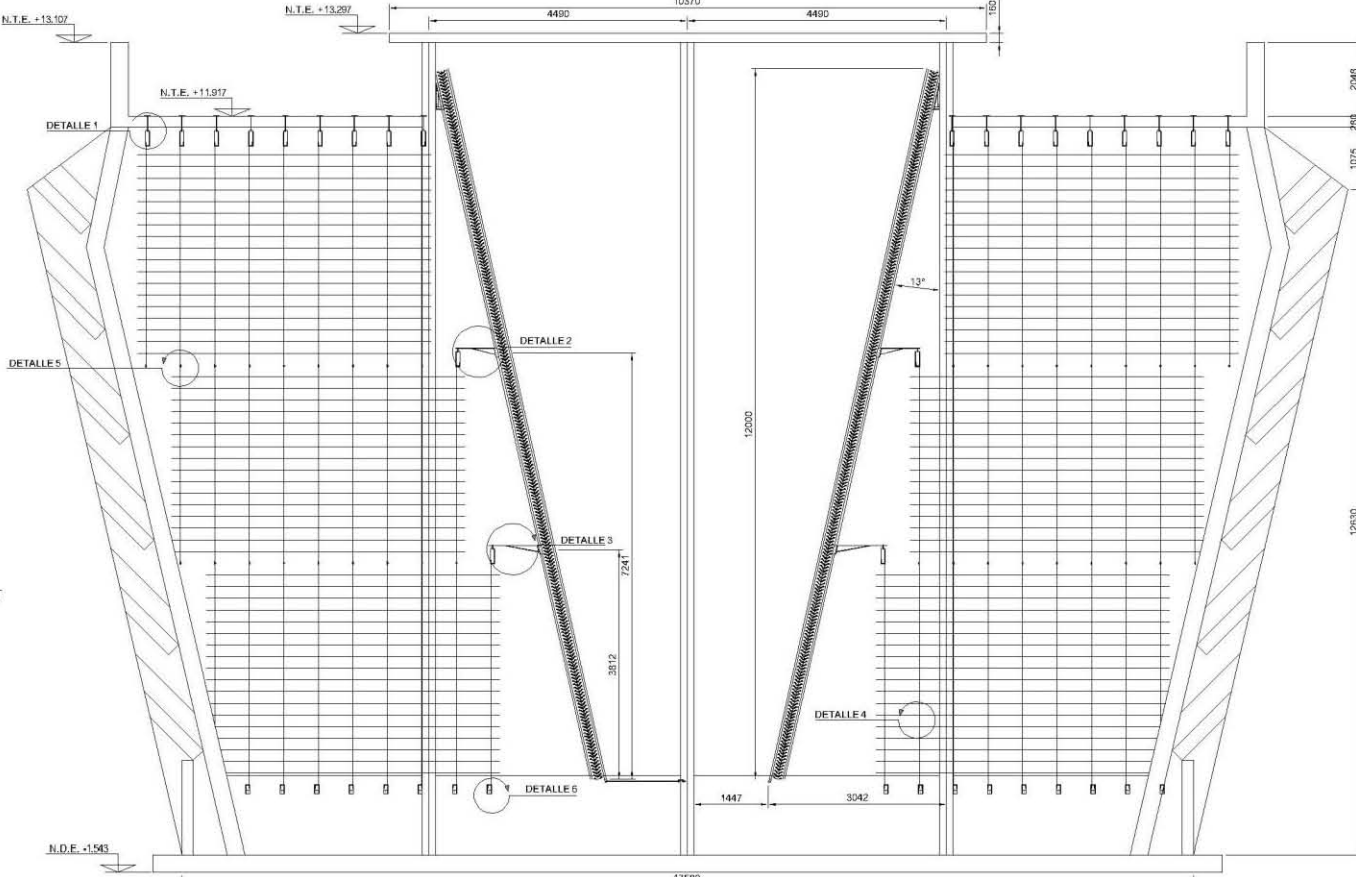
DETALLE 6  
SOPORTE TIPO CAJA PARA PARED



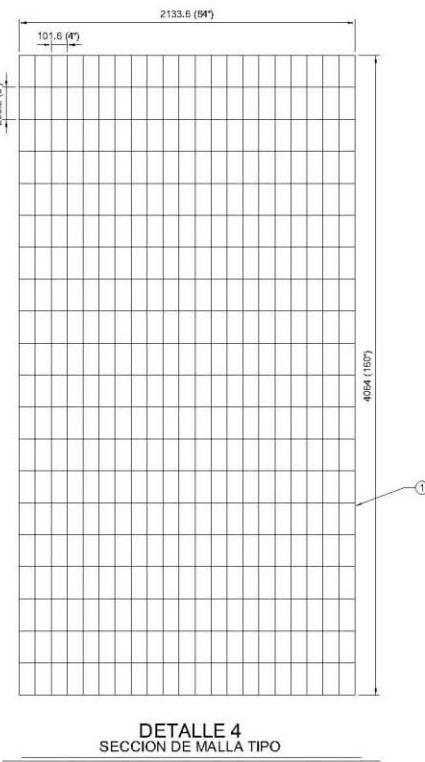
DETALLE 1  
SOPORTE PARA LOSA



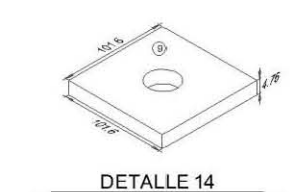
DETALLE 5  
UNION DE MALLAS ENTRE NIVELES



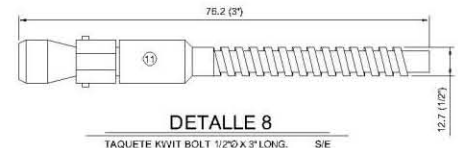
CORTE A-A  
UNION DE MALLAS ENTRE NIVELES



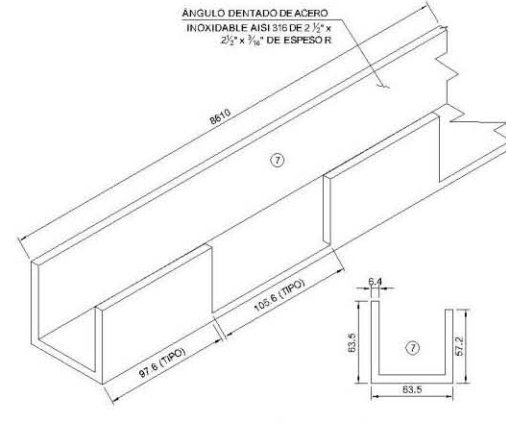
DETALLE 4  
SECCION DE MALLA TIPO



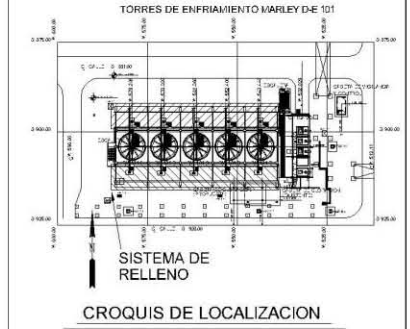
DETALLE 14  
PLACA DE ACERO INOXIDABLE 316 CON BARRENO DE 1/2"



DETALLE 8  
TAQUETE KWIT BOLT 1/20 X 3\"/>



DETALLE 7  
ANGULO DENTADO



CROQUIS DE LOCALIZACION

SIMBOLOGIA

- N.P.T. NIVEL DE PISO TERMINADO
- N.T.E. NIVEL TOPE DE ESTRUCTURA
- N.D.E. NIVEL DE DESPLANTE DE ESTRUCTURA
- ③ NUMERO DE IDENTIFICACION DE ELEMENTOS

NOTAS GENERALES

1. COTACIONES EN MILIMETROS, NIVELES EN METROS.
  2. VER EL NUMERO DE IDENTIFICACION DE LOS ELEMENTOS EN TABLA PLANO E-702a PARA RELLENO OPTI BAR, E-702b PARA RELLENO GUL-WING Y E-702c PARA RELLENO MARLEY SPLASH FILL O EQUIVALENTE.
  3. EL SISTEMA DE DISTRIBUCION EXISTENTE SERA DESMANTELADO Y SUSTITUIDO POR OTRO DE ALTA EFICIENCIA. LOS INTERNOS Y RELLENOS DESMANTELADOS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION SE ALMACENARAN EN UN LUGAR DEFINIDO POR PEMEX PETROQUIMICA.
  4. LAS DEMOLICIONES Y DESMANTELAMIENTO DEBEN CUMPLIR CON LA NIF-100-PEMEX-2007 REV. 0 Y CON EL PROCEDIMIENTO FRIO-C-001 (PROCEDIMIENTO PARTICULAR DE ESTE PROYECTO).
  5. DEBE RETIRARSE TODO EL CASCAJO DE LA ZONA DE TRABAJO.
  6. DEBE EVITARSE AFECTAR CUALQUIER INSTALACION O ESTRUCTURA EXISTENTE, ESPECIAL DEBE PROTEGERSE EL BACIN DE AGUA FRIA.
- RELLENO:**
7. EL RELLENO SERA A BASE DE PERFILES DE PVC O POLIPROPILENO EXTRUIDO EN UNA SOLA PIEZA DE 4 PULGADAS NOMINALES DE ANCHO ARREGLADOS EN MALLA FACILMENTE REMOVIIBLES QUE GARANTICEN QUE DURANTE LA VIDA UTIL DEL MISMO, (VER PLANOS E-702a, E-702b Y E-702c).
  8. EL MATERIAL PARA EXTRUSION DEL PERFIL SERA RESINA DE PVC RIGIDO 100% VIRGEN O POLIPROPILENO CON INHIBIDOR DE RADIOS ULTRAVIOLETA Y SIGUIENDO LOS LINEAMIENTOS GENERALES DE LA ESPECIFICACION ASTM D 1784 CLASE 1334 C.
  9. EL MATERIAL SERA EXTRUIDO BAJO CONDICIONES DE TEMPERATURA CONTROLADA PARA GARANTIZAR LA FORMA DEL PERFIL Y PREVENIR DEFORMACIONES.
  10. EL MATERIAL DEL PERFIL TENDRA UN RANGO DE ESPESOR DE FLAMA 0-15 SEGUN EL ASTM E 84 Y SERA AUTEXTINGUIBLE SEGUN EL ASTM D 855, DE 0-10 SEG.
  11. EL MATERIAL DE FABRICACION DEL RELLENO DEBERA CUMPLIR ESTRICTAMENTE CON EL BOLETIN CITI-STD-136 (03).
  12. EL ARREGLO DEL RELLENO SERA EL ADECUADO PARA ALCANZAR LAS MEJORES CONDICIONES DE EFICIENCIA EN LA TRANSFERENCIA DE CALOR.
  13. LA TABLETA SERA DEL TIPO QUE MEJOR CONVENGA PARA LAS CONDICIONES DE DISEÑO DADAS PARA OBTENER UNA MEJOR EFICIENCIA EN LA TORRE (VER PLANO E-704).
  14. NO DEBERA PRESENTAR DESNIVELACIONES QUE PROVOQUEN UNA DISMINUCION EN LA CAPACIDAD DE ENFRIAMIENTO.
  15. EL PERFIL ESTARA SOPORTADO POR MALLAS DE ACERO INOXIDABLE SEPARADAS CADA 50 CENTIMETROS COMO MAXIMO.
  16. LAS MALLAS CONTARAN CON SEPARADORES CONVENIENTEMENTE DISTRIBUIDOS QUE GARANTICEN LA NIVELACION O SEPARACION HORIZONTAL INDICADA EN EL PUNTO ANTERIOR.
  17. EL PERFIL ESTARA ASEGURADO A LA MALLA POR MEDIO DE UN CLIP DE SERVICIO PESADO DE POLIPROPILENO DE ALTO IMPACTO, O ALAMBRE DE ACERO INOXIDABLE TIPO 304 CAL. 22 SEGUN SEA EL CASO DE LA TABLETA PROPUESTA (NO SE ACEPTAN CLIPS TIPO OMEGA O CINTURONES DENTADOS DE PLASTICO). LOS ELIMINADORES DE ROCEO SERAN DE PVC O POLIPROPILENO.
  18. QUE NO PERMITA UN ARRASTRE DE AGUA MAYOR DEL 0.003% DEL FLUJO DE AGUA DE RECIRCULACION.
  19. DEBE TENER RESISTENCIA MECANICA Y QUE EVITE LA DEFLEXION DE LA MISMA.
  20. DEBERA SUJETARSE ADECUADAMENTE PARA EVITAR SU DESLIZAMIENTO O CAIDA.
- MALLA:**
21. LAS MALLAS DE SOPORTE DE RELLENO SERAN DE ALAMBRE DE ACERO INOXIDABLE TIPO 304 DE DIAMETRO UNIFORME. EL CALIBRE MINIMO SERA 14 SWG (0.025"), (VER PLANOS E-702a, E-702b Y E-702c).
  22. LAS MALLAS SERAN FABRICADAS POR ELECTROSOLDADO EN MAQUINARIA AUTOMATICA PARA ASEGURAR PRESION UNIFORME EN TODOS LOS ELECTRODOS Y LA ELECTROFUSION DE LOS METALES.
  23. EL ALAMBRE PARA SU PROCESO ESTARA LIBRE DE ESCAMAS, GRASA, PINTURA, O ALGUN OTRO MATERIAL EXTRAÑO QUE PUEDE INTERFERIR EN EL ELECTROSOLDADO DE LOS ALAMBRES.
  24. LOS ALAMBRES LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES ESTARAN UNIDOS A SU INTERSECCION POR MAQUINARIA AUTOMATICA QUE ASEGURE LA UNION POR MEDIO DEL PRINCIPIO DE ELECTROFUSION CON PRESION.
  25. EL ALAMBRE DE ACERO INOXIDABLE TIPO 304 TENDRA UNA RESISTENCIA A LA TENSION MINIMA DE 110 000 PSL.
  26. LA MALLA O CUADRO SERA DE LAS DIMENSIONES QUE MARQUE EL ARREGLO RESULTANTE DEL DISEÑO TERMODINAMICO.
  27. TOLERANCIAS: PARA ASEGURAR LA UNIFORMIDAD EN LA INSTALACION DEL RELLENO, LAS MALLAS TENDRAN LAS SIGUIENTES TOLERANCIAS:  
VERTICAL  
8" - 0" O MENOS ± 1/8"  
8" - 0" A 12" ± 1/8"  
12" - 0" O MAS ± 3/8"  
TRANSVERSAL  
TODOS LOS ANCHOS ± 1/8" DE ESQUINA A ESQUINA NO MAS DE 1". EL TAMAÑO DEL CUADRO ± 1/8".
  28. SE DEBERA SUMINISTRAR CERTIFICADOS DE CALIDAD DEL MATERIAL USADO EN LA FABRICACION DE MALLAS.
  29. LAS MALLAS CONTARAN CON SEPARADORES CONVENIENTEMENTE DISTRIBUIDOS, PARA GARANTIZAR LA NIVELACION HORIZONTAL DE LAS MISMAS.
  30. LA UNION ENTRE LAS MALLAS SERA POR MEDIO DE UN CLIP TIPO "C" FABRICADO DE ACERO INOXIDABLE TIPO 304.
- VARIOS:**
31. TODA LA TORNERIA, ANCLAJES, AMARRE, ETC., DEBERA SER DE ACERO INOXIDABLE EN CONFORMIDAD CON AISI 316.
  32. LOS ANCLAJES DE EXPANSION SERAN DEL TIPO KWIT BOLT HILTI O EQUIVALENTE, DE ACERO INOXIDABLE EN CONFORMIDAD CON AISI 316.
  33. VER LA ESPECIFICACION PARTICULAR DE ESTE PROYECTO EPI-C-001.
  34. SI EL TRABAJO EN ALTIMA REQUIERE EL USO DE ANAMIOS, SE DEBE CUMPLIR CON LA NORMA NIF-237-PEMEX-2000 REV. 0.

C.P.		FECHA	REVISIONES			DIBUJOS DE REFERENCIA	
MCA.	DESCRIPCION	FECHA	POR	Va. Bg.	No.	DIBUJOS DE REFERENCIA	
0	APROBADO PARA CONSTRUCCION	AGOSTO-08	P.D.R.	D.G.G.	E-001	PLANTA DE LOCALIZACION DE EQUIPOS	
					E-702	DISTRIBUCION Y MONTAJE DE RELLENO E INTERNOS (PLANTA, CORTES Y DETALLES)	

**RECEPCION POR PETROQUIMICA**  
Ing. Mario Armando Diaz Cerda  
Nombre y Firma del Supervisor / Coordinador del Control:  
El contenido de este plano y su informacion tecnica soporte, son responsabilidad del prestador del servicio COM/INSA, de acuerdo a los alcances pactados en el contrato de servicios No. CE-OP-COM/INSA-052-03/0687-08.  
Pemex Petroquimica supervisó / coordinó los trabajos con base en lo establecido en el convenio general de prestación de servicios firmado el día 03 de marzo de 2005 y los revisó con base a los procedimientos administrativos de Pemex Petroquimica: 400-81000-PA-103 y 400-81000-PA-106 en sus revisiones vigentes.

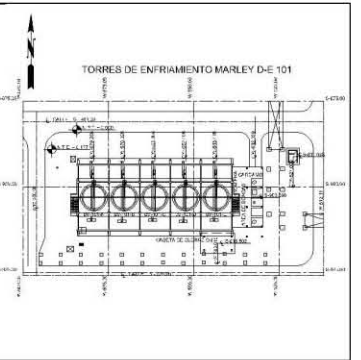
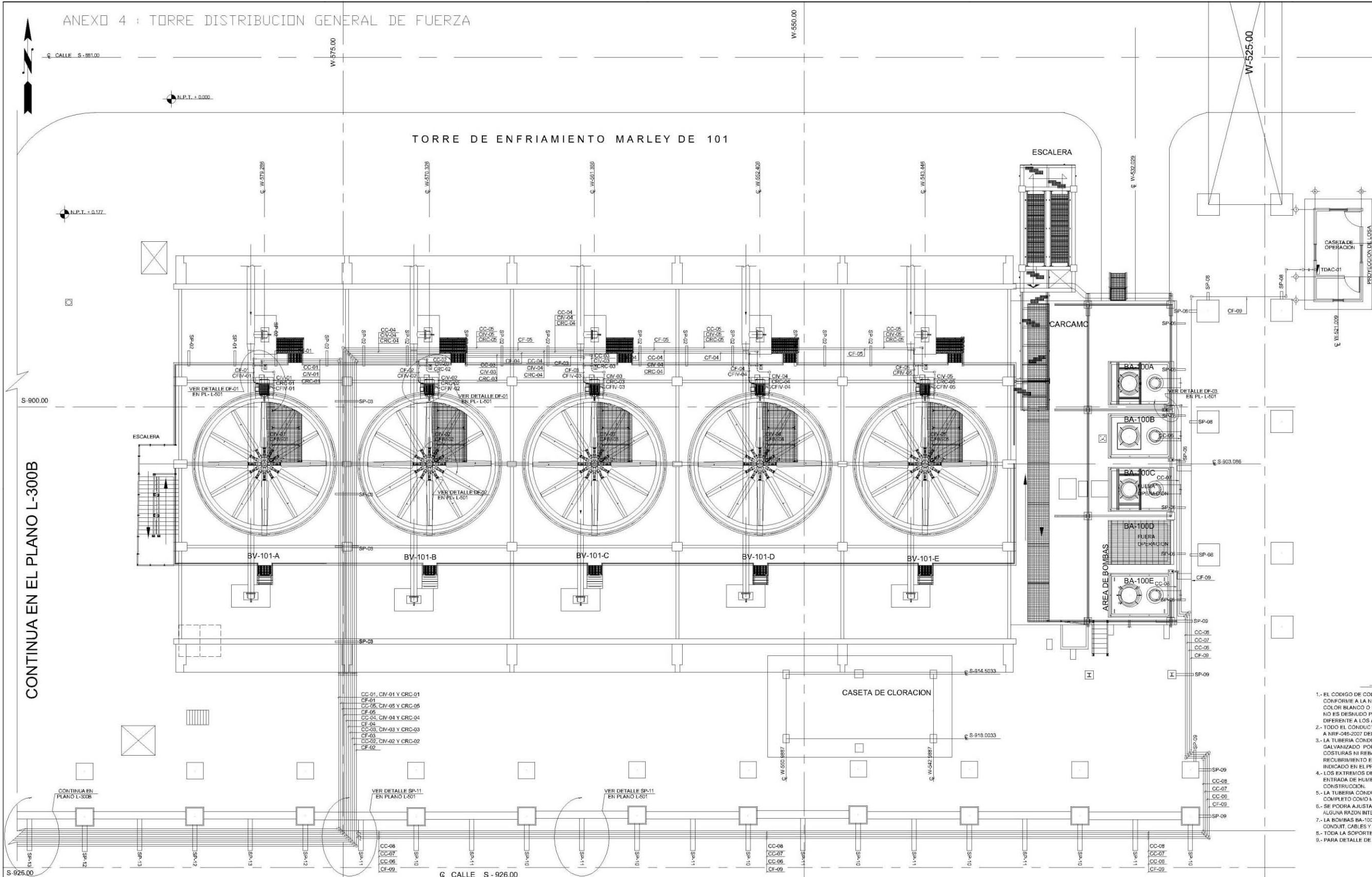


**CORPORACION MEXICANA DE INVESTIGACION EN MATERIALES S.A. DE C.V.**  
SANCHEZ MALLANES No. 1165, COL. CENTRO VILLAHERMOSA, TAB. C.P. 86000. TEL. (91-993) 314 21 53. FAX. (91-993) 312 89 13  
DIBUJO ELABORADO EN VILLAHERMOSA, TAB. MARZO DE 2009

DIBUJO: ING. E. FABIAN F.  
PROYECTO: ING. L. PINEDA M.  
REVISO: ING. M.J. SARAO A.  
COORDINADO: ING. P. DELGADILLO R.  
Va. Bg.: M.C. D. GOMEZ G.  
ENC. INDICADA ACOT. EN mm

**PEMEX PETROQUIMICA**  
"REHABILITACION DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO MARLEY DE-101 EN EL COMPLEJO PETROQUIMICO PAJARITOS"  
**SISTEMA DE DISTRIBUCION (MONTAJE DEL RELLENO E INTERNOS): PLANTA, CORTES Y DETALLES**  
PROYECTO No. QR01712500 PLANO No. **PLANO 3**  
LUGAR: COATZACOALCOS, VER

ANEXO 4 : TORRE DISTRIBUCION GENERAL DE FUERZA



CROQUIS DE LOCALIZACION

SIMBOLOGIA

- TDAC-01 TABLERO DE DISTR. DE ALUMBRADO Y CONTACTOS TIPO HIGOD DE 24 CIRCUITOS 3F, 4W, 220/120V, 50HZ. (NUEVO DE PROYECTO)
- TUBERIA CONDUIT VISIBLE
- CONDUIT SERIE OVALADA, TIPO T
- CONDUIT SERIE OVALADA, TIPO L
- TUBERIA CONDUIT QUE BAJA CON CAJA DE REGISTRO TIPO "L"
- TUBERIA CONDUIT QUE SUBE CON CAJA DE REGISTRO TIPO "L"
- SOPORTE ESTRUCTURAL DE PROYECTO
- ESTACION DE BOTONES PARO Y ARRANQUE (NUEVO DE PROYECTO)
- TUBERIA FLEXIBLE
- INDICA CORTE DE TUBERIA CONDUIT

NOMENCLATURA

- € CENTRO DE LINEA
- S-925.20 COORDENADAS
- N.P.T. NIVEL DE PISO TERMINADO
- CF INDICA CIRCUITO DE FUERZA
- CC INDICA CIRCUITO DE CONTROL DE BOTONERIAS
- CIV INDICA CIRCUITO DE CONTROL DE INTERRUPTOR DE VIBRACION
- CRC INDICA CIRCUITO DE CONTROL DE LA RESISTENCIA CALEFACTORA DEL MOTOR.
- SP INDICA SOPORTE ESTRUCTURAL
- IV INTERRUPTOR DE VIBRACION
- TDAC-01 TABLERO DE DISTRIBUCION DE ALUMBRADO Y CONTACTOS
- BA-100C BOMBA DE SUMISTRO DE AGUA DE ENFRIAMIENTO
- BV-101-E VENTILADOR CON MOTOR ELECTRICO

NOTAS

- 1.- EL CODIGO DE COLORES PARA EL CABLEADO DE LOS CIRCUITOS SE HARA CONFORME A LA NOM-001-SEDE-2005, ART. No. 210-5, SIENDO ESTOS: COLOR BLANCO O GRIS NATURAL PARA EL NEUTRO, COLOR VERDE SI ESTE NO ES DESIGNADO PARA LA TIERRA FISICA (PUESTA A TIERRA) Y LALO DIFERENTE A LOS ANTERIORES PARA LAS FASES.
- 2.- TODO EL CONDUCTOR DEBERIA SER CABLE DE COBRE TIPO THW-LS DE ACUERDO A NRP-98-2007 DEL CALIBRE INDICADO PARA 75°C.
- 3.- LA TUBERIA CONDUIT EN INTERIOR DEL CUARTO DE CONTROL SERA DE ACERO GALVANIZADO POR INMERSION EN CALIENTE PARED GRUESA TIPO PESADO, SIN COSTURAS NI REBABA Y PARA EL EXTERIOR SERA DE FALGALANIZADO CON RECUBRIMIENTO EXTERIOR DE PVC E INTERIOR DE URETAHO, DEL DIAMETRO INDICADO EN EL PROYECTO.
- 4.- LOS EXTREMOS DE LOS CONDUITS DEBERAN SER TAPADOS PARA EVITAR LA ENTRADA DE HUMEDAD Y MATERIALES EXTRANOS, DURANTE EL PERIODO DE CONSTRUCCION.
- 5.- LA TUBERIA CONDUIT VISIBLE DEBE SOPORTARSE EN DOS PUNTOS DE CADA TRAMO COMPLETO COMO MINIMO.
- 6.- SE PODRA AJUSTAR EN CAMPO LA TRAYECTORIA DE LA TUBERIA CONDUIT SI POR ALGUNA RAZON INTERFIERE CON ALGUNA OTRA TUBERIA.
- 7.- LA BOMBAS BA-100A, BA-100B Y BA-100C, SOLAMENTE SE LES CAMBIARA LA TUBERIA CONDUIT, CABLES Y ESTACIONES DE BOTONES.
- 8.- TODA LA SOPORTERIA SERA NUEVO DE PROYECTO.
- 9.- PARA DETALLE DE SOPORTERIA VER PLANO L-501.

CONTINUA EN EL PLANO L-300B

C.P.	FECHA	REVISIONES
MCA.		DESCRIPCION
0		APROBADO PARA CONSTRUCCION

No.	DIBUJOS DE REFERENCIA
E-001	PLANO DE LOCALIZACION GENERAL DE EQUIPOS
E-701	TORRE ARREGLO GENERAL PLANTA Y DETALLES
L-001	DIAGRAMA UNIFILAR Y CUADRO DE CARGAS
L-100	ARREGLO DE EQUIPO ELECTRICO PLANTA Y ELEVACIONES
L-300B	DISTRIBUCION GENERAL DE FUERZA
L-501	DISTRIBUCION GENERAL DE SISTEMA DE TIERRAS
L-501	DETALLES DE FUERZA Y ALUMBRADO
L-500	DISTRIBUCION GENERAL DE ALUMBRADO

**RECEPCION POR PETROQUIMICA**  
Ing. Mario Armando Diaz Cerda

Nombre y Firma del Supervisor / Coordinador del Contrato:  
El contenido de este plano y su informacion tecnica es propia, con responsabilidad del prestador del servicio. CCMH/SA, de acuerdo a los alcances pactados en el contrato de servicio No. CF-OP-COMM/SA-052-006887-08. Pemex Petroquimica supervisa y coordina los trabajos con base en lo establecido en el convenio general de prestacion de servicios firmado el dia 03 de marzo de 2005 y los revisa con base a los procedimientos administrativos de Pemex Petroquimica, 400-81000-PA-103 y 400-81000-PA-106 en sus revisiones vigentes.

**PEMEX**  
PETROQUIMICA®

SUBDIRECCION DE PLANEACION  
GERENCIA DE ESTUDIOS Y PROYECTOS  
SUBGERENCIA DE INGENIERIA.

CORPORACION MEXICANA DE INVESTIGACION EN MATERIALES S.A. DE C.V.  
SANCHEZ MAGALLANES No. 1185, COL. CENTRO, VILLAHERMOSA, TAB.  
C.P. 86600. TEL. (01-993) 314 21 53, FAX. (01-993) 312 89 13

DIBUJO ELABORADO EN VILLAHERMOSA, TAB.

DIBUJO:	ING. E. QUEVEDO L.
PROYECTO:	ING. E. QUEVEDO L.
REVISO:	ING. A. LLANOS C.
COORDINO:	ING. P. DELGADILLO R.
Vo. Sa.:	M.C. D. GOMEZ G.

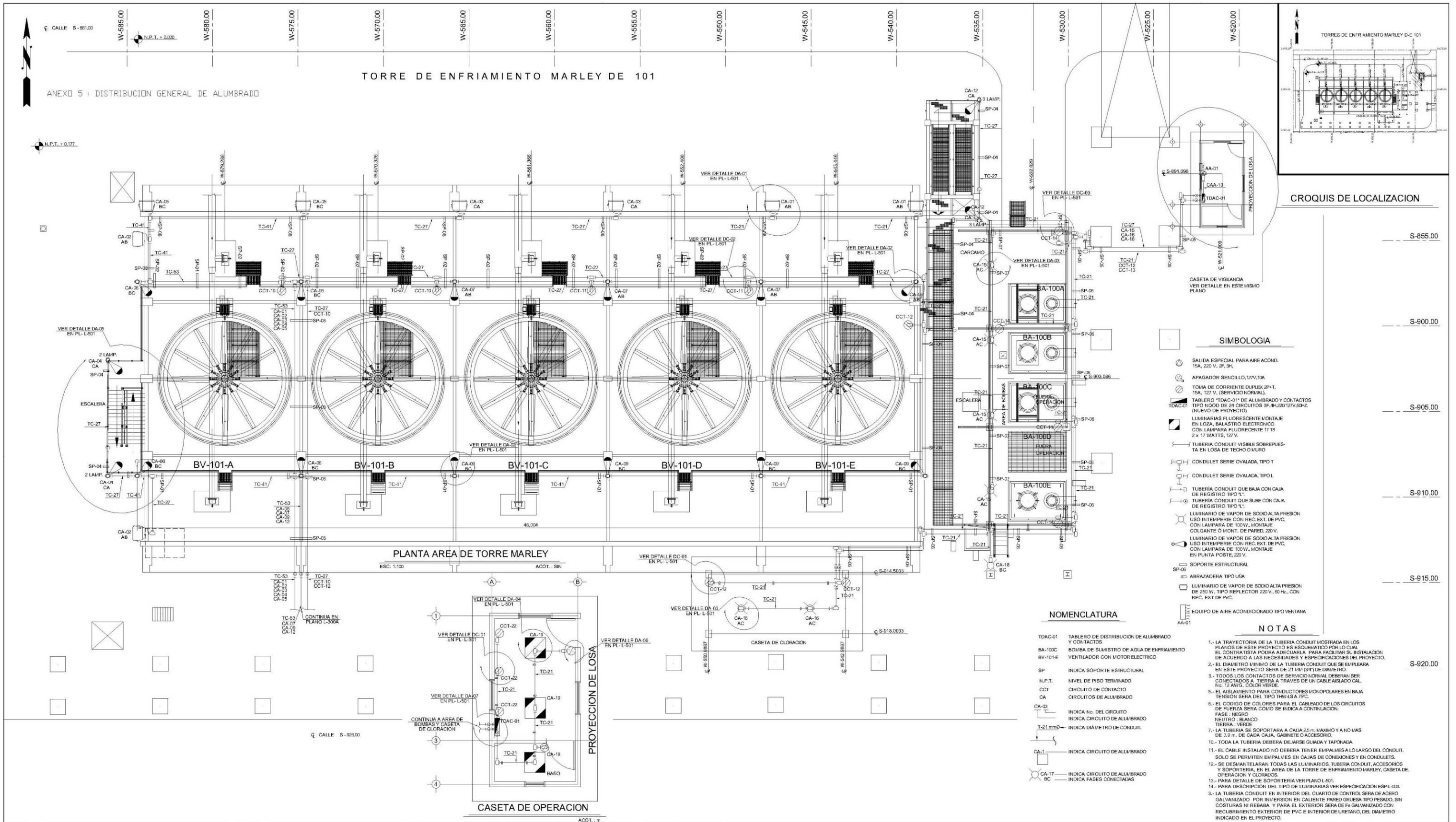
**PEMEX PETROQUIMICA**  
"REHABILITACION DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO MARLEY DE-101 EN EL COMPLEJO PETROQUIMICO PAJARITOS"

**DISTRIBUCION GENERAL DE FUERZA**

PROYECTO No.: QR01712500  
PLANO No.: **PLANO 4**

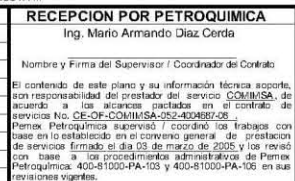
LUGAR: COATZACOALCOS, VER.

AGOSTO DE 2006  
E.C.: 1:150  
ACOT. EN: mm



C.P.	FECHA	MCA.	REVISIONES	FECHA	POR	Vo. Bo.	No.	DIBUJOS DE REFERENCIA
		0	APROBADO PARA CONSTRUCCION	AGOSTO 2009	A.L.L.C.	P.D.R.	E-001	PLANO DE LOCALIZACION GENERAL DE EQUIPOS
							E-701	TORRE ARREGLO GENERAL PLANTA Y DETALLES
							L-001	DIAGRAMA UNIFILAR Y CUADRO DE CARGAS
							L-100	ARREGLO DE EQUIPO ELECTRICO PLANTA Y ELEVACIONES
							L-300	DISTRIBUCION GENERAL DE FUERZA
							L-301	DISTRIBUCION GENERAL DE SISTEMAS DE TIERRAS
							L-501	DETALLES DE FUERZA Y ALUMBRADO
							L-200	CEDULA DE CABLE Y TUBO CONSULT

**RECEPCION POR PETROQUIMICA**  
 Ing. Mario Armando Diaz Cerda  
 Nombre y Firma del Supervisor / Coordinador de Contrato:  
 El contenido de este plano y su informacion técnica aportada, son responsabilidad del prestador del servicio (COMIMSA), de acuerdo a los alcances pactados en el contrato de servicios No. CE-OP-COMIMSA-052-000867-08.  
 Pemex Petroquímica supervisó y coordinó los trabajos con base en lo establecido en el convenio general de prestación de servicios firmado el día 03 de marzo de 2005, y los revistó con base a los procedimientos administrativos de Pemex Petroquímica: 400-81000-PA-103 y 400-81000-PA-106 en sus revisiones vigentes.



**CORPORACION MEXICANA DE INVESTIGACION EN MATERIALES S.A. DE C.V.**  
 SANCHEZ MAGALLANES No. 1105, COL. CENTRO VILLAHERREROS, TAB.  
 C.P. 86000. TEL. (91-993) 314 21 53, FAX. (91-993) 312 99 13  
 DIBUJO ELABORADO EN VILLAHERREROS, TAB. AGOSTO DE 2009

DIBUJO: ING. E. QUEVEDO L.  
 PROYECTO: ING. E. QUEVEDO L.  
 REVISO: ING. A. LLANOS C.  
 COORDINADO: ING. P. DELGADILLO R.  
 Vo. Bo.: M.C. D. GOMEZ G.  
 E.C.: INDICADAS  
 ACOT. EN: INDICADAS

**PEMEX PETROQUIMICA**  
 "REHABILITACION DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO MARLEY DE-101 EN EL COMPLEJO PETROQUIMICO PAJARITOS"  
**DISTRIBUCION GENERAL DE ALUMBRADO**  
 PROYECTO No. QRO1712500  
 PLANO No. **PLANO 5**  
 LUGAR: COATZACOALCOS, VER.  
 REVISION: 0