



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE QUÍMICA

### ESTUDIO DE EVALUACIÓN DEL USO DE AGUA EN INSTALACIONES INDUSTRIALES

### INFORME DE LA PRÁCTICA PROFESIONAL

### QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO QUÍMICO

**PRESENTA:**

**MAURO AGUILAR CASTRO**



**MÉXICO, D.F., FEBRERO DE 2008**

---



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

---

## **JURADO ASIGNADO.**

**Presidente:** Prof. Rodolfo Torres Barrera  
**Vocal:** Prof. Landy Irene Ramirez Burgos  
**Secretario:** Prof. Alfonso Durán Moreno  
**1er. Suplente:** Prof. José Fernando Barragán Aroche  
**2º Suplente:** Prof. Baldomero Pérez Gabriel

### **Sitio en donde se desarrolla el tema:**

UNAM, Torre de Ingeniería  
Nivel 4, Cubículo 6  
Ciudad Universitaria, 04510 Coyoacán, México, D.F.  
Tel.: (55) 56 23 35 00, Ext.: 1413

### **Asesor del tema**

---

Dr. Alfonso Durán Moreno

### **Sustentante**

---

Mauro Aguilar Castro



---

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A Dios por darme la oportunidad de vivir**

A mis Padres que con amor y cariño han sido pieza fundamental en mi vida.

Mi papá el *Licenciado José de los Ángeles Alfredo Aguilar Álvarez*

y mi mamá *María Teresa Castro Córdova*

A mis Hermanos Natividad Genoveva, José Carlos, Verónica, Alfredo Crispín, por su apoyo incondicional. A mis cuñados Luís Enrique, Carmen, Pablo, Elizabeth. A toda la familia de mi Padre y de mi Madre.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a mi querida Facultad de Química.

A mi asesor, el Dr. Alfonso Durán Moreno; por ser amigo, compañero y guía para el desarrollo y culminación de este reporte, que con su experiencia y conocimiento he salido adelante.

A mis sinodales el Ing. Rodolfo Torres y la Maestra Landy I. Ramírez, por haberme brindado tiempo en la revisión y enriquecimiento del presente trabajo.

Al Dr. Fernando Barragán y al Dr. Víctor Luna; por su valiosa amistad y ser excelentes compañeros de trabajo

A PEMEX (CPG's, Refinación, Petroquímica y PEP) por permitir ser parte de ella.

A la compañía FEMSA, Quimiproducos, Coca Cola, Cervecería Cuauhtémoc Moctezuma y a los ingenieros que trabajan ahí que en todo momento me apoyaron en mi desarrollo profesional.

A los compañeros y amigos de la generación '88, a mis compañeros de trabajo en el 3<sup>er</sup> y 4<sup>to</sup> piso de la Torre de Ingeniería.

A Guadalupe Aguilar M de O, Ángel Alvarado M., Alejandro PG; por su apoyo y comentarios en la realización del presente trabajo.

A Alberto AC, Selene AC, Alfredo, Andrés y Silvia que también están presentes; a mis amigos de siempre Ignacio, Arturo RM, Salvador MM, Olivia, Agustín G. Félix AP, Fernando H., Israel FIB, Xavier H, Juan H, Enrique, René

### ***Dedicatoria***

*A mis sobrinos Edwing Jonathan, Natividad Guadalupe, Celin del Carmen, Karla Paola, Carlos Ichel, Montserrat, por el amor y cariño que les tengo.*

*"No claudiquen ante sus sueños"*



---

## NOMENCLATURA

|                   |  |
|-------------------|--|
| COV               | Carga Orgánica Volumétrica,<br>[kg/(m <sup>3</sup> d)]                         |
| N-NH <sub>3</sub> | Nitrógeno amoniacal, [mg/L]  |
| NMP               | Número más probable  |
| NTU               | Unidades Nefelométricas de<br>turbidez, [NTU]<br>(Nefelometric Turbidity Unit) |
| Plot Plan         | Plano de localización de equipos   |
| pH                | Potencial de hidrógeno   |
| V                 | Volumen, [m <sup>3</sup> ]   |



## ABREVIATURAS

|       |  |       |  |
|-------|--|-------|--|
| ATR   | Agua tratada   | s     | vidrio enjuagado con solventes orgánicos                     |
| COT   | Carbono Orgánico Total   | SAAM  | Sustancias Activas al Azul de Metileno, [mg/L]               |
| CPI   | Separador de placas corrugadas (Coalescent Plate Interceptor)                    | SDT   | Sólidos Disueltos Totales, [mg/L]                            |
| CU    | Ciudad Universitaria   | SS    | Sólidos Sedimentables, [mL/L]                                |
| DBO   | Demanda Biológica de Oxígeno, [mg/L]   | ST    | Sólidos totales  |
| DQO   | Demanda Química de Oxígeno, [mg/L]   | SSVLM | Sólidos Suspendidos Volátiles en el Licor Mezclado, [mg/L]   |
| DGCOH | Dirección general reconstrucción y obras hidráulicas                             |       |  |
| DAF   | Difusion Air Flotation   |       |  |
| EPA   | Agencia norteamericana de protección ambiental (Environmental Protection Agency) | SST   | Sólidos Suspendidos Totales, [mg/L]                          |
| FCC   | craqueo catalítico   | SSV   | Sólidos Suspendidos Volátiles, [mg/L]                        |
| HDS   | hidrodesulfuradoras  | ST    | Sólidos Totales, [mg/L]                                      |
| LB    | Lodos Biológicos   | UDA's | Unidades Desmineralizadoras de Agua Vidrio                   |
| HDG   | Hidrodesulfuradora de Gasoleos   | v     | Vidrio   |
| HDR   | Hidrodesulfuradora de residuales   | WEF   | Federación ambiental del agua (Water Environment Federation) |
| NT    | Nitrógeno Total, [mg/L]  |       |  |
| PEMEX | Petróleos Mexicanos  |       |  |
| p     | Plástico   |       |  |
| PL    | Purga de Lodos   |       |  |
| PLC   | Controlador lógico programable (Programmable Logic Controller)                   |       |  |
| PTAN  | Planta de Tratamiento de Aguas Negras  |       |  |
| PTAR  | Planta de Tratamiento de Aguas Residuales  |       |  |
| PL    | Purga de Lodos   |       |  |



---

## CONTENIDO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....  | <b>7</b>  |
| <b>2. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL TEMA</b> .....                     | <b>11</b> |
| 2.0 Reporte de actividades por áreas y/o secciones .....              | 11        |
| 2.1 Fuentes de suministro de agua .....                               | 12        |
| 2.2 Balances generales de agua .....                                  | 13        |
| 2.3 Servicios Auxiliares en la industria .....                        | 14        |
| 2.3.1 Unidades desmineralizadoras (UDAs) .....                        | 14        |
| 2.3.2 Sistema de recuperado de condensados.....                       | 15        |
| 2.3.3 Torres de enfriamiento.....                                     | 17        |
| 2.4 Áreas de proceso en la industria. ....                            | 17        |
| 2.4.1 Refinación.....   | 17        |
| 2.5 Sector bombeo .....   | 18        |
| 2.6 Desfogue .....  | 19        |
| 2.7 Drenajes .....  | 19        |
| 2.8 Área de efluentes .....   | 19        |
| 2.9 Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR-PTAN).....        | 20        |
| <b>3. ACTIVIDADES DESARROLLADAS</b> .....                             | <b>24</b> |
| 3.1 Fuentes de suministro de agua .....                               | 24        |
| 3.2 Balances generales de agua .....                                  | 24        |
| 3.3 Servicios Auxiliares en la industria .....                        | 25        |
| 3.3.1 Unidades desmineralizadoras (UDAs).....                         | 25        |
| 3.3.2 Sistema de recuperado de condensados.....                       | 26        |
| 3.3.3 Torres de enfriamiento.....                                     | 28        |
| 3.4 Áreas de proceso en la industria. ....                            | 32        |
| 3.5 Sector bombeo .....   | 33        |
| 3.6 Desfogue .....  | 35        |
| 3.7 Drenajes .....  | 36        |
| 3.8 Área de efluentes .....   | 42        |
| 3.9 Planta de tratamiento de aguas residuales y de aguas negras ..... | 46        |
| 3.10 Innovación tecnológica y costos .....                            | 48        |
| <b>4. CONCLUSIONES</b> .....  | <b>49</b> |
| <b>5. Bibliografía</b> .....  | <b>51</b> |



---

## Tablas

|                  |  |    |
|------------------|--|----|
| <b>Tabla 1.</b>  | Valores típicos de agua de reuso, pozo y lagunas .....   | 13 |
| <b>Tabla 2.</b>  | Composición típica de un agua residual municipal sin tratar .....                                | 20 |
| <b>Tabla 3.</b>  | Operaciones físicas empleadas en el tratamiento de aguas<br>residuales .....                     | 22 |
| <b>Tabla 4.</b>  | Los procesos químicos empleados en el tratamiento de las aguas<br>residuales .....               | 23 |
| <b>Tabla 5.</b>  | Parámetro de entrada y salida de las Unidades desmineralizadoras .<br>.....                      | 25 |
| <b>Tabla 6.</b>  | Parámetros de entrada a tratamiento de condensado y parámetros<br>después de tratamiento .....   | 28 |
| <b>Tabla 7.</b>  | Características típicas del agua de repuesto a una torre de<br>enfriamiento.....                 | 29 |
| <b>Tabla 8.</b>  | Valores recomendados de agua de repuesto a torre de enfriamiento<br>.....                        | 30 |
| <b>Tabla 9.</b>  | Características de agua de enfriamiento circulante y características<br>de agua de repuesto..... | 32 |
| <b>Tabla 10.</b> | Principales preservadores, en una campaña de muestreo .....                                      | 38 |
| <b>Tabla 11.</b> | Efluente típico de agua residual de una Refinería, (Agüera 2005)..<br>.....                      | 39 |

## Figuras

|                  |   |    |
|------------------|---|----|
| <b>Figura 1.</b> | Principales elementos de un balance general de agua en<br>Refinería.....  | 14 |
| <b>Figura 2.</b> | Esquema típico de una Unidad Desmineralizadora .....  | 15 |
| <b>Figura 3.</b> | Usos del agua en una Refinería.....   | 19 |
| <b>Figura 4.</b> | Grados de tratamiento del agua residual .....   | 21 |
| <b>Figura 5.</b> | Diagrama general del tratamiento del condensado limpio y<br>aceitoso.....   | 27 |
| <b>Figura 6.</b> | Diagrama general de entorno de una Refinería con los servicios<br>principales .....                                     | 33 |
| <b>Figura 7.</b> | Puntos de muestreo típicos para una Refinería, desde planta de<br>proceso hasta el área de efluentes .....              | 41 |
| <b>Figura 8.</b> | Esquema general del área de efluentes .....   | 43 |
| <b>Figura 9.</b> | Diagrama típico de lagunas de oxidación y estabilización,<br>identificado sus equipos de aeración con las letras H..... | 45 |





---

## 1. INTRODUCCIÓN

El consumo del agua ha determinado de manera fundamental el desarrollo de la humanidad. Sin embargo, a lo largo de su historia, el hombre ha sido siempre propenso a desperdiciar y mal utilizar este importante recurso.

Es por ello que la preocupación por la escasez del vital líquido se ha incrementado en nuestros días. No obstante, no hay conciencia social: hay quien cree todavía que el agua es una fuente inagotable.

La industria en todas las ramas se ha empezado a preocupar por el abastecimiento para sus servicios principales y procesos. Las alternativas propuestas hasta el momento, no cubren la totalidad del problema; han sido paliativos que no han alcanzado el fondo de la situación y sí han representado grandes costos.

Lo que se muestra a continuación son los principales problemas de los servicios auxiliares (principales) de la industria de refinación, y ante la eventual falta de agua, cuales serían las opciones de solución en su tratamiento, así como las metodologías a emplear en cada caso.

Los suministros de agua a la industria son de fuentes muy variadas, así como las calidades que se requieren; es muy importante, por eso, la ubicación de la industria (zona geográfica) y de los sistemas que requiere.

El agua a veces requiere pre-tratamientos para su uso. Tenemos el caso de agua a torres de enfriamiento, unidades desmineralizadoras y los sistemas de recuperado condensado.

La extracción del agua en los mismos puntos es de la misma calidad, hasta agotar el pozo, pero al tomar un muestreo con respecto a otro, se obtienen calidades diferentes. Esto se observa cuando así lo demuestra el comportamiento histórico.

Ha sido tal la explotación de los mantos acuíferos que ya se tiene que perforar cada vez más profundo, a un costo muy elevado e invirtiendo más recursos económicos y humanos para la extracción, impactando en la calidad del agua que se extrae y limitando al que corresponde al consumo doméstico; aun cuando existen normas que indican que en caso de emergencia se debe utilizar para la vida humana.



---

El presente trabajo es un reporte de la experiencia adquirida durante el desarrollo de los proyectos llevados a cabo en diversas industrias.

En el año 1993 inicié mis actividades en el área de tratamiento de aguas en la planta de tratamiento de aguas residuales (P.T.A.R.C.U.) de Ciudad Universitaria de la UNAM, en donde adquirí el interés por desarrollarme de manera profesional en esta área.

Continué trabajando como becario el año siguiente para elaborar un manual de operación de la P.T.A.R.C.U.

Desarrollé actividades de docencia en la educación media básica en la ciudad de México, desde 1993 y hasta 1996.

En el año 1997 ingresé a la empresa Quimiproducos del grupo FEMSA, como Ingeniero de Aplicaciones, realizando trabajos de venta y servicio técnico, principalmente para la empresa Coca Cola, en sus diferentes plantas, para dar tratamiento y colaborar en el aprovechamiento de aguas en sus “lavadoras”, por medio de la dosificación de químicos para mantener el sistema.

Ingresé a trabajar dentro de la cervecería Cuauhtémoc Moctezuma, planta Toluca, dando servicio a sus equipos principales: torre de enfriamiento, salas frías, lavadoras, equipo de pasteurización y en apoyo esporádico al área de fuerza.

En el año 1998 colaboré en el proyecto “Estudio técnico económico de factibilidad para el reuso de aguas residuales de la Refinería General Lázaro Cárdenas, en Minatitlán; Veracruz”. El trabajo realizado consistió en la inspección, caracterización y muestreo de su drenaje aceitoso, así como el área de efluentes, realizando propuestas de mejora y estimados de costos.

En 1999 participé en el proyecto “Estudios y anteproyecto para el sistema integral del manejo, tratamiento, uso y reciclaje del agua de los centros procesadores de gas del estado de Tabasco”. (CPG) en La Venta Tabasco, y de manera secundaria en las CPG de Ciudad PEMEX, Nuevo PEMEX y Cactus, realizando actividades relacionadas con todo el sistema de captación de aguas residuales, sus áreas de tratamiento y efluentes.

Desde el año 2000 y hasta el 2002 participé como asesor dentro de la problemática ambiental, en particular en el tratamiento de aguas, subcontratado por una empresa privada.



---

En el 2003 colaboré de manera externa en los proyectos de evaluación de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.

De 2004 a la fecha he participado en el proyecto “Bases de Usuario para la modernización de la Planta de tratamiento de aguas negras de San Rafael, Monterrey, Nuevo León”; realizando la búsqueda de tecnólogos y tecnologías para las propuestas planteadas y el estimado de costos.

En el proyecto “Elaboración de las bases de usuario para la modernización del sistema de tratamiento de aguas residuales y de los sistemas del área de efluentes de la Refinería “Ing. Antonio M. Amor” como ingeniero responsable.

Asesor en la parte de los servicios principales del proyecto “Evaluación de tecnologías para la producción de gas de síntesis para la generación de energía eléctrica a partir de residuos sólidos Municipales” del Complejo Petroquímico Independencia (CPI), en Atlixco, Puebla.

En este mismo periodo participé en la elaboración de propuestas para realizar estudios de protección ambiental relativos al tratamiento de aguas residuales, como es el caso de PEMEX Exploración y Perforación (PEP), con el proyecto “Infraestructura integral para el manejo, disposición y aprovechamiento de agua congénita y efluentes de la Terminal Marítima Dos Bocas, Tabasco”.

Como ingeniero de campo en el proyecto “Evaluación de la Torre de Enfriamiento CT100 de la Refinería Gral. Lázaro Cárdenas en Minatitlán, Veracruz”.

En los proyectos “Estudio de los requerimientos de agua para cubrir las demandas de las plantas del proyecto de calidad de combustibles en la Refinería” para las Refinerías: “Ing. Antonio M. Amor” en Salamanca Guanajuato; “Ing. Héctor R. Lara Sosa en Cadereyta Jiménez, Nuevo León; “Miguel Hidalgo” en Tula de Allende, Hidalgo; “Francisco I. Madero” en Ciudad Madero Tamaulipas; “General Lázaro Cárdenas” en Minatitlán Veracruz, y “Antonio Dovalí Jaime” en Salina Cruz Oaxaca; como coordinador general de los trabajos de campo.



---

## Enfoque

El presente trabajo está enfocado a las necesidades de agua de la industria de refinación del petróleo; los altos consumos y grandes demandas de agua para sus procesos, los pocos mantos freáticos, lagos y lagunas, que son principalmente para consumo humano, y las fuentes de suministro de agua.

El enfoque está dado a las necesidades de agua en este tipo de industrias y las fuentes o métodos alternos de suministro de agua.

Esto lleva a buscar alternativas y otras opciones en busca de agua, tratando la residual que genera la misma industria (aguas residuales). La otra alternativa es tratar las aguas municipales del sitio en donde se encuentren.

La presente evaluación abarca la opción de tratar los residuos desde su origen de descarga en las plantas de proceso y los sistemas de tratamiento; reutilizando más agua de manera eficiente en todas y cada una de sus etapas.

El presente trabajo estará enfocado a evaluar la industria de refinación (servicios principales), por lo cual no se hará mención de la industria refresquera y cervecera, dado a que el estudio de evaluación de una Refinería cubre los sistemas de servicios principales para cualquier industria

---

## 2. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL TEMA

### INDUSTRIAS

Algunas de las principales áreas de la industria en las que el consumo de agua es elevado, son:

- Refresquera
- Cervecería
- Centros Procesadores de Gas
- Azucarera
- Refinación

Este trabajo estará enfocado principalmente al consumo de agua que requiere para sus procesos y servicios auxiliares (principales) la industria de la refinación del petróleo en México

El agua que es utilizada en una refinería, requiere de una calidad característica de acuerdo al servicio o proceso para el cual vaya a ser empleada, incluso, procesos como generación de vapor requieren una calidad de agua aún mejor que la que puede ser obtenida de fuentes directas como ríos, lagos o pozos, por lo que requerirán de algún tipo especial de tratamiento (ósmosis inversa, intercambio iónico, etc.).

#### 2.0 Reporte de actividades por áreas y/o secciones

El presente trabajo describirá las etapas de las que consta un trabajo para dar respuesta a una problemática particular referente a los altos consumos de agua en la industria.

Han sido determinantes en el conocimiento y aplicación de los métodos y metodologías para estudios posteriores.

Es por ello que he clasificado en 10 rubros el presente trabajo los cuales son:

Fuentes de suministro de agua

Balances generales de agua

Servicios Auxiliares en la industria



---

Áreas de proceso en la industria

Sector bombeo

Desfogue

Drenajes

Área de efluentes

Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR-PTAN)

Innovación tecnológica y costos

## 2.1 Fuentes de suministro de agua

El agua de primer uso necesita un pre-tratamiento (en la mayoría de los casos) dependiendo de la zona geográfica y de las calidades del agua. El uso de agua para las torres de enfriamiento, UDAs (unidades desmineralizadoras), agua de servicios generales y servicios administrativos, tendrá un tratamiento simple o avanzado en función de la calidad del agua, tomando en cuenta los datos arrojados por los reportes históricos.

Las diferentes calidades típicas de agua en la región del bajo se muestran en la Tabla número 1.

Las fuentes de agua de primer uso pueden ser:

- Pozos
- Lagos y lagunas
- Ríos
- Agua tratada, ya sea residual o municipal

| Parámetro        | Unidades                | Agua Residual tratada* | Agua de pozos* |
|------------------|-------------------------|------------------------|----------------|
| Alcalinidad      | mg CaCO <sub>3</sub> /L | 289                    | 271            |
| Conductividad    | μS/cm                   | 2,574                  | 650            |
| Cloruros         | mg/L                    | 203                    | 34             |
| Cloro residual   | mg/L                    | 0.5                    | 0              |
| Cobre            | mg/L                    | 0.11                   | 0.02           |
| Fosfatos         | mg/L                    | 17.8                   | 1.1            |
| Fenoles          | mg/L                    | 0.072                  | 0              |
| Grasas y aceites | mg/L                    | 21.2                   | 0              |
| Dureza total     | mg CaCO <sub>3</sub> /L | 176                    | 80             |



| Parámetro        | Unidades                | Agua Residual tratada* | Agua de pozos* |
|------------------|-------------------------|------------------------|----------------|
| Dureza de calcio | mg CaCO <sub>3</sub> /L | 94                     | 40             |
| Nitrógeno        | mg/L                    | 5.09                   | 0              |
| pH               | Unidad de pH            | 7.3                    | 7.9            |
| SST              | mg/L                    | 45.2                   | 0.5            |
| Sulfatos         | Mg/L                    | 618                    | 23             |
| SDT              | mg/L                    | 1,974                  | 486            |
| Sílice           | mg/L                    | 112                    | 75             |
| Turbidez         | NTU                     | 1.5                    | 0              |

\*Datos de promedios estadísticos

**Tabla 1.** Valores típicos de agua de reuso, pozo y lagunas

## 2.2 Balances generales de agua

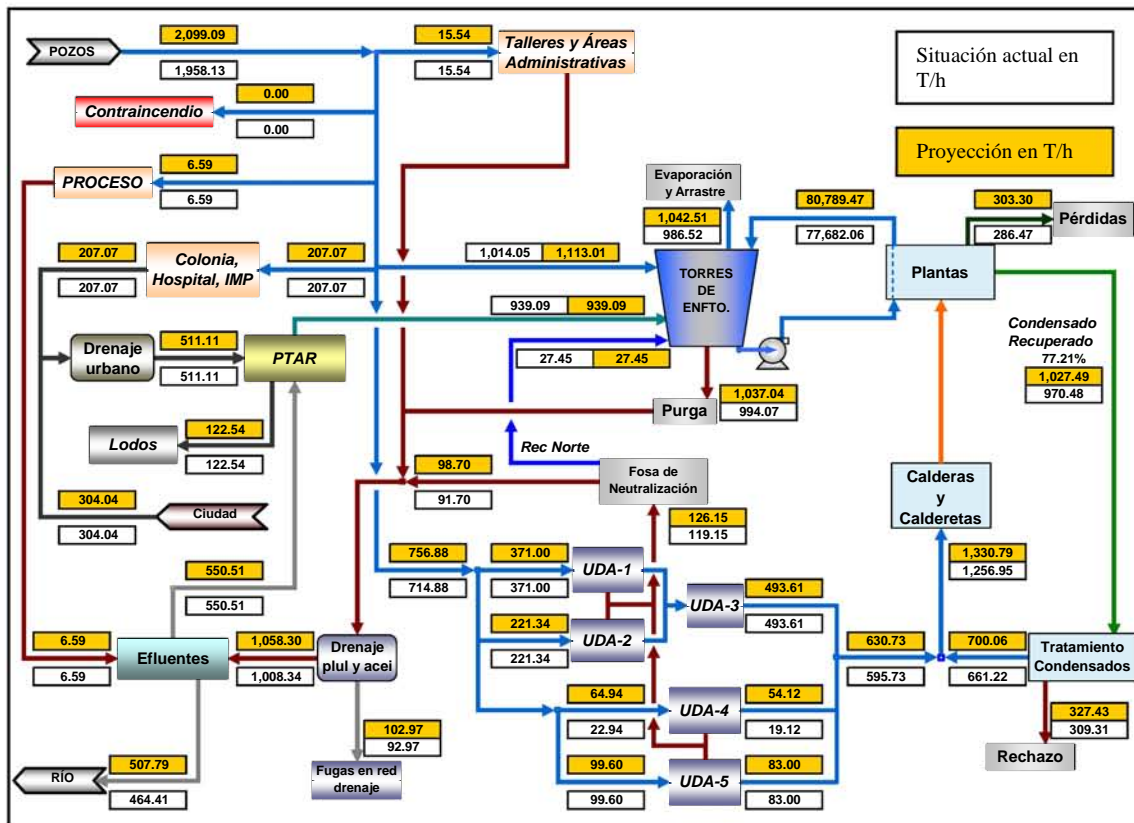
Para realizar el balance general de agua, se requiere solicitar información de los consumos de agua a cada uno de los servicios y procesos involucrados en la industria de la refinación. El estudio debe estar acompañado de los balances de materia.

Los principales consumidores de agua, generadores de agua residual así como el destino final, se enlistan a continuación:

- Agua de suministro a la red general
- Torres de enfriamiento
- Agua desmineralizada
- Talleres generales
- Agua para proceso
- Áreas administrativas
- Sistema de recuperado de condensados
- Descargas al río
- Área de efluentes
- Pérdidas por fugas y purgas
- Contra incendio
- Colonias
- Calderas y calderetas

En la Figura 1 se muestra un balance típico general de agua en una Refinería





**Figura 1.** Principales elementos de un balance general de agua en Refinería

### 2.3 Servicios Auxiliares en la industria

De acuerdo al balance típico de una Refinería, los mayores consumidores de agua son las UDAs, el agua de repuesto a torres de enfriamiento y servicios generales. En esta sección se mencionará cuales son las causas por las que estos servicios son grandes consumidores de agua.

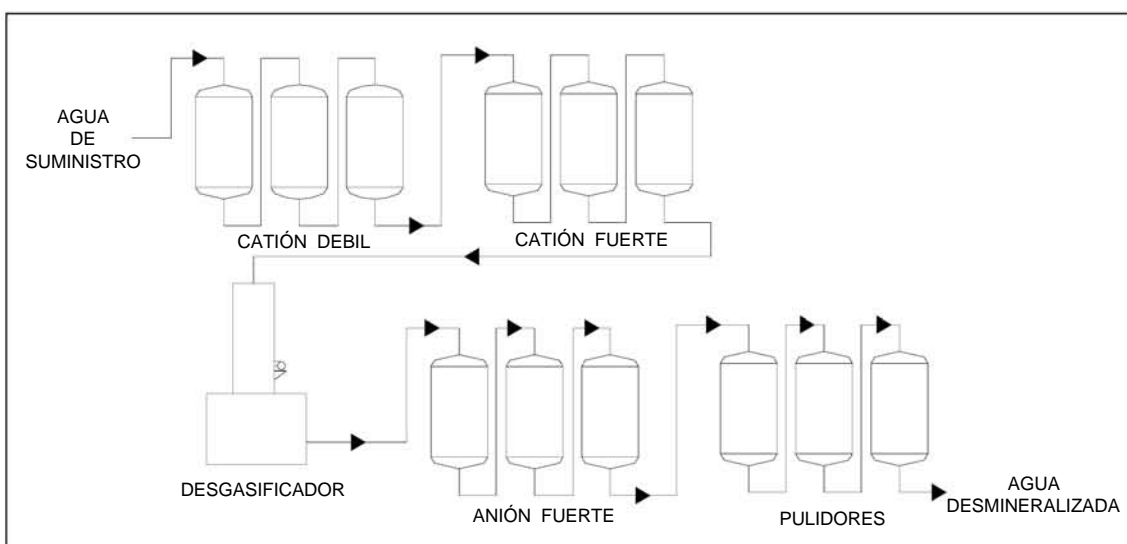
#### 2.3.1 Unidades desmineralizadoras (UDAs)

Las unidades desmineralizadoras sirven para eliminar los sólidos disueltos totales (SDT), dureza de calcio, dureza de magnesio y sílice, principalmente. Existen diferentes tipos de trenes de tratamiento, los cuales constan de unidades catiónicas fuerte y débil, según sea el caso, si es de lechos mixtos o empacados, un desgasificador, unidades aniónicas y pulidores, la Figura 2 muestra un esquema típico de la unidad desmineralizadora.



El agua desmineralizada y pulida va a tanques de almacenamiento y posteriormente es utilizada como alimentación a calderas y para la generación de vapor, tanto para obtener energía eléctrica como para los procesos que así lo requieran. También es utilizada en procesos, aunque en menor volumen.

El vapor generado puede ser de alta, de media o de baja presión. El vapor utilizado en procesos se puede recuperar por medio de sistemas de captación de condensados limpios, retornándolo al tanque de almacenamiento de agua tratada para utilizarlo nuevamente en el servicio de generación de vapor. Existe también condensado sucio y/o aceitoso, que requiere de tratamiento antes de retornarlo a los tanques de almacenamiento, haciéndolo pasar por un tratamiento.



**Figura 2.** Esquema típico de una Unidad Desmineralizadora

### 2.3.2 Sistema de recuperado de condensados.

Hay sistema de recuperación de condensado limpio y aceitoso. El condensado limpio se obtiene de los turbos y de aquellas áreas en donde no hay posibilidad de contaminación con ningún equipo. También se puede recuperar como vapor de media agotado en los equipos soloaire al condensarlo y enviarlo a los tanques de almacenamiento de condensado limpio.

El condensado aceitoso es aquel que es susceptible de contaminación en las plantas de proceso. Este vapor, una vez utilizado, es enviado al tanque flash y de ahí a un tanque acumulador y después bombeado a los sistemas de

---

almacenamiento para su posterior tratamiento. (No todas las refinerías cuentan con sistemas de tratamiento de recuperado de condensados)

Hay tres niveles de vapor, alta presión (AP), de media presión (MP), y baja presión (BP).

El vapor de alta presión se genera en tres calderas de vapor ubicadas en la planta de fuerza.

El vapor de media presión se produce mediante la extracción de turbogeneradores; un sistema de reducción de AP a MP en servicios auxiliares y plantas de proceso.

El vapor de baja presión se genera en los servicios auxiliares de las calderas de vapor, turbogeneradores y plantas de proceso.

El agua de alimentación a calderas de AP y MP a las plantas de proceso se suministrará del nuevo sistema de suministro de alimentación de agua a caldera en la planta de fuerza



---

### 2.3.3 Torres de enfriamiento

Las torres de enfriamiento son equipos que se usan para enfriar agua en grandes volúmenes porque, son el medio más económico para hacerlo, si se compara con otros equipos de enfriamiento como los cambiadores de calor donde el enfriamiento ocurre a través de una pared. En el interior de las torres se monta un empaque con el propósito de aumentar la superficie de contacto entre el agua caliente y el aire que la enfría. En las torres se colocan deflectores o eliminadores de niebla que atrapan las gotas de agua que fluyen con la corriente de aire hacia la salida de la torre, con el objeto de disminuir la posible pérdida de agua.

El enfriamiento de agua entra en la torre por la parte superior y se distribuye uniformemente sobre el relleno (Khan, 2003); la torre tiene su fundamento en el fenómeno de evaporación.

## 2.4 Áreas de proceso en la industria.

### 2.4.1 Refinación

El petróleo es una mezcla de diferentes productos de hidrocarburos. Muchas veces la calidad de un crudo depende en gran medida de su origen, de la región y zona de donde proviene. En el caso de México se maneja crudo con denominación maya y crudo Istmo. Ambos tipos de crudo tienen características químicas particulares que serán determinantes en el proceso de refinación. La refinación del petróleo consta de diferentes procesos con la finalidad de aprovechar un máximo de productos. Las Refinerías en México están diseñadas para tratar ambos tipos de crudo, para obtener los productos de refinación para las cuales fueron diseñadas.

Las principales etapas de las que consta la industria de la refinación son las que se enlistan a continuación:

Destilación atmosférica, destilación al vacío, plantas de gas, tratamiento de naftas, hidrosulfuradoras (HDS), reformadoras, FCC (craqueo catalítico) viscoreductora, isomerización, alquilación, área de bombeo, áreas de desfogue, planta coquizadora (coquer).



---

La secuencia de descarga de contaminantes provenientes de las plantas de proceso hacia los drenajes y de los drenajes hacia el área de efluentes se agrupan como sigue:

Las plantas de proceso FCC, Hidrodesulfuradoras, combinadas, sus principales contaminantes que descargan a los drenajes en mayor o menor cantidad son: fenoles, sulfuros, grasas y aceites, nitrógeno amoniacal y metales pesados.

Las plantas primarias utilizan agua desflemada proveniente de las plantas tratadoras de aguas amargas y el residuo que generan es agua amarga. Un volumen de esto retorna a las plantas tratadoras de aguas amargas y otras al área de efluentes. Las plantas combinadas generan residuos que son enviados a las áreas de efluentes conocidas como salmuera por la alta concentración de sales.

Las purgas de los tanques de almacenamiento son altas en concentraciones de sulfuros y nitrógeno amoniacal, enviándolos por el drenaje aceitoso a los cárcamos del área de efluentes.

Las plantas de azufre primero recolectan toda el agua amarga y la tratan, eliminando gran cantidad de sulfuros presentes en ésta, generando un agua desflemada con bajas concentraciones de sulfuros y nitrógenos. Esta agua desflemada puede ser utilizada en otros procesos que no requieran una excelente calidad de agua. Una parte de esta agua se va al área de efluentes para su tratamiento.

## **2.5 Sector bombeo**

Todas las instalaciones de refinería cuentan con áreas y/o sectores de bombeo, con la finalidad de realizar el trabajo de controlar los ingresos a la refinería en sus tanques de almacenamiento. De igual manera, éstos son responsables de los programas de purga de los tanques, en donde se mantiene el nivel para la distribución del producto y se programan los ingresos de crudo a la refinería. Esta área determina e indica cual es el periodo de residencia de producto de los tanques de almacenamiento; así como los tiempos de purgado. Esta área es fundamental en lo que respecta a la contaminación por purgas de tanques, por los siguientes factores:

1. Existen procedimientos y manuales a seguir
2. Hay tecnología instalada para controlar de manera automática
3. La filosofía de operación
4. Son controlados de manera manual

## 2.6 Desfogue

La llegada de todos los residuos que no utilizan las plantas de proceso o que por cualquier razón son enviados del área de proceso, para su eliminación.

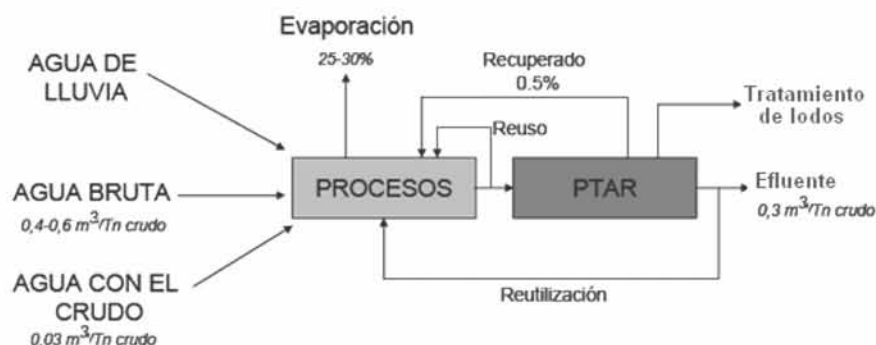
## 2.7 Drenajes

Extracción del agua superficial o subterránea de una zona determinada por medios naturales o artificiales. El término drenaje suele aplicarse a la eliminación del exceso de agua con canales, desagües, zanjas, alcantarillas y otros tipos de sistemas para recoger y transportar agua con ayuda de bombas o por la fuerza de la gravedad (Metcalf & Eddy, 2003)

## 2.8 Área de efluentes

El área de efluentes de cualquier industria, es el receptor de todos los residuos líquidos (agua, grasas y aceites) así como sólidos en suspensión.

El agua que requiere la Refinería se puede obtener de fuentes naturales, servicios municipales, del tratamiento de sus aguas residuales, del agua de lluvia. En la Figura 3 se muestra un esquema general del consumo de agua en una Refinería (adaptado de: Agüera, 2005).



**Figura 3.** Usos del agua en una Refinería.

## 2.9 Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR-PTAN)

El agua residual municipal, está constituida por aguas residuales de tipo doméstico, agua de comercios, hospitales, empresas, instalaciones institucionales y de recreación, fuentes industriales, y de aguas residuales provenientes de todas las actividades de una comunidad o ciudad que consuman agua, además de agua pluvial. Las aguas residuales de tipo doméstico presentan un olor a tierra recién revuelta y son de un color grisáceo si son frescas y contienen oxígeno disuelto. Sin embargo, si están estancadas y son sépticas, tienen un color negro debido principalmente a la precipitación de sulfuro de hierro y presentan un fuerte olor desagradable al olfato (Islas, 2007).

En la Tabla 2, se muestran la composición fisicoquímicas del agua residual de tipo municipal (Metcalf & Eddy, 2003):

**Tabla 2.** Composición típica de un agua residual municipal sin tratar

| Contaminante   | Unidad    | Diluido                          | Intermedio                       | Concentrado                       |
|--|-----------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Sólidos totales (ST)                                 | mg/L      | 390                              | 720                              | 1230                              |
| Sólidos disueltos totales (SDT)                      | mg/L      | 270                              | 500                              | 860                               |
| Sólidos suspendidos totales (SST)                    | mg/L      | 120                              | 210                              | 400                               |
| Demanda biológica de oxígeno 5-d (DBO <sub>5</sub> ) | mg/L      | 110                              | 190                              | 350                               |
| Demanda química de oxígeno (DQO)                     | mg/L      | 250                              | 430                              | 800                               |
| Nitrógeno total (NT) como N                          | mg/L      | 20                               | 40                               | 70                                |
| Nitrógeno Amoniacal                                  | mg/L      | 12                               | 25                               | 45                                |
| Cloruros   | mg/L      | 30                               | 50                               | 90                                |
| Sulfatos   | mg/L      | 20                               | 30                               | 50                                |
| Grasas y aceites                                     | mg/L      | 50                               | 90                               | 100                               |
| Coliformes totales                                   | NMP/100mL | 10 <sup>6</sup> -10 <sup>8</sup> | 10 <sup>7</sup> -10 <sup>9</sup> | 10 <sup>7</sup> -10 <sup>10</sup> |
| Coliformes fecales                                   | NMP/100mL | 10 <sup>3</sup> -10 <sup>5</sup> | 10 <sup>4</sup> -10 <sup>6</sup> | 10 <sup>5</sup> -10 <sup>8</sup>  |

La concentración diluida está basada en un flujo aproximado de agua residual de 750 L/habitante-d.

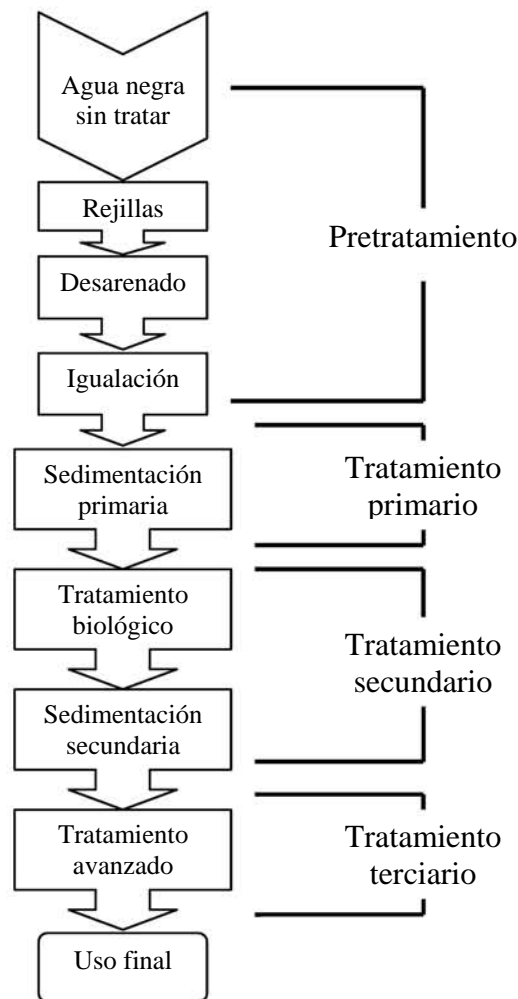
La concentración media está basada en un flujo aproximado de agua residual de 460 L/habitante-d.

La concentración alta está basada en un flujo aproximado de agua residual de 240 L/habitante-d.



El tratamiento convencional de aguas residuales, especialmente las de tipo municipal se centra primordialmente en tres categorías: 1) primario, 2) secundario, y 3) terciario o avanzado. Este tratamiento de aguas residuales incluye el llamado pretratamiento, en donde se retiran los sólidos y gruesos de gran tamaño, así como las arenas y grasas que el agua residual puede contener.

Cada etapa de tratamiento suele estar constituida de los pasos u operaciones que se muestran en la Figura 4 (adaptado de Davis y Cornwell, 1998). Generalmente, se presupone que al hablar de un nivel de tratamiento determinado, éste incluye los procesos de tratamiento previos, por ejemplo, cuando se habla de un tratamiento secundario, se presupone que este tratamiento incluye los procesos de pretratamiento y tratamiento primario.



**Figura 4.** Grados de tratamiento del agua residual

---

## Procesos de tratamiento físico y químico

Los procesos u operaciones físicas, constituyen los primeros métodos empleados en el tratamiento de aguas residuales. Algunas de estas operaciones y sus principales aplicaciones se muestran en la siguiente tabla (Metcalf & Eddy, 2003):

**Tabla 3.** Operaciones físicas empleadas en el tratamiento de aguas residuales

| <b>Operación</b>   | <b>Aplicación</b>   |
|--------------------|---|
| Cribado o desbaste | Eliminación de sólidos gruesos y sedimentables por intercepción mediante rejillas   |
| Dilaceración       | Trituración de sólidos gruesos hasta conseguir un tamaño uniforme   |
| Homogenización     | Regulación del flujo y de las cargas de DBO y sólidos en suspensión   |
| Mezclado           | Mezclado de reactivos químicos y gases con el agua residual para mantener los sólidos en suspensión   |
| Floculación        | Provoca la agregación de pequeñas partículas aumentando el tamaño de las mismas, para mejorar su eliminación por sedimentación por gravedad |
| Sedimentación      | Eliminación de sólidos sedimentables y espesamiento de lodos  |
| Flotación          | Eliminación de sólidos en suspensión finamente divididos y de partículas con densidades menores y cercanas a la del agua                    |
| Filtración         | Eliminación de sólidos finos en suspensión que restan tras el tratamiento biológico o químico   |
| Microtamizado      | Elimina algas procedentes de las lagunas de estabilización  |

Los procesos químicos, se utilizan generalmente junto con las operaciones físicas y con los procesos biológicos, con el fin de conseguir los objetivos del tratamiento.



---

Algunas de las aplicaciones de estos procesos se listan en la Tabla 4 (Metcalf & Eddy, 2003):

**Tabla 4.** Los procesos químicos empleados en el tratamiento de las aguas residuales

| <b>Operación</b>       | <b>Aplicación</b>   |
|------------------------|---|
| Precipitación química  | Eliminación de fósforo y aumento de la eliminación de sólidos en suspensión en instalaciones de sedimentación primaria utilizadas en el tratamiento fisicoquímico |
| Transferencia de gases | Adición y eliminación de gases  |
| Adsorción              | Eliminación de materia orgánica no eliminada en los tratamientos químicos y biológicos. Descloración del agua residual.   |
| Desinfección           | Destrucción selectiva de microorganismos patógenos  |
| Descloración           | Eliminación del cloro combinado residual total remanente después de la cloración  |
| Otros                  | Productos químicos utilizados con objetivos específicos en el tratamiento del agua residual   |

---

### 3. ACTIVIDADES DESARROLLADAS

En el punto 2.0 (pagina 11) de la información general sobre el tema se menciona en 10 áreas el reporte de actividades, en el se describe en que consiste cada una de ellos.

#### 3.1 Fuentes de suministro de agua

Se buscaron las fuentes de suministro más importantes en las zonas donde se ubican las refinéras, el problema central ha sido la falta y agotamiento del recurso, la opciones que se han manejado han dejado de ser muy efectivas tales como explotación de los mantos acuíferos, lagunas y ríos; por lo que se han buscando alternativas de reuso del agua residual industrial y agua municipal.

#### 3.2 Balances generales de agua

La problemática principal dentro de la industria de la refinación es que no se cuenta con información fidedigna de todos los rasgos mencionados anteriormente. Existen reportes de los que consumen en mayor volumen, pero no de los que consumen en menor cantidad, debido a la falta de infraestructura o de daño en los equipos de instrumentación con los que se cuenta, por lo que a veces los balances se realizan con datos estimados por los responsables de las diferentes áreas.

La importancia del balance radica en que considera todas las fuentes y todos los servicios que utilizan el agua porque estos son a su vez generadores de agua residual, la cual es enviada por diferentes sistemas al área de efluentes, para su posterior tratamiento y, en su caso, reutilizarla en diferentes procesos, dependiendo de la calidad que requiera cada uno de ellos.

Las pérdidas por fugas, evaporación e infiltración no se cuantifican, se calculan o se estiman tomando en cuenta factores tales como la ubicación geográfica.

Todos estos criterios – junto con algunos otros dentro de situaciones particulares- deben ser tomados en cuenta al momento de elaborar el balance general de agua.



En el caso del agua residual no se cuenta con ningún tipo de medición reportado, por lo que lo generado como tal estará estimado en función del ingreso del suministro de agua al proceso o servicio que se requiera.

### 3.3 Servicios Auxiliares en la industria

#### 3.3.1 Unidades desmineralizadoras (UDAs)

El consumo de agua para regeneración es excesivo debido principalmente a la mala calidad de las resinas, a la falta de instrumentación, el deterioro de los manómetros, a la señalización deficiente y a los indicadores en mal estado, tales como los de conductividad, turbiedad, pH y a la falta de sensores.

Otra de las causas principales es que los sistemas no son automatizados y que el personal operativo maniobra los equipos sin conocer su funcionamiento adecuado.

En la Tabla 5 se muestran las calidades de entrada y las calidades después de tratamiento de una unidad típica.

| Parámetro                 | Unidades                | Promedio de entrada UDA | Salida UDA | Salida Pulidores |
|---------------------------|-------------------------|-------------------------|------------|------------------|
| Alcalinidad Total         | mg/L                    | 250                     |            |                  |
| Conductividad             | μS/cm                   | 655                     | 2.5        | 1                |
| Cloruros                  | mg/L                    | 30                      |            |                  |
| Dureza de Calcio          | mg CaCO <sub>3</sub> /L | 44                      |            |                  |
| Dureza Total              | mg CaCO <sub>3</sub> /L | 80                      |            |                  |
| pH                        |                         | 8                       |            |                  |
| SiO <sub>2</sub>          | mg/L                    | 79                      | .04        | .01              |
| Sólidos totales disueltos | mg/L                    | 491                     |            |                  |

**Tabla 5.** Parámetro de entrada y salida de las Unidades desmineralizadoras

En esta Tabla 5 se muestra las diferentes calidades de los dos diferentes tipos de tratamiento y como se puede observar, las calidades de salida no varían mucho pero el consumo de agua es mayor cuando se utiliza el sistema de lechos mixtos, siempre y cuando los equipos se encuentren en buenas condiciones.



---

Las fosas de neutralización están hechas en base a un diseño para captar el agua de la regeneración de los sistemas, y tratarlo, siempre y cuando las UDAs estén en buen estado. Pero debido a las malas condiciones operativas de las mismas, los tiempos de regeneración son más frecuentes, por lo tanto, se envía más agua a las fosas de neutralización, no dando tiempo a una buena neutralización.

Los sistemas más comunes y avanzados requieren calidad de agua y con características particulares de la misma a los sistemas de desmineralización; el sistema que corresponda va de acuerdo a las tecnologías que se presentan en las instalaciones de la industria en cuestión. Las tecnologías más comunes son los sistemas de intercambio iónico.

Cabe señalar que en el mundo existen y operan otras tecnologías de acuerdo a las fuentes de suministro y calidades, entre ellas; los sistemas de electro ionización, con muy buenos resultados pero de altos costos operativos. Se debe evaluar y considerar los aspectos económicos en tales estudios y los pre-tratamientos correspondientes y asociados a dichos tratamientos.

La electrodesionización requiere de un pre tratamiento de osmosis inversa, el cual es un sistema muy caro pero necesario porque necesita de agua de muy buena calidad para funcionar. Este es un caso particular ya que es tecnología de vanguardia.

### **3.3.2 Sistema de recuperado de condensados.**

El sistema de recuperado de condensados representa de un 50 a un 70 por ciento del recuperado del agua tratada enviada a calderas para generar vapor. Se realizaron estudios y evaluaciones de los equipos en las plantas de proceso con la finalidad de ver las condiciones de operación y el estado de los mismos. Se analizó qué se hace con estos condensados actualmente, y cuál es su calidad y los volúmenes que cada una de las plantas envía a tratamiento.

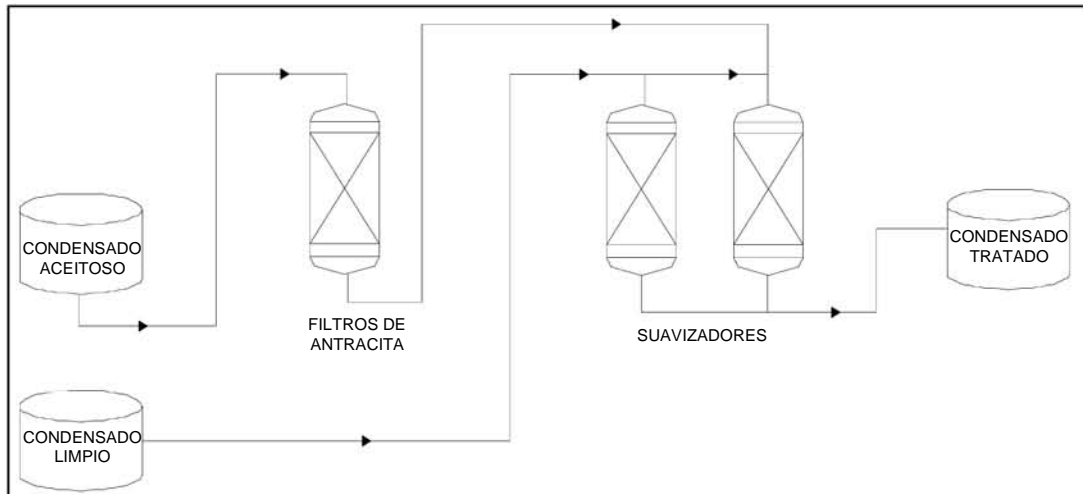


Se identificó que existen dos grandes clasificaciones, que son: condensado sucio (o aceitoso) y condensado limpio. La diferencia principal entre cada una de ellos son los parámetros de calidad. Normalmente los condensados aceitosos o sucios son enviados a tratamiento para la eliminación de contaminantes porque no cumplen con las especificaciones que requiere el condensado limpio para volver a mezclarlo con el agua tratada que va a usarse nuevamente en los equipos de generación de vapor.

Se cuenta con equipos tipo soloaires que ayudan a enfriar el vapor y lo hacen pasar por un tanque flash que condensa el vapor y así poder recuperarlo como condensado y poder enviarlo a tratamiento o almacenamiento para su posterior tratamiento.

Se revisaron las condiciones de operación, el estado físico y si se cuenta con nuevas tecnologías que puedan mejorar el sistema. En la Tabla 6 se muestran los parámetros de entrada y de salida después de los tratamientos.

En la Figura 5 se muestra un esquema típico de recuperado de condensados aceitoso y limpio.



**Figura 5.** Diagrama general del tratamiento del condensado limpio y aceitoso.

| Parámetro        | Unidades       | Condensado aceitoso sin tratar | Condensado aceitoso tratado | Condensado limpio sin tratar | Condensado limpio tratado |
|------------------|----------------|--------------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------|
| Conductividad    | mmhos/cm       | 2.0- 8.0                       | 2.0 –8.0                    | 0.6 – 1.5                    | 0.6 – 1.5                 |
| Cu               | ppm            | 0.01                           | 0.003                       | 0.01                         | 0.003                     |
| Dureza total     | ppm            | 0.0                            | 0.0                         | 0.0                          | 0.0                       |
| Fe               | ppm            | 2.0                            | 0.0200                      | 2.0                          | 0.02                      |
| Grasas/aceites   |                | 10 (max. 50)                   | 0.5                         | 0.0 ppm                      | 0.0                       |
| Na               | ppm            | 5.0                            | -----                       | 5.0                          | 0.0                       |
| pH               | Unidades de pH | 6.8 – 8.2                      | 7.0                         | 6.8 – 7.2                    | 7.0                       |
| SiO <sub>2</sub> | ppm            | 0.1                            | 0.1                         | 0.04                         | 0.04                      |

**Tabla 6.** Parámetros de entrada a tratamiento de condensado y parámetros después de tratamiento

### 3.3.3 Torres de enfriamiento

En todos los procesos de refinación se requiere de un sistema de agua de enfriamiento. Durante el ciclo de enfriamiento hay pérdidas ocasionadas por diversas causas, las cuales se enumeran a continuación:

- Evaporación
- Arrastre
- Fugas
- Purgas continuas y de fondo
- Contaminación (no muy frecuente)

Las pérdidas por evaporación se deben principalmente a las condiciones de la torre, la ubicación geográfica y la época del año.

Las pérdidas por arrastre son principalmente ocasionadas por las condiciones climatológicas, aun cuando ya se considera un porcentaje fijo de pérdida que es alrededor de 0.02 % con respecto al agua circulante.

En lo que es el circuito de enfriamiento existen equipos que tienen fugas, que en algunos casos no se detectan a tiempo y que causan pérdidas al sistema. Éstas no son cuantificadas, pero si se consideran a la hora de mantener el nivel con el agua de repuesto constante.

Para mantener un sistema de agua de enfriamiento se requiere cumplir con ciertos parámetros de calidad de agua cuando hay un incremento en las sales



y en la concentración de sales en el sistema, se deben de eliminar éstas purgando el bacín de la torre. El tiempo de apertura o de purgado lo determinarán los proveedores en acuerdo con el personal operativo. Los principales parámetros base que determinan la purga de la torre de enfriamiento son: dureza de calcio, dureza de magnesio, sílice, conductividad, turbiedad y sólidos, principalmente

Se sugiere que los parámetros de la calidad del agua de repuesto estén por debajo del rango promedio estadístico señalado en la Tabla 7

En esta misma tabla se muestran las diferentes calidades típicas de agua que pueden ser de pozo y/o agua de reuso.

El agua de repuesto representa del dos al tres por ciento del agua circulante.

| Parámetros     | Unidades                |                         |               |
|----------------|-------------------------|-------------------------|---------------|
|                |                         | Agua tratada (de reuso) | agua de pozos |
| Alcalinidad    | mg CaCO <sub>3</sub> /L | 289                     | 271           |
| Aluminio       | mg/L                    | -                       | -             |
| Bicarbonato    | mg/L                    | -                       | -             |
| Calcio         | mg/L                    | -                       | -             |
| Cloro residual | mg/L                    | 0.5                     | -             |
| Cloruro        | mg/L                    | 203                     | 34            |
| Dureza         | mg CaCO <sub>3</sub> /L | 176                     | 80            |
| Fosfatos       | mg/L                    | 17.8                    | 1.1           |
| pH,            | Unidades de pH          | 7.3                     | 7-9           |
| SDT            | mg/L                    | 1,974                   | 486           |
| Sílice         | mg/L                    | 112                     | 75            |

**Tabla 7.** Características típicas del agua de repuesto a una torre de enfriamiento

Existen plantas de proceso que requieren servicios de enfriamiento exclusivos, que no deben compartir su agua de enfriamiento con otros procesos por ser susceptibles de contaminación. Por ejemplo las plantas de alquilación requieren su propia torre de enfriamiento, aunque la calidad del agua sea aceptable. En el caso de las torres que le dan servicio de enfriamiento a los turbo generadores, son exclusivos para estas plantas y se debe usar agua de buena calidad, cumpliendo con ciertos parámetros en la tabla 7, en la columna de pozos.

Hay otras plantas que pueden utilizar como agua de repuesto, la de pozos, la residual, la de reuso y la resultante de otros tratamientos. De la misma manera, esta torre puede brindar servicio a un conjunto de diferentes plantas

La Tabla 8 muestra las calidades de agua de repuesto y circulante recomendada para torres de enfriamiento

| Parámetro                      | Unidades                | Recomendada |            |              |             |                                    |
|--------------------------------|-------------------------|-------------|------------|--------------|-------------|------------------------------------|
|                                |                         | Repuesto    |            |              | Circulante  |                                    |
|                                |                         | WPFC (1989) | EPA (1992) | DGCOH (1987) | Kunz (1977) | EPRI (1982)                        |
| Alcalinidad                    | mg CaCO <sub>3</sub> /L | 350         | -          | 300          | -           | 30-50 (nota 1)<br>200-250 (nota 2) |
| Calcio                         | mg/L                    | 50          | -          | -            | 300         | 900 (max)                          |
| Cloro residual                 | mg/L                    | 0           | 1          | 0.2          | -           | -                                  |
| Cloruro (mg/L)                 | mg/L                    | 500         | -          | -            | -           | -                                  |
| Colif. Fec.                    | org/100mL               | -           | 200        | -            | -           | -                                  |
| Conductividad                  | μS/cm)                  | -           | -          | -            | 4000        | -                                  |
| DBO                            | mg/L                    | 25          | 30         | 20           | -           | -                                  |
| DQO                            | mg/L                    | 75          | -          | 75           | -           | -                                  |
| Dureza (                       | mg CaCO <sub>3</sub> /L | 650         | -          | 325          | -           | -                                  |
| Fosfatos                       | mg/L                    | 4           | -          | 1            | -           | <5                                 |
| Hierro                         | mg/L                    | 0.5         | -          | 0.5          | 0.5         | -                                  |
| N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | mg/L                    | 1           | -          | 0.5          | -           | -                                  |
| pH,                            | Unidades de pH          | 6.9 - 9.0   | 6 – 9      | 5 – 8.       | 8 (máx.)    |                                    |
| SDT                            | mg/L                    | 500         | -          | 1,200        | 2,500       | 70,000                             |
| Sílice                         | mg/L                    | 50          | -          | 0            | -           | -                                  |
| SST                            | mg/L                    | 100         | 30         | 500          | 100-150     | -                                  |
| Sulfuros                       | mg/L                    | -           | -          | -            | 5           | -                                  |
| Turbidez                       | NTU                     | 50          | -          | 10           | -           | -                                  |

**Tabla 8.** Valores recomendados de agua de repuesto a torre de enfriamiento

El buen funcionamiento de la torre de enfriamiento y del sistema de enfriamiento depende de las condiciones óptimas de lo que se enlista a continuación, como mínimo:

Los internos, charolas, motores y ángulos de los ventiladores, relleno, las persianas, las paredes de la torre, las bombas de suministro de agua de enfriamiento, los cabezales de suministro y retorno, así como el aspecto y estado general de la torre.

Las torres de enfriamiento de mantenimiento por medio de reactivos químicos, los cuales se dosifican y adicionan de acuerdo con las condiciones particulares



---

de cada torre, con la finalidad de evitar incrustaciones, corrosión, crecimiento de microorganismos y biomasa en las paredes. Lo que se utiliza principalmente para esto es:

- Anti-incrustantes
- Desinfectantes
- Biocidas
- Antidispersantes
- Antiespumantes
- Inhibidores de corrosión

La dosificación adecuada de cada uno de estos al agua de enfriamiento y la buena calidad de agua de repuesto a la torre, así como las buenas condiciones operativas y condiciones de la torre, permitirán que dar un servicio óptimo a las plantas de proceso.

Considerando el agua de repuesto es satisfactoria y adecuada en volumen y calidad, tendríamos entonces cuidado en mantener el sistema estable, y adecuado, esto sería mantener los ciclos de concentración (de entre 4 a 7) de agua y, esto se puede lograr mediante varios factores importantes entre ellos.

El agua de repuesto a torres de enfriamiento dependerá de la fuente de suministro y de la calidad, ver Tabla 9. Cuando no esté dentro de los parámetros establecidos, será necesario instalar filtros de arena, filtros de carbón activado, sistemas de coagulación floculación, y/o utilizando tecnología de membranas.

La contaminación al sistema de agua de enfriamiento se debe principalmente a fisuras de los intercambiadores, enfriadores, condensadores, tubos de intercambiadores de las cajas de agua y equipos en muy mal estado. Lo que sucede es que estos equipos van a contaminar el sistema con hidrocarburos, aceites o crudo, según sea la planta, cuando no se detecten a tiempo las contaminaciones. Si se logra detectar la causa de la contaminación, se realizan



los bloqueos correspondientes y se elimina la contaminación, por medio de purgas, derrames y otras técnicas. Cuando se detectan la contaminación en estado crítico, los daños son mayores porque puede dañar al resto de los procesos, causar taponamientos en los equipos y malos olores.

El buen desempeño de estos se verá reflejado en los costos de operación, al mantener bajos consumos de reactivos, una cantidad de agua de repuesto constante, y daños menores a los equipos de proceso (al no haber incrustación y corrosión) y que no haya contaminación

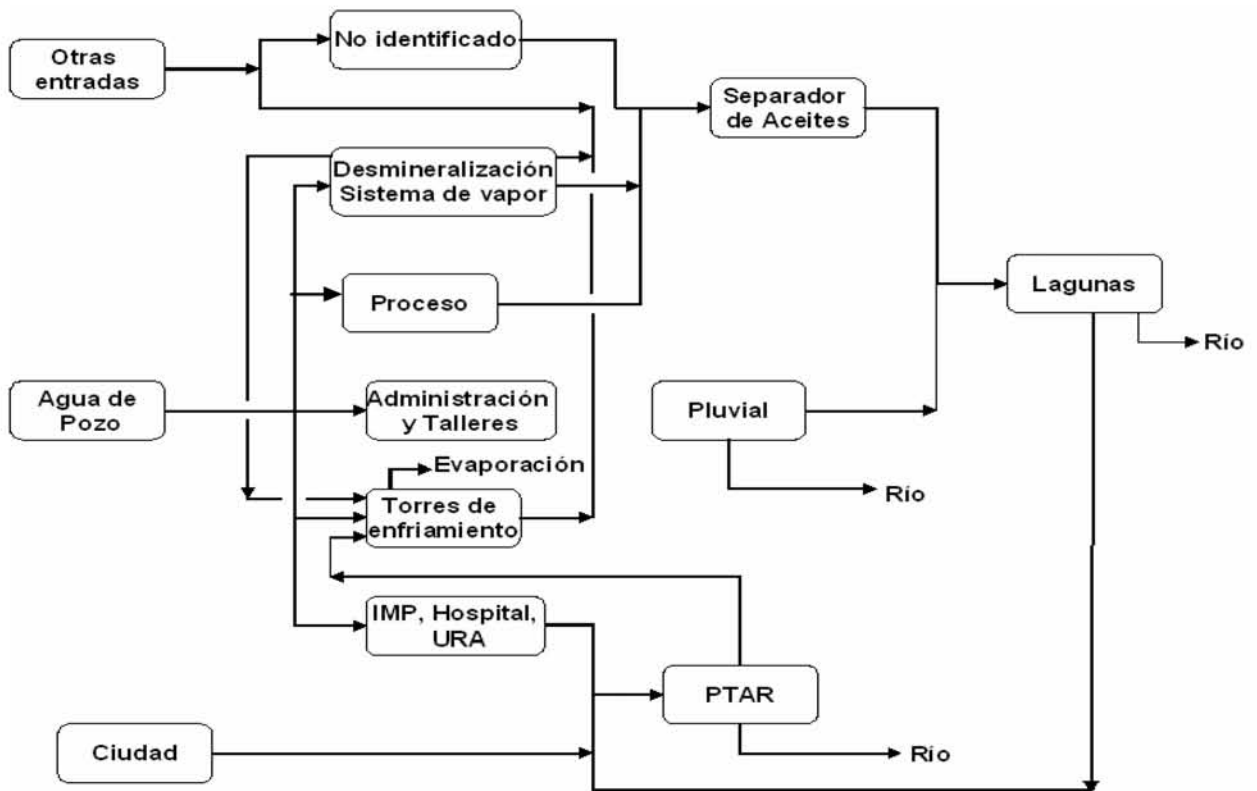
| Parámetro        | Unidades                | Parámetros de diferentes torres de enfriamiento |       |       | Repuestos agua tratada | Agua de pozos |
|------------------|-------------------------|---|-------|-------|------------------------|---------------|
|                  |                         |   |       |       |                        |               |
| Alcalinidad      | mg CaCO <sub>3</sub> /L | 97  | 104   | 135   | 289                    | 271           |
| Grasas y aceites | mg/L                    | 31.3  | 26.9  | 52.9  | 21.2                   | 0             |
| Nitrógeno        | mg/L                    | 2.77  | 2.62  | 2.6   | 0                      | 2.84          |
| pH               | unidades                | 7.2   | 7.3   | 7.4   | 7.3                    | 7.9           |
| Sílice           | mg/L                    | 256   | 186   | 212   | 112                    | 75            |
| Sulfuros         | mg/L                    | 1,300   | 949   | 1,162 | 618                    | 23            |
| SDT              | mg/L                    | 3,809   | 3,001 | 3,741 | 1,974                  | 486           |
| Turbidez         | NTU                     | 1.6   | 1.1   | 4.1   | 1.5                    | 0             |

**Tabla 9.** Características de agua de enfriamiento circulante y características de agua de repuesto

### 3.4 Áreas de proceso en la industria.

Todas las plantas de proceso citadas en el punto 2.4.1, son generadoras de residuos líquidos y gaseosos con una gran cantidad de carga de contaminantes. Cuando los procesos no están en condiciones óptimas de operación, generan los problemas y descargas de contaminantes no controlados que veremos a continuación. La mala operación, las deficientes prácticas operativas y la deficiencia en el mantenimiento preventivo de los equipos así como la falta de infraestructura moderna de acuerdo a las nuevas tecnologías, han provocado lo siguiente:

La generación de contaminantes de todos los tipos asociados en primera instancia a los procesos; en segunda a las fuentes generadoras de acuerdo a los procesos y que no se tratan en sus plantas y, en consecuencia la descarga que estos realizan de manera irracional a los drenajes y en otros casos a la atmósfera (por sus chimeneas, fugas).



**Figura 6.** Diagrama general de entorno de una refinería con los servicios principales

### 3.5 Sector bombeo

La infraestructura adecuada existe como se mencionó anteriormente pero existen problemas asociados a estos sistemas de operación, tanto manual como automática. Existen manuales y procedimientos a seguir, pero los responsables de la operación no siguen las indicaciones; las razones pueden ser:

- 
- El desconocimiento
  - La mala interpretación del manual de operación
  - La confianza por la experiencia de operación
  - Purgar equipos inadecuadamente

En cuanto al vaciado de tanques, la tecnología instalada para operar de manera automática (sistema AGAR), ha demostrado eficiencia, pero no es infalible. La misma se afecta por cuestiones de

- ❖ Mantenimiento
- ❖ Fallas en los sistemas,
- ❖ Operación manual, cuando tiene fallas o errores,
- ❖ Falta de piezas, cuando se requieren
- ❖ Error al enviar la señal del tanque al PLC y viceversa
- ❖ Reparaciones por personal NO calificado

Cuando el control de las purgas es manual, el error es más grande al tener una apertura de válvula mayor, y las descargas a los drenajes o a los sistemas tienen como consecuencia principal la obstrucción de los mismos cuando se rebasa ya el tiempo de purgado.

El exceso de confianza del personal que maneja estos sistemas es evidente y se puede encontrar al momento de estar realizando dicho purgado en los respectivos tanques, de acuerdo a lo siguiente:

1. Selecciona el tanque que se va a purgar
2. Se revisa bitácora
3. Personal coloca el equipo de seguridad (de acuerdo al procedimiento)
4. Cuando se encuentran en el tanque, se procede a la apertura de la válvula y no se espera el operador
5. No verifica ni da seguimiento (probabilidad alta de fuga de crudo)
6. Consecuencia, taponamiento en los drenajes
7. Arrastre de producto al área de efluentes
8. Contaminación de los drenajes



---

Las descargas tienen como fin el área de efluentes, que en buena medida está hecha para recibir y tratar estas cargas de contaminantes; pero nuevamente la integración de otros drenajes e incorporación al área de efluentes de otras áreas hace mas grande el volumen y como consecuencia, de contaminantes a tratar.

El volumen real de purgado se desconoce, también el que se está enviando a los drenajes y como consecuencia al área de efluentes. Los principales contaminantes que se encuentran son: sulfuros, sólidos suspendidos totales, grasas y aceites, DBO alto, fenoles, nitrógeno amoniacal, entre otros.

### **3.6 Desfogue**

El desfogue ácido, proveniente de plantas es muy caliente, alrededor de 150 grados y, se condensan de 40 a 50 grados, provienen de todas las unidades que eliminan azufre (generan ácido Sulfhídrico) y son colectados en tanques horizontales (se cuenta con ellos) provenientes de principalmente de las catalíticas, de las plantas de azufre, hidros I, plantas de aguas amargas; de las HDG arrastra principalmente aminas y residuos de ácido Sulfhídrico. Existen otros tanques horizontales que reciben el gas ácido del complejo HDR. Las otras corrientes que aporta o descargan al drenaje es el lavado del gas ácido que se hace pasar por una línea de agua (antes de llegar o ser enviado al quemador) y el generado es enviado al drenaje aceitoso que se incorporara al drenaje que colecta los excedentes de los tanques horizontales (preferentemente); por otro lado, las purgas de los tanques de sosas gastadas (fenólicas) ubicadas estratégicamente en el área de desfogue, se incorporan también a este drenaje; cuyo destino final son los cárcamos y de ahí a los separadores CPI.

---

### 3.7 Drenajes

Los drenajes son en particular un punto relevante de estudio, la razón es que las descargas y aportaciones por parte de las plantas de proceso en los diferentes tipos de drenajes tales como pluvial, aceitoso, sanitario y/o químico; son importantes a evaluar y considerar dando seguimiento a sus descargas y caracterizando la composición de éstos, para segregar o seleccionar las corrientes por tipos y características. La finalidad es dar los tratamientos químicos o bacteriológicos de acuerdo a los análisis que resulten de la campaña de muestreo que se lleve a cabo si así lo requiere el estudio.

La campaña de muestreo se realiza en función de recorridos y reconocimientos de las áreas y sectores. Esto, y la información que proporciona la industria en estudio, así como toda la recopilación documental y electrónica de proceso asociados a las descargas, son fundamentales en la selección de los puntos de muestreo.

La lista de información básica para la evaluación y selección de los puntos de muestreo es:

- El Plot-plant de la industria
- Plano de drenajes (Aceitoso, pluvial, sanitario, químico)
- El giro de la industria (Refinería)
- Plantas de proceso
- Breve descripción de las plantas de proceso
- Entrevista a operadores e identificación preliminar de las descargas
- Punto de descarga final (área de efluentes)
- Integraciones de los drenajes (para el caso que corresponda)

Con esta información y la que se recopila en campo, levantamiento y recorrido a pie, inspeccionando los drenajes, así como el seguimiento de las líneas de acuerdo a lo descrito en plano en comparación con lo existente en planta, se verifican los drenajes y las líneas aportadoras. Los cambios resultantes de lo existente físicamente en campo contra lo descrito en el plano, se confrontan para elaborar planos actualizados.



---

La selección de los puntos de muestreo serán sometidos a evaluación por parte de los que solicita la Refinería (el personal de la industria), con la finalidad de que los puntos seleccionados reflejen sus necesidades y prioridades; esto por acuerdo de ambas partes.

Los requerimientos de información mínima y criterios principales para selección de puntos de muestreo son:

1. Drenaje Pluvial:

- Ubicación de torres de enfriamiento (purgas de fondo y continuas)
- Unidades desmineralizadoras (ubicar fosas de neutralización, purgas)
- Área de condensados (recuperado, tanques flash)
- Plantas de proceso (lavado de equipos en los patios)
- Plano de drenaje pluvial
- Área Administrativa
- Red de contraincendio

2. Drenaje Aceitoso

- Identificar plantas de proceso que generen y utilicen residuos aceitosos, después de sus tratamientos o segregación, cuando cuenten con ellos.
- Aportaciones de aceite y derivados en procesos industriales
- Identificar si las descargas no están segregadas adecuadamente

3. Drenaje químico:

- Plantas de proceso (torres agotadoras, desaladoras)
- Plantas de sosas gastadas
- Plantas de amina gastada
- Área de tanques de almacenamiento de producto

4. Drenaje Sanitario

- Área administrativa
- Talleres generales



- Colonias (vivienda) cuyas descargas se incorporan al sistema de drenajes de la industria (dentro de límite de batería )

La experiencia es muy importante para la selección de los puntos a muestrear.

Cuando ya se tiene identificado y seleccionado el punto de muestreo propuesto en papel, se verifica en campo realizando la evaluación correspondiente antes de llevar a cabo la campaña de muestreo, la cual consiste en:

- Fácil acceso al punto de muestreo
- Tener espacio de movimiento y maniobra
- La realización de las mediciones de campo; tales como
  - i. Temperatura
  - ii. Conductividad
  - iii. pH, principalmente
- Realizar las dosificaciones para preservar y conservar las muestras

En la Tabla 10 se muestra los principales preservadores.

| DETERMINACION             | MATERIAL DE ENVASE | VOLUMEN MINIMO (ml) | PRESERVACION  | TIEMPO MAXIMO ALMACENA-MIENTO |
|---------------------------|--------------------|---------------------|---|-------------------------------|
| Alcalinidad total         | p, v               | 200                 | Analizar inmediatamente o refrigerar de 4 a 15° C y en la oscuridad.  | 14 d                          |
| Análisis bacteriológicos  | v                  | 100                 | Analizar inmediatamente o refrigerar a 4° C.  | 6 h                           |
| Arsénico                  | p, v               | 200                 | Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad.  | 14 d                          |
| Cloro residual            | p, v               | 500                 | Analizar inmediatamente.  | ---                           |
| Conductividad             | p, v               | 200                 | Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad.  | 28 d                          |
| DBO <sub>5</sub>          | p, v               | 500 *               | Refrigerar a 4°C.   | 24 h                          |
| DQO                       | p, v               | 500                 | Adicionar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH < 2. Refrigerar a 4°C.  | 28 d                          |
| Dureza total              | p, v               | 100                 | Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad.  | 14 d                          |
| Fenoles                   | p, v               | 2000                | Adicionar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> a pH = 2 y refrigerar a 4° C.  | 28 d                          |
| Grasas y aceites          | v                  | 1000                | Adicionar HCl 1:1, hasta un pH < 2, refrigerar a 4°C.   | 28 d                          |
| Materia flotante          | p, v               | 3000                | Determinar inmediatamente.  | ---                           |
| Metales en general        | p, v               | 1000                | Enjuagar el envase con HNO <sub>3</sub> 1:1; adicionar HNO <sub>3</sub> a pH<2; para metales disueltos, filtrar inmediatamente y adicionar HNO <sub>3</sub> a pH<2. | 180 d                         |
| Nitratos                  | p, v               | 500                 | Detectar inmediatamente. Refrigerar a 4°C.  | 48 h                          |
| Nitritos                  | p, v               | 500                 | Refrigerar de 2 a 5° C y en la oscuridad.   | 24 h                          |
| Nitrógeno amoniacal       | p, v               | 1000                | Adicionar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> a pH<2 y refrigerar a 4° C y en la oscuridad.  | 7 d                           |
| Nitrógeno total           | p, v               | 2000 *              | Adicionar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> a pH<2 refrigerar a 4° C y en la oscuridad.  | 7 d                           |
| pH                        | p, v               | ---                 | Analizar inmediatamente.  | ---                           |
| Sólidos                   | p, v               | 1000                | Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad.  | 7 d                           |
| Sólidos disueltos totales | p                  | 500                 | Refrigerar a 4°C.   | 7 d                           |
| Sólidos sedimentables     | p, v               | 1000                | Refrigerar a 4°C.   | 7 d                           |
| Sulfatos                  | p, v               | 100                 | Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad.  | 28 d                          |
| Temperatura               | p, v               | ---                 | Determinar inmediatamente.  | ---                           |
| Turbiedad                 | p, v               | 100                 | Refrigerar a 4° C.  | 24 h                          |

p plástico

v vidrio

s vidrio enjuagado con solventes orgánicos; interior de la tapa del envase recubierta con teflón.

\* se permite muestra compuesta.

pH potencial de hidrógeno

**Tabla 10.** Principales preservadores, en una campaña de muestreo





---

Otro punto importante después de seleccionar los puntos de muestreo es seleccionar y posteriormente caracterizar los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos en el laboratorio.

La determinación en paralelo de los aforos (medición de volumen) de descarga es igual de importante y relevante al momento de realizar la campaña de muestreo.

La combinación de la buena selección de puntos de muestreo y de los parámetros, dará como resultado datos que ayudaran a identificar corrientes con altos contenidos de contaminantes, en volúmenes pequeños o grandes. La determinación del flujo másico estará dada por los datos que arroje el resultado de laboratorio (concentración por los aforos), lo que determinará el sistema más adecuado para tratar o segregar la corriente, ya sea por:

- El contenido del contaminante (es)
- El volumen (aforos)
- La (s) concentraciones de los puntos

Con todo lo anterior y las consideraciones necesarias, los puntos de muestreo serán aprobados o no y, en su caso modificados de acuerdo a las necesidades establecidas.

Los parámetros característicos de los efluentes típicos de agua residual de una refinería son las que se indican en la Tabla 11

| Contaminante              | Unidades | Intervalo típico de concentración |
|---------------------------|----------|-----------------------------------|
| COT                       | ppm      | 120 – 800                         |
| Fenoles                   | ppm      | 50 – 120                          |
| Grasas y aceites          | %        | 0.5 – 3                           |
| Nitrógeno amoniacal       | ppm      | 100 – 150                         |
| pH                        |          | 2 - 8                             |
| Temperatura               | °C       | 35 – 50                           |
| Sólidos suspendidos       | ppm      | 200 – 800                         |
| Sulfuros                  | ppm      | 500 – 200                         |
| Sólidos disueltos totales | ppm      | 1500 – 3000                       |

**Tabla 11.** Efluente típico de agua residual de una refinería, (Agüera 2005)

---

La buena campaña de muestreo será definitiva en los resultados de aforo y muestreo (cuando sea compuesta), por un lado, y por otro el laboratorio con los resultados analíticos; la toma de muestra de manera incorrecta y su inadecuada preservación, traslado tardío, o no conservarla a la temperatura de 4°C, serán factores definitivos en los resultados, lo que llevaría a resultados de laboratorio tal vez insatisfactorios, no reflejando realmente la situación o el estado del sitio muestreado por las deficiencias arriba mencionadas.

Por el contrario el que se realice una campaña de muestreo lo mejor posible desde la toma de muestra, medición de parámetros físicos, aforo y preservación adecuada, pero el laboratorio es quien falla al momento de realizar los análisis, los resultados que arrojen no serán representativos del sitio de muestreo.

Por ello, se debe hacer énfasis tanto en la campaña de muestreo como en las técnicas y métodos de laboratorio. La supervisión por parte de personal especializado y de los responsables del proyecto evita errores posibles.

La buena planeación y desarrollo llevan a obtener resultados satisfactorios cuando se haga estricto seguimiento a lo planeado anteriormente. Lo que obtenemos son resultados que podemos promediar, graficar e interpretar y con esto realizar planteamientos y propuestas específicas por puntos o por grupos de acuerdo a las características de los resultados. En esa misma línea se pueden proponer y buscar tecnologías propias de los sistemas a mejorar. Con esto y de acuerdo al sistema evaluado se pueden realizar las descargas correspondientes a los drenajes, con sus respectivas adecuaciones o modificaciones para cumplir los requerimientos y necesidades de la industria.

En la Figura 7, se muestra un ejemplo con las principales áreas de servicio y plantas con las que cuenta la industria de refinación. Este es un ejemplo de las plantas que se debe tomar en cuenta al momento de seleccionar los puntos de muestreo.



**Figura 7.** Puntos de muestreo típicos para una refinería, desde planta de proceso hasta el área de efluentes

---

### 3.8 Área de efluentes

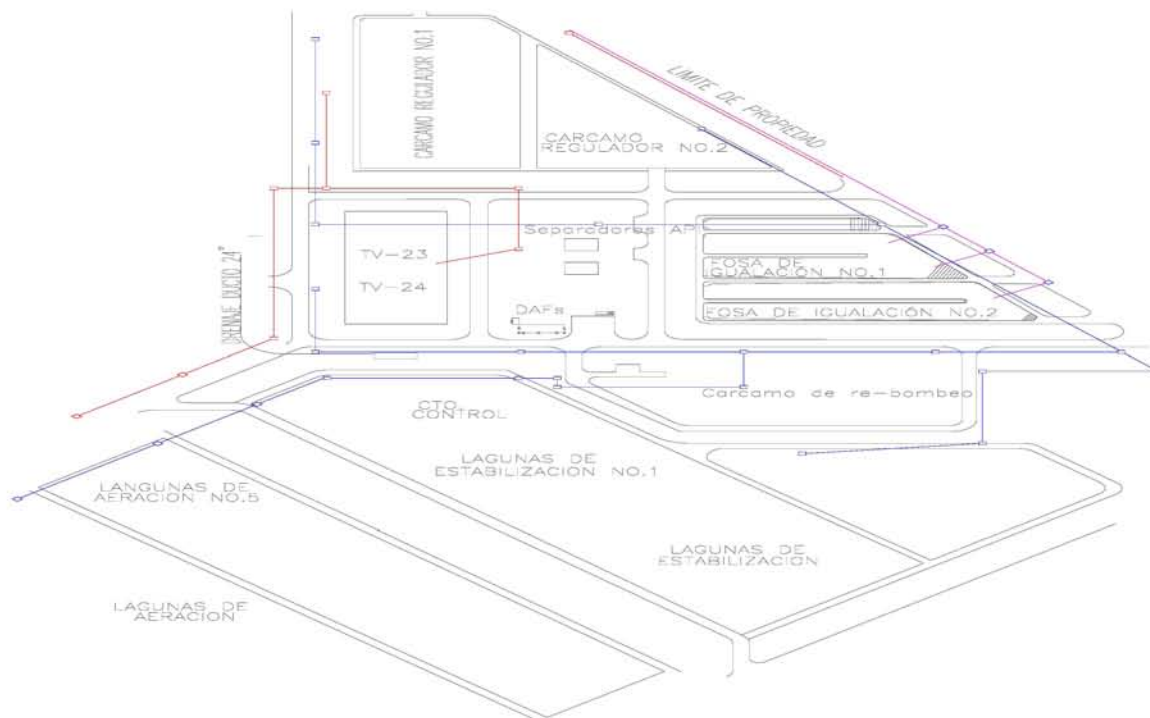
La evaluación de esta área consiste principalmente en:

1. Verificar las líneas de llegada (drenajes)
2. Las integraciones a los cárcamos
3. Líneas (tubería) que llega por vía aérea
4. Las etapas de proceso del sistema (del área de efluentes)

Para realizar una buena evaluación del sistema se debe de recopilar información del sistema en operación, los cuales puede estar formados por:

- A. Fosa Pluvial
- B. Cárcamo de llegada 1 y/ó 2
- C. Separadores API 1 y/ó 2
- D. Fosas de igualación
- E. Sistemas DAF
- F. Placas corrugadas
- G. Cárcamo de re-bombeo (opcional)
- H. Lagunas de oxidación
- I. Lagunas de estabilización
- J. La infraestructura debe operar en línea con el proceso

La infraestructura debe de llevar la secuencia de tratamiento, el cual se presenta en el esquema siguiente, Figura 8.



**Figura 8.** Esquema general del área de efluentes

La recopilación de información de los sistemas de operación actual y de diseño en el área de efluentes son básicos para llevar a cabo el diagnóstico más adecuado de ésta área. Por ello la recopilación, análisis, verificación y levantamiento en campo de lo existente contra lo de diseño, así como las entrevistas a los Ingenieros del área y los operativos, son determinantes en los resultados que se puedan presentar a la industria en estudio.

La evaluación determinará si los equipos existentes están en condiciones de seguir operando o requieren mantenimiento, adecuación o cambio de la infraestructura. Se recomienda verificar las nuevas tecnologías y sistemas modernos de operación, de igual manera tomar en cuenta otras opciones e innovaciones.

El caso de las lagunas de oxidación es una etapa del proceso en donde se esperaría que el agua que llega a esta área fuera de calidad satisfactoria, pero ha quedado demostrado que no es así y la causa principal es los malos sistemas de operación que le anteceden y la deficiente operación por falta de mantenimiento preventivo y correctivo.

---

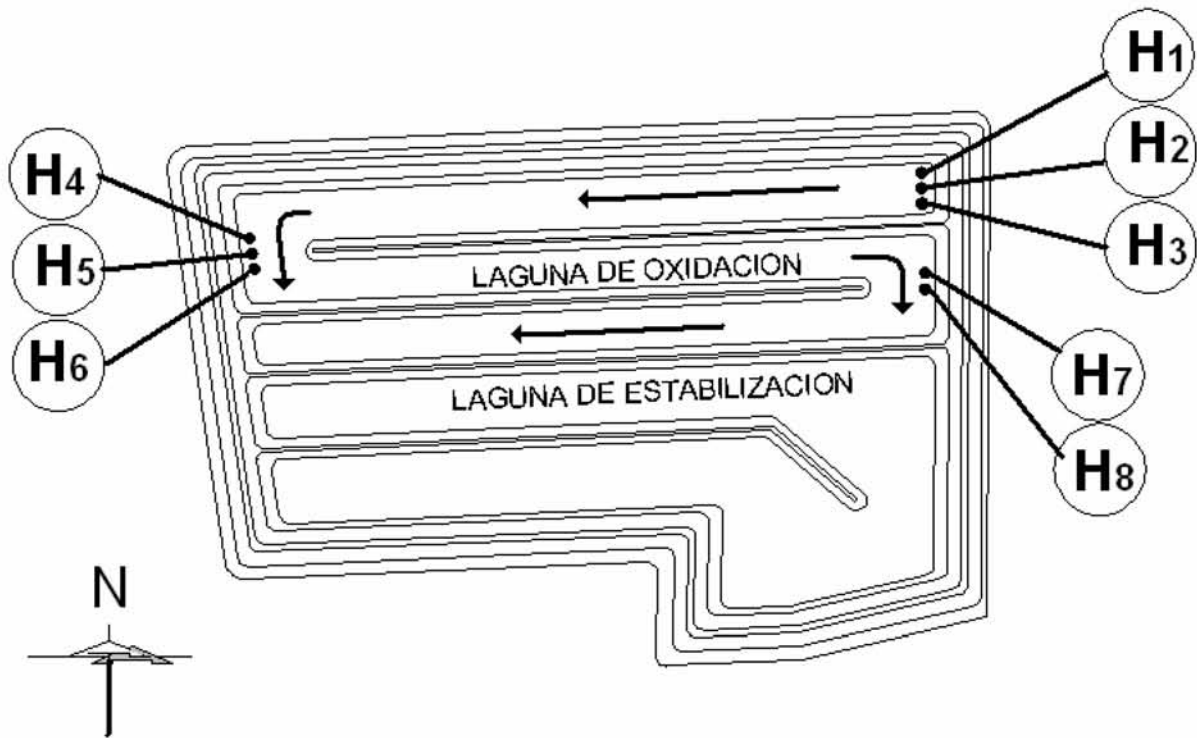
Las lagunas de oxidación presentan también deficiencias en su sistema por que los sistemas de aeración son deficientes; los equipos no operan de acuerdo a diseño; falta de refaccionamiento; descuido por parte de operación; no existe programa de drenado y dragado de las lagunas; se permite el asentamiento de lodo, provocando sistemas anóxicos en el fondo, agregando a esto los contaminantes que arrastran y matan a los microorganismos presentes en las lagunas llevando con esto la mortandad de los microorganismos y la tardía o nula recuperación de los mismos.

El tiempo de residencia hidráulico es determinante en el sistema que de igual manera no es el más adecuado ni corresponde a los de diseño o para la cual fue creado; al incrementar el flujo de manera considerable, por las modificaciones y cambios en las áreas de proceso.



Las lagunas de estabilización son para regular y dar los tiempos que corresponden para que el sistema cumpla el ciclo para el cual fue creado.

En la Figura 9 se muestra un esquema típico o general de las lagunas de oxidación – estabilización



**Figura 9.** : Diagrama típico de lagunas de oxidación y estabilización, identificado sus equipos de aeración con las letras H

---

### 3.9 Planta de tratamiento de aguas residuales y de aguas negras

Los principales problemas que se encuentran en las PTAR son:

- El agua residual con que se alimentan es de muy mala calidad y con alto contenido de contaminantes
- Deficiente oxigenación en los reactores biológicos
- Contaminación en los reactores que afecta de manera directa a los microorganismos,
- Flotación de lodos en los sedimentadores
- Acumulación excesiva de lodos y taponamiento en los filtros de arena
- Mayor cantidad de retrolavados y por tanto mayor consumo de agua.

Para mantener las PTARs en buen funcionamiento y entregando agua de muy buena calidad, es necesario dar mantenimiento, estar al tanto de los equipos, actualizar las tecnologías y capacitar al personal.

Dentro de las instalaciones de las plantas de tratamiento de agua, los cambios e innovaciones son los reactores biológicos, en esta sección de los tratamientos lo que puede proponer son sistemas de burbuja fina, las ventajas y desventajas:

| <b>VENTAJAS</b>   | <b>DESVENTAJAS</b>   |
|---|--|
| 1. Se tienen altas eficiencias de transferencia de oxígeno.   | 1. Los difusores de burbuja fina son susceptibles al ensuciamiento biológico y químico, por lo cual puede perjudicar la eficiencia de transferencia y generar altas pérdidas de cabeza. Como resultado se requiere limpieza rutinaria. |
| 2. Exhiben altas eficiencias de aireación (masa de oxígeno transferido por unidad de potencia por unidad de tiempo) | 2. La distribución del flujo de aire es crítica en el rendimiento y la selección apropiada de los orificios de control de flujo de aire es importante.   |
| 3. Puede satisfacer altas demandas de oxígeno   | 3. El flujo de aire requerido en un tanque (normalmente al final del efluente) es dictado por el mezclado no por la transferencia de oxígeno.  |
| 4. Son fácilmente adaptables a depósitos existentes para la renovación de plantas.                                  |  |
| 5. Baja emisión de compuestos no volátiles  |  |

En el caso de los sedimentadores (clarificadores primarios y secundarios), lo que se propone realizar son cambios en sus partes mecánicas internas, tales como las rastras, los colectores de lodos, el vertedero (alinear, limpiar o cambiar por otro), el motor (ajustar, reparar o mantenimiento únicamente), es muy probable encontrar tecnología nuevas en los sistemas de recolección de lodos.



---

La instrumentación es un sector importante de operación en las plantas de tratamiento y en los procesos.

La relación entre cada uno de los equipos, instalación e instrumentación; son relevantes para la operación de los sistemas lógicos. Las señales que se envían, si el equipo opera adecuadamente y la instrumentación está en buen estado y los analizadores no fallan, la operación será la adecuada; pero si al menos uno de los sistemas falla, el circuito de integración tendrá fallas. Reflejando esto en deficiencias operativas y de resultados en la calidad del agua de proceso referido

Los instrumentos son importantes en todo el sistema, pero requieren de mayores cuidados, por el tipo y tecnología (algunos sofisticados y delicados al estar expuestos al ambiente). La integración de todo esto en un PLC ayuda a mantener el sistema y la buena operación desde un cuarto de control. Las nuevas tecnologías, proporcionan principalmente calidad de señal, resistencia a las condiciones climáticas, facilidad de manejo de equipo, según la tecnología.

Los filtro de arena son una zona relevante en este tipo de tratamientos, ya que de estos dependerá en buena medida la cantidad de sólidos suspendidos, disueltos y las cantidades de agua para su regeneración (retrolavados) como y cuantos requiera son importantes para el consumo de agua y mantenimiento.

Existen muchas otras parte que integran la PTAR y PTAN, la especificación de cada uno de los equipos llevaría un buen rato el describirlo. Por ello se resalta lo que se considera importante sin demeritar el resto de los equipos.

Las PTAR y PTAN son fuentes de suministro alternas de agua a la Refinería, porque son una buena opción de utilización de agua que de otra manera sería desechada por considerarse de mala calidad, como anteriormente se venía haciendo.

Dependiendo de los trenes de tratamiento y de los costos asociados, se obtienen aguas de muy diversas calidades.



---

### 3.10 Innovación tecnológica y costos

Las deficiencias y carencias en la infraestructura de los servicios mencionados anteriormente en buena medida se deben a la falta de mantenimiento preventivo, a la poca capacitación del personal y la falta de actualización de la infraestructura.

La permanente actualización de los equipos ayudará en gran medida a optimizar su funcionamiento.

La evaluación costo- beneficio es fundamental a la hora de definir la selección más adecuada de la tecnología, rehabilitación, modernización o cambio de equipo.

Después de realizar un estudio de las condiciones de los equipos, y dar un informe detallado, se buscan alternativas de tecnologías existentes en el mercado, considerando las ventajas y desventajas del equipo con respecto a otros y con respecto al actual, no dejando de lado los costos desde la compra hasta su instalación y puesta en marcha (llave en mano).

Los resultados de los estudios y las evaluaciones realizadas se entregan a los administrativos de las industrias para su consideración y comentarios generales, para su posible implementación.

En caso de que la propuesta es aprobada, se somete a concurso. Con este procedimiento se asegura que los costos de inversión sean mínimos y la rentabilidad sea mayor, reduciendo los consumos de agua.

---

#### 4. CONCLUSIONES

- Debido a la permanente y creciente demanda de agua para cubrir todos los servicios de la industria, se debe aprovechar al máximo este recurso natural, llevando un seguimiento cuidadoso y minucioso de la infraestructura, los servicios principales y todos y cada uno de los procesos involucrados en la refinación.
- El máximo aprovechamiento de las aguas residuales y de las aguas negras (cuando así lo permitan los municipios) es hoy una necesidad para ayudar a disminuir la demanda de las fuentes naturales, con el objetivo de descargar menos contaminantes a los ríos, lagos y lagunas, y de contribuir por un lado a mantener el equilibrio ecológico y por el otro aprovechar un recurso cada vez más escaso, lo que redundará además en beneficios económicos para la industria.
- Los problemas centrales se encuentran desde su origen en las plantas de proceso. Corrigiendo esto con tratamientos previos a la descarga en drenajes se puede mejorar la calidad.
- Se deben dar los tratamientos adecuados a las descargas desde su origen antes de arrojarlas al drenaje, con el objeto de reducir la carga de contaminantes.
- El agua de todas las áreas de servicios auxiliares debe evaluarse, con la finalidad de integrarla al sistema para su tratamiento.
- El uso de productos químicos, para los tratamientos en los sistemas de servicios auxiliares es importante, no sólo por el aspecto químico sino también para mantener los sistemas en buenas condiciones y no dañar los equipos en las áreas de proceso.
- Es muy importante cuidar la calidad de agua de suministro a UDAs, así como mantenerlas en condiciones adecuadas, para evitar que haya regeneraciones excesivas y por lo tanto mayor consumo de agua.
- El mantenimiento preventivo permanente será fundamental para evitar daños a la infraestructura, lo que redundará en costos operativos bajos.
- La purga de las calderas se debe recuperar y enviar para su reutilización o reuso a proceso, según los volúmenes que se estén manejando en la industria



---

#### 4. CONCLUSIONES

- Debido a la permanente y creciente demanda de agua para cubrir todos los servicios de la industria, se debe aprovechar al máximo este recurso natural, llevando un seguimiento cuidadoso y minucioso de la infraestructura, los servicios principales y todos y cada uno de los procesos involucrados en la refinación.
- El máximo aprovechamiento de las aguas residuales y de las aguas negras (cuando así lo permitan los municipios) es hoy una necesidad para ayudar a disminuir la demanda de las fuentes naturales, con el objetivo de descargar menos contaminantes a los ríos, lagos y lagunas, y de contribuir por un lado a mantener el equilibrio ecológico y por el otro aprovechar un recurso cada vez más escaso, lo que redundará además en beneficios económicos para la industria.
- Los problemas centrales se encuentran desde su origen en las plantas de proceso. Corrigiendo esto con tratamientos previos a la descarga en drenajes se puede mejorar la calidad.
- Se deben dar los tratamientos adecuados a las descargas desde su origen antes de arrojarlas al drenaje, con el objeto de reducir la carga de contaminantes.
- El agua de todas las áreas de servicios auxiliares debe evaluarse, con la finalidad de integrarla al sistema para su tratamiento.
- El uso de productos químicos, para los tratamientos en los sistemas de servicios auxiliares es importante, no sólo por el aspecto químico sino también para mantener los sistemas en buenas condiciones y no dañar los equipos en las áreas de proceso.
- Es muy importante cuidar la calidad de agua de suministro a UDAs, así como mantenerlas en condiciones adecuadas, para evitar que haya regeneraciones excesivas y por lo tanto mayor consumo de agua.
- El mantenimiento preventivo permanente será fundamental para evitar daños a la infraestructura, lo que redundará en costos operativos bajos.
- La purga de las calderas se debe recuperar y enviar para su reutilización o reuso a proceso, según los volúmenes que se estén manejando en la industria



- 
- Generalmente los drenajes en la industria de refinación deben ser revisados constantemente para evitar ser contaminados unos con otros.
  - Las áreas de efluentes son importantes en aquellas industrias que cuenten con ellas, por los grandes volúmenes que manejan y los bajos costos de tratamiento
  - Una buena aeración en las lagunas de oxidación ayudará a mantener la población microbiana, lo que será fundamental en la degradación de la materia orgánica
  - Se debe evitar la descarga de contaminantes ajenos y nocivos a las lagunas, con la finalidad de mantener el equilibrio dentro de la población microbiana.
  - El incremento de las PTAR en las industrias ayudara a aprovechar la mayor cantidad de agua residual, dejando de extraer de otras fuentes de agua de buena calidad
  - Las buenas condiciones operativas de las PTAR son importantes para obtener una buena calidad de agua que podrá ser usada en la industria de la refinación
  - Las industrias deben implementar sistemas de aprovechamiento integral del agua residual, evitando enviar y tirar agua residual a cuerpo receptor (lago, laguna, río, mar)
  - Las mediciones tomadas de manera directa en campo son fundamentales, por lo que debe existir compromiso por parte del personal que realiza el muestreo, así como de los responsables de laboratorio.
  - La realización de estudios para mejorar los tratamientos objeto de este trabajo, con nuevas tecnologías optimiza tiempos y costos y baja los consumos de insumos.
  - El estudio y los levantamientos en planta son fundamentales, por lo que la información que preste la empresa será directamente enfocada a las propuestas. Si la industria no proporciona información fidedigna, actual, reciente, y fluida, el resultado será erróneo.
  - La adecuada selección de tecnologías es fundamental para tener un mejor sistema de recuperación de condensados

---

## 5. Bibliografía

1. CARL D. SHIELD, *Calderas. Tipos, características y sus funciones*, 1<sup>er</sup> ed, México: CECSA, 1965, p.716
2. CITME, *Tratamiento avanzado de aguas residuales industriales*, CIEMAT, vt2, Madrid 2006, p.136. M-30985-2006
3. DOWEX ION EXCHANGE RESINS, *Water Conditioning Manual*, USA, p.93, No.177-01766-1105.
4. INSTITUTO DEL AGUA Y DEL MEDIO AMBIENTE, UNIVERSIDAD DE MURCIA, determination of the working optimum parameters for an Electrodialysis Reversal Pilot Plant, Ramon Valerdi-Perez A, Luis M Berna-Amoros, Murcia, Spain.
5. JIMENEZ CISNEROS B. ELENA, *La contaminación ambiental en México, Causas efectos y tecnología apropiada*, México: Limusa, 2001, p.925.
6. Khan j, Yaqub M. S. "Performance characteristics of counter floor wet cooling towers" *Energy conversation and Management*; Arabia Saudita, Department of Mechanical Engineering, King Fahd University of Petroleum and Minerals vol. 44 pp 2073-2091
7. L.GERMAIN, L. COLAS, J. ROUQUET, *Tratamiento de la aguas: Redes de distribución de aguas potables e industriales, alimentación de calderas de vapor y circuitos de refrigeración*, Barcelona: Omega, c1982, p. 165.
8. Metcalf & Eddy. (1996). *Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento vertido y reutilización*. 3<sup>a</sup> ed. Tomo 1. Ed. McGraw-Hill.
9. Metcalf & Eddy. (2003). *Wastewater Engineering. Treatment and reuse*. 4a ed. Ed. McGraw-Hill.
10. NMX-K-437-1978, *Determinación de sílice en muestras de aguas para alimentación de calderas*



- 
11. NMX-K-443-1978, *Determinación de dureza en agua para calderas*
  12. OSMONICS, INC. SOLO II™, Reverse Osmosis Unit, Operation and Maintenance Manual, USA, 2000.
  13. PERRY, ROBERT H., *Manual del Ingeniero Químico*, 3ª ed, México: Mc Graw Hill, 1992.
  14. RICHARD J. REED & JOST O WENDT, *Applied combustion technology*, 1991.
  15. TCHOBANOGLOUS GEORGE, *Wastewater engineering: Treatment, disposal, and reuse/Metcalf & Eddy*, 3ª ed, New York: Mc Graw Hill, 1991, p. 1334.
  16. Agüera, Jose A. (2005). Depuración biológica en el sector del Refino. Seminario "Operación de depuradoras biológicas industriales", CEPSA. Disponible en:  
[http://www.abellolinde.es/International/Web/LG/ES/likelges.nsf/0/170168e85040af28c12570d7003252a3/\\$FILE/Presentaci%C3%B3n%20Cepsa.pdf](http://www.abellolinde.es/International/Web/LG/ES/likelges.nsf/0/170168e85040af28c12570d7003252a3/$FILE/Presentaci%C3%B3n%20Cepsa.pdf)

