

**DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y
DE PRODUCCION EVALUANDO LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS
NACIONALES Y EXTRANJERAS- APLICACION CAMPO COLORADO**

DIANA MARCELA JAIMES CAMPOS
MARIA ISABEL PICO JIMENEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO QUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA DE PETROLEOS
BUCARAMANGA**

2009

**DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y
DE PRODUCCION EVALUANDO LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS
NACIONALES Y EXTRANJERAS- APLICACION CAMPO COLORADO**

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero de Petróleos**

DIANA MARCELA JAIMES CAMPOS
MARIA ISABEL PICO JIMENEZ

Director

Msc. Fernando Enrique Calvete González.

Co-director

Ing. Zamir Quizena Espinoza

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO QUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA DE PETROLEOS
BUCARAMANGA**

2009

DEDICATORIA

A DIOS por todo lo que me ha dado y por mi familia

A mi padre Jorge por ser mi más grande apoyo, por creer en mí, y por no dejarme desfallecer en ningún momento

A mi madre Rosaura por sus valiosos sacrificios

A mis hermanos Oscar Mauricio y Jorge Iván a quienes adoro con toda mi alma.

A Emerson, el dueño de mi corazón; gracias por hacer parte de este sueño.

*Y por supuesto y sobre todas las cosas a mi más grande tesoro
"JUAN DAVID", la razón de mi existir
.....Gracias por llegar a mi vida.*

María Isabel Pico Jiménez

DEDICATORIA

“A DIOS, por brindarme la sabiduría suficiente para realizar este trabajo

A MIS PADRES, por creer en mí y darme lo necesario para salir adelante

*A MIS DOS AMORES, Ivan y Junior por ser mi fuente de inspiración para
hacer las cosas*

A JK, por hacer que mi tiempo rindiera

AL DESTINO, por colocarme en esta vida y no en otra”

Diana Marcela Jaimes Campos

AGRADECIMIENTOS

Las Autoras expresan sus agradecimientos a:

MSc. Fenando Calvete, Ingeniero de Petróleos, director del proyecto, por sus aportes y orientación.

Ing. Zamir Quizena Espinosa, Ingeniero de Petróleos, co-director del proyecto, por su orientación durante este tiempo.

Al la dirección del Campo Escuela.

Al Ingeniero Jairo Gómez, al ingeniero Oswaldo, y a la ingeniera Elizabeth Quiroga por su colaboración durante el desarrollo de este proyecto

Al Ingeniero Cesar Augusto Pineda y a la Ingeniera Olga Patricia Ortiz, por sus valiosos aportes y recomendaciones.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	18
1. GENERALIDADES	20
1.1 PRINCIPALES CARACTERISTICAS FISICO QUIMICAS DEL AGUA	22
1.2 SÓLIDOS Y ACEITES EN EL AGUA	28
1.3 NORMATIVIDAD VIGENTE SOBRE VERTIMIENTOS	31
2. PRINCIPIOS SOBRE EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	36
2.1 PRINCIPIOS DE SEPARACIÓN	37
2.2 TIPOS DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA	40
2.3 EQUIPOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA	40
3. EQUIPOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA INDUSTRIA DEL PETRÓLEO	64
3.1 EQUIPOS DE SEDIMENTACIÓN	64
3.6 Síntesis de equipos referentes a la tecnología nacional y extranjera	133
4. INYECCION Y/O VERTIMIENTO EN COLOMBIA	137
4.1 INYECCIÓN DE AGUA EN COLOMBIA – CASO CAMPO SURIA	142
4.2 VERTIMIENTO DE AGUA EN COLOMBIA: CASOS CAMPO ARAUCA Y CAMPO PAYOA	147
5. CAMPO ESCUELA COLORADO	154
5.1 UBICACIÓN	154
5.2 BREVE HISTORIA	155
5.3 ESTRUCTURA	156
5.4 ESTRATIGRAFÍA	158
5.5 Datos Básicos de Yacimiento	159
6. DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL CAMPO COLORADO	162
6.1 CONSIDERACIONES PRÁCTICAS PARA LA ETAPA DE DISEÑO	162
6.2 EVALUACION DE LAS FACILIDADES DE SUPERFICIE DE CEC	164
6.3 DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA CEC	166
6.4 ANALISIS ECONÓMICO Y DE COSTOS	173
6.5 Relación Beneficio- Costo (RBC)	177
BIBLIOGRAFIA	179

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Esquema general de tratamiento de aguas residuales y de producción
- Figura 2.** Tanque desnatador o Skim Tank
- Figura 3.** Tanque desnatador o Skim Tank Vertical
- Figura 4.** Tanque desnatador o Skim Tank Horizontal
- Figura 5.** Plato Coalescedor
- Figura 6.** Esquema de un Interceptor de placas paralelas (PPI) en un Separador API
- Figura 7.** Interceptor de placas corrugadas (CPI)
- Figura 8:** Separador de flujo transversal
- Figura 9.** Unidad de flotación inducida por gas (IGF)
- Figura 10.** Rotor para inducir aire a la mezcla de petróleo y agua (IGF).
- Figura 11.** Filtro convencional vertical
- Figura 12.** Decantador
- Figura 13.** Lecho de secado
- Figura 14.** Tanques de almacenamiento de agua
- Figura 15.** Caja API o separador API
- Figura 16.** Secciones del separador API
- Figura 17.** Piscinas de oxidación
- Figura 18.** Hidrociclón Líquido/Líquido marca Vortoil
- Figura 19.** Desarenador marca Krebs
- Figura 20.** Vista Lateral y superior del tanque Vertical de desnatado Unicel
- Figura 21.** Vista frontal Tanque Horizontal de desnatado Unicel
- Figura 22.** Vista Lateral y Superior de Combinación Tanque Vertical de desnatado/IGFmarca Unicel
- Figura 23.** Vista Frontal y Superior del separador Vertical por flotación marca Unicel
- Figura 24.** Vista Frontal y Superior del separador Horizontal por flotación marca Unicel
- Figura 25.** Reactor de líquido y gas marca GLR
- Figura 26.** Unidad de flotación horizontal marca Revolift
- Figura 27.** Unidad de flotación vertical marca Revolift
- Figura 28.** Bomba de microburbujas marca ONYX- MB
- Figura 29.** Unidad de flotación hidráulica marca Tridair
- Figura 30.** Unidad de flotación mecánica marca Tridair
- Figura 31.** Filtro marca New Water

Figura 32. Vista Frontal y Superior del filtro presurizado de arena de bajo caudal marca Unicel

Figura 33. Filtros con cáscara de nuez marca Hydromation

Figura 34. Cáscara de nuez utilizada por los filtros Sabian

Figura 35. Filtro marca SFX

Figura 36. Filtro SFX de único flujo

Figura 37. Filtro de doble flujo marca SFX

Figura 38. Filtro doble de flujo vertical VFX

Figura 39. Filtros bicapa y tricapa

Figura 40. Configuración del Filtraflo

Figura 41. Filtro marca Biostyr

Figura 42. Filtro marca Biosep

Figura 43. Equipos disponibles por la empresa New Gas & Oil

Figura 44. Equipos disponibles por la empresa GLR

Figura 45. Equipos disponibles por la empresa NATCO

Figura 46. Equipos disponibles por la empresa PETRECO

Figura 47. Equipos disponibles por la empresa VEOLIA

Figura 48. Equipos disponibles por la empresa WEMCO

Figura 49. Máxima eficiencia de remoción

Figura 50. Remoción por tamaño de gota

Figura 51a. Microflotación Estación Llanito

Figura 51b. Microflotación Estación Llanito

Figura 52. Campo sometidos a inyección de agua en Colombia

Figura 53. Características generales Campo Suria

Figura 54. Esquema de Inyección Campo Suria

Figura 55. Eficiencia Vs. PPM de aceite en agua a la entrada del filtro New Water

Figura 56. Eficiencia Vs. Entrada de sólidos suspendidos totales al filtro New Water

Figura 57. Promedio del comportamiento de fenoles presentes en las aguas industriales Campo Arauca

Figura 58. Eficiencia de remoción de fenoles en el sistema de tratamiento de aguas residuales industriales Campo Arauca, 2005 a 2007

Figura 59. Recirculación de cajas api hacia tanques de producción

Figura 60. Caja en concreto para centralizar los vertimientos

Figura 61. Estado final de la segunda piscina de tratamiento de la batería Payoa

Figura 62. Desnatador por sistema de microburbujas ubicado en inmediaciones del TK 005 de la batería Payoa

Figura 63. Filtro con medio de soporte oleofílico para aumentar la eficiencia de remoción de hidrocarburos en el efluente de la batería Payoa

Figura 64. Ubicación Campo Colorado

Figura 65. Estado de los pozos.

Figura 66. Columna Estratigráfica generalizada del VMM

Figura 67 Capacidad de Transporte de crudo Campo Colorado

Figura 68. Evaluación de las facilidades de superficie CEC

Figura 69. Electrodiálisis e osmosis inversa

Figura 70. Diseño 1 propuesto para la planta de tratamiento de agua de CEC

Figura 71. Diseño 2 propuesto para la planta de tratamiento de agua de CEC

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1.** Condiciones mínimas para vertimiento de aguas residuales
- Tabla 2.** Concentraciones para el control de la carga
- Tabla 3.** Procedimientos adecuados para la toma de muestras
- Tabla 4.** Especificaciones de diseño del Unicel Interceptor de placas corrugadas (CPI) marca Unicel
- Tabla 5.** Especificaciones de diseño del Tanque Vertical de desnatado marca Unicel
- Tabla 6.** Especificaciones de diseño del Tanque Horizontal de desnatado marca Unicel
- Tabla 7.** Especificaciones de diseño de la Combinación Tanque Vertical de desnatado/IGF marca Unicel
- Tabla 8.** Especificaciones de diseño del Separador Vertical IGF marca Unicel
- Tabla 9.** Especificaciones de diseño del Separador Horizontal IGF marca Unicel
- Tabla 10a.** Especificaciones del modelo GLR- Aceite y Gas iniciales
- Tabla 10b.** Especificaciones del modelo GLR- Aceite y Gas
- Tabla 11.** Válvulas de operación filtro New Water
- Tabla 12.** Especificaciones de diseño filtro presurizado de arena de bajo caudal
- Tabla 13.** Resultados del tratamiento de agua de producción con el sistema NG&O, Estación Llanito 3
- Tabla 14.** Eficiencia filtro WEMCO con cascarilla de nuez de la palma africana
- Tabla 15a.** Resultados Filtro New Water
- Tabla 15b.** Resultados Filtro New Water
- Tabla 16.** Campo sometidos a inyección de agua en Colombia
- Tabla 17.** Incremento del Factor de Recobro en Colombia
- Tabla 18.** Comportamiento de fenoles en las aguas de producción Campo Arauca
- Tabla 19.** Consumo mensual y costos de productos para el tratamiento de agua de producción para vertimiento
- Tabla 20.** Datos Básicos de Yacimiento (formación Mugrosa)
- Tabla 21.** Caracterización del agua de producción de Campo Colorado

Tabla 22. Reporte de laboratorio caracterización fisicoquímica del agua de producción CED

Tabla 23. Costos de inversión de equipos incluidos en el sistema de tratamiento del agua residual de CEC .Diseño 1

Tabla 24. Costo total de la Planta de Tratamiento de aguas residuales de CEC. Diseño 1

Tabla 25. Costos de inversión de equipos incluidos en el sistema de tratamiento del agua residual de CEC .Diseño 2

Tabla 26. Costo total de la Planta de Tratamiento de aguas residuales de CEC. Diseño 2

RESUMEN

TITULO: DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y DE PRODUCCION EVALUANDO LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS NACIONALES Y EXTRANJERAS. APLICACIÓN CAMPO COLORADO¹.

**AUTORES: DIANA MARCELA JAIMES CAMPOS
MARIA ISABEL PICO JIMENEZ²**

PALABRAS CLAVES: Aguas residuales, producción, vertimiento, calidad, medio ambiente, normas legales.

La generación de aguas residuales es un producto inevitable de la actividad humana, e igualmente en la industria petrolera, en donde el agua se encuentra asociada a la producción. El agua que resulta del tratamiento de un campo petrolero debe ser tratada antes de ser dispuesta.

Para este caso particular, el proceso lo centraremos en el vertimiento de dicha agua junto a las normas legales vigentes que se deben tener en cuenta para poder llevarlo a cabo; además de los aspectos técnicos y jurídicos decretados por el Ministerio del medio ambiente para no contaminar de ninguna manera los efluentes tenidos a disposición para ello. Al ajustarnos a las condiciones que se tienen en el Campo Colorado encontramos que el volumen de agua de producción no es tan grande, hecho que hace inclinar el tratamiento de su agua residual al vertimiento y no a la inyección, por ahora.

En el presente trabajo se encuentran recopilada la información pertinente y necesaria de los proveedores de equipos para sistemas de tratamiento de agua residuales, además de esto se encuentran algunas experiencias y reportes que se obtuvieron en algunos campos petroleros de Colombia en cuanto a tratamiento para vertimiento e inyección, por otro lado se propone un diseño para la planta de tratamiento de aguas residuales y de producción para el Campo Colorado.

¹ Proyecto de Grado

² Facultad de Ingenierías Físicoquímicas, Programa de Ingeniería de Petróleos,
Director: Msc Fernando E. Calvete. Co-Director : Ing Zamir quizena Espinoza.

ABSTRACT

TITLE: DESIGN OF WASTEWATER AND PRODUCTION TREATMENT PLANT EVALUATING DIFFERENTS ALTERNATIVES AND ABROAD. COLORADO FIELD APPLICATION ¹³.

**AUTHORS: DIANA MARCELA JAIMES CAMPOS
MARIA ISABEL PICO JIMENEZ²**

KEY WORDS: Wastewater, production, dumping, quality, environment, legal standards.

The generation of wastewater is an unavoidable product of human activity, but also in the oil industry, where the water is associated with the production. The water resulting from treatment of an oil field should be treated before being disposed.

For this particular case, the process will focus on the dumping of this water along with the requisite legal standards that must be taken into account in order to carry out, in addition to technical and legal aspects ordered by the Ministry of the environment to avoid contaminating by no means taken for effluent disposal to do so. By adjusting the conditions that are in the Campo Colorado found that the volume of produced water is not as large, which makes the tip of its wastewater treatment andalusia dumping rather than injection, for now.

In the present work are gathered relevant and necessary information on suppliers of equipment for water treatment systems; it also has some experience and reports that were obtained in some oil fields in Colombia in terms of treatment and disposal injection, on the other hand proposes a design for the plant wastewater treatment and production for the Colorado Field.

¹ Undergraduate Project

² Physiochemical Engineering Faculty. Petroleum Engineering School. Director: Msc Fernando E. Calvete. Co-Director : Ing Zamir quizena Espinoza.

INTRODUCCIÓN

Los yacimientos petrolíferos encontrados alrededor del mundo difieren unos de otros de acuerdo a sus características litológicas, estratigráficas, sedimentológicas, así como las propiedades de los fluidos de formación. De acuerdo a esto la producción de agua, crudo y gas será mayor o menor en los reservorios, donde recae gran importancia en los métodos usados para la explotación de ellos, y por ende, el tratamiento a dar a cada uno de los fluidos. El tratamiento de aguas residuales, es decir el agua de formación obtenida al producir crudo y gas, es un asunto relevante pues proporciona aplicación general en diferentes campos: Potabilidad del agua, lechería, consumo doméstico, entre otros. Del mismo modo, este procedimiento presenta ventajas al ser usado como fuente de inyección en algunos pozos con el fin de aumentar la productividad del campo, donde también se requieren parámetros mínimos para ser suministrada a éstos.

Para el caso nuestro, el proceso lo centraremos en el vertimiento de dicha agua junto a las normas legales vigentes que se deben tener en cuenta para poder llevarlo a cabo; además de los aspectos técnicos y jurídicos decretados por el Ministerio del medio ambiente para no contaminar de ninguna manera los efluentes tenidos a disposición para ello. Al ajustarnos a las condiciones que se tienen en el Campo Colorado encontramos que el volumen de agua de producción no es tan grande, hecho que hace inclinar el tratamiento de su agua residual al vertimiento y no a la inyección, por ahora.

Generalmente, el vertimiento del agua de producción surge con el fin de dar soluciones ambientales y lograr una mayor eficiencia administrativa, técnica y económica. Los instrumentos y equipos que existen en una planta de tratamiento de aguas residuales son definidos en el ámbito de las facilidades de superficie, pero en el espacio comercial son múltiples debido a la oferta

dada tanto en la industria nacional como extranjera; de modo que la elección de compra depende netamente de las necesidades básicas del campo (tipo de equipos de filtración y decantación, lodos, entre otros) y volumen de agua manejado. Cabe resaltar que la importación de estos diseños genera un

sobrecosto que puede abolirse si se concentran los intereses en la eficiencia de la industria nacional como primera medida.

En la actualidad, el desarrollo y avance de la tecnología son una gran ayuda que permiten el cumplimiento a cabalidad de las normas ambientales en relación con el campo de interés, así mismo, el mejoramiento de la productividad del campo y aumento en el factor de recobro puede ser una realidad.

1. GENERALIDADES

La generación de aguas residuales es una actividad humana inevitable. El tratamiento y disposición apropiada de estas supone el conocimiento de las características físicas, químicas y biológicas y de sus principales efectos sobre la fuente receptora.

La prevención de la polución del agua y del suelo sólo es posible si se definen técnicas apropiadas de tratamiento y disposición de aguas residuales. El retorno a ríos o lagos nos convierte en usuarios directos o indirectos de las mismas, y a medida que crece la población, aumenta la necesidad de proveer sistemas de tratamiento o renovación que permitan eliminar los riesgos para la salud y minimizar los daños al ambiente.

Las cargas o concentración de contaminantes y nutrientes, constituyen el objetivo de la regulación, por parte de leyes, decretos y normas, para establecer la calidad apropiada del agua, de acuerdo con los diferentes usos aplicables a ella. La legislación Colombiana pertinente está diseminada en diferentes textos legales, pero principalmente en el decreto 1594 de 1984, donde se establecen los criterios mínimos para el vertimiento del agua a afluentes con el objetivo de brindar protección del medio ambiente en Colombia.

El agua es uno de los elementos que con mayor frecuencia se utiliza en la industria petrolera debido a su fácil adquisición, seguro manejo y económico valor.

El agua que resulta del tratamiento de la producción de un campo petrolero debe ser tratada antes de ser dispuesta. Entre los métodos de disposición más comunes se pueden mencionar: la reinyección en procesos de recuperación secundaria o el vertimiento a las corrientes de agua natural, en cualquiera de

las dos situaciones el agua residual debe ser tratada de manera que cumpla con cada fin específico.

En la formulación, planeamiento y diseño de un sistema de tratamiento se pueden considerar objetivos diferentes, teniendo en cuenta la disponibilidad de recursos económicos y técnicos, así como los criterios establecidos para descarga de efluentes o eficiencias mínimas y eventualmente, motivaciones ecológicas.

En un desarrollo gradual de sistemas de tratamiento se pueden considerar, como objetivos iniciales principales del tratamiento de aguas residuales, los siguientes⁴:

- Remoción de DBO
- Remoción de sólidos suspendidos
- Remoción de Patógenos

Posteriormente ha sido común agregar:

- Remoción de nitrógeno y fósforo

Finalmente se involucra:

- Remoción de sustancias orgánicas refractarias como los detergentes, fenoles y pesticidas
- Remoción de metales pesados
- Remoción de sustancias inorgánicas disueltas

La complejidad del sistema de tratamiento es por tanto función de los objetivos propuestos. Teniendo en cuenta el gran número de operaciones y procesos disponibles para tratamiento de aguas, es común hablar de pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario o avanzado de aguas residuales.

⁴ Tratamiento de aguas residuales Eduardo Ospina y Cia S.A.2000.

En general el pretratamiento tiene como objetivo remover de las aguas residuales aquellas constituyentes que pueden causar dificultades de operación y mantenimiento en los procesos posteriores o que en algunos casos no pueden tratarse conjuntamente con los demás componentes del agua residual.

El tratamiento primario se refiere comúnmente a la remoción parcial de sólidos suspendidos, materia orgánica u organismos patógenos, mediante sedimentación u otro medio, y constituye un método de preparación del agua para el tratamiento secundario. Por lo general el tratamiento primario remueve alrededor del 60% de los sólidos suspendidos del agua residual cruda y un 35% a 40% de la DBO.

El tratamiento secundario convencional se usa principalmente para remoción de DBO soluble y sólidos suspendidos e incluye, por ello, los procesos biológicos de lodos activados, filtros precoladores, sistemas de lagunas y sedimentación.

El tratamiento terciario o avanzado supone, generalmente la necesidad de remover nutrientes para prevenir la eutrofización de las fuentes receptoras o de mejorar la calidad de un efluente secundario con el fin de adecuar el agua para su reuso.

1.1 PRINCIPALES CARACTERISTICAS FISICO QUIMICAS DEL AGUA

Antes de seleccionar el equipo y de diseñar el sistema de tratamiento del agua residual para vertimiento, es necesario llevar a cabo un análisis o caracterización de las aguas residuales; esto con el fin de determinar la calidad del agua requerida por las normas ambientales para propósito de vertimiento. Recordemos que la calidad del agua en este caso esta definida generalmente en términos de los problemas que puede llegar a ocasionar al ambiente, fauna y flora.

- **Sabor:** Compuestos químicos presentes en el agua como fenoles, diversos hidrocarburos, cloro, materias orgánicas pueden dar olores y sabores muy fuertes al agua aunque estén en pequeñas concentraciones.
- **Color:** El agua no contaminada suele tener colores rojizos, pardos, amarillentos o verdosos. Las aguas contaminadas pueden tener diversos colores, pero en general no se pueden establecer relaciones claras entre el color y el tipo de contaminación.
- **Olor:** Las aguas residuales tienen un olor característico desagradable, mientras que las aguas residuales sépticas tienen un olor muy ofensivo, generalmente producido por H_2S proveniente de la descomposición anaerobia de los sulfatos o sulfuros. Las aguas industriales residuales tienen a veces, olores característicos específicos del proceso industrial del cual provienen. Los olores de las aguas residuales constituyen una de las principales objeciones ambientales y su control en plantas de tratamiento es muy importante. Además del ácido sulfhídrico son causantes de olores ofensivos en aguas residuales los siguientes compuestos: aminas, amoníaco, diaminas, mercaptanos y sulfuros orgánicos.
- **Turbidez:** Es una medida del grado de oscuridad el agua. Indica que el agua no es clara por contener material insoluble tal como sólidos suspendidos, aceite disperso o burbujas de gas. Cuando el agua es muy turbia se puede presentar problemas de taponamiento.
- **Temperatura:** La temperatura es un parámetro importante de control por su efecto en la vida acuática y en la aplicabilidad del agua a usos industriales.
- **Sólidos:** Los sólidos pueden ser incorporados al agua por diversas actividades industriales y domésticas. La mayor parte de las partículas

presentes en las aguas residuales están en los rangos de $1 \cdot 10^{-7}$ milímetros en adelante. Las partículas sobre 10^{-3} milímetros pueden ser removidas por procesos de sedimentación o filtración, por debajo de estas medidas requieren ser removidas por procesos especiales. Por esta razón las pruebas analíticas, son comúnmente divididas en sólidos: sedimentables, suspendidos y disueltos.

- **Sólidos sedimentables:** Son aquellos que sedimentan bajo la acción de la gravedad. La determinación se realiza generalmente en un cono Imhoff dejando la muestra en reposo durante una hora. EL resultado se reporta en ml/L. Esta determinación evalúa la cantidad de sedimento que podría eventualmente ser lanzada a la fuente receptora; sirve además para dimensionar un sistema de remoción.
- **Sólidos suspendidos:** Pueden ser orgánicos e inorgánicos. Por lo general son partículas de óxido metálicos de la corrosión, hierro o manganeso presentes originalmente en el agua. Otros sólidos suspendidos pueden ser los sedimentos, arena, arcilla o cuerpos bacterianos. En la práctica se identifican y se estima su tendencia al taponamiento haciendo uso de un filtro de membrana de 0.45 micras.
- **Sólidos disueltos:** Se consideran aquellos que pasan a través de la membrana de filtración.
- **pH:** El valor de pH o potencial de hidrógeno es usado en cálculos de dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno y la tendencia a la formación de incrustaciones. Es importante resaltar que la presencia de H₂S y CO₂ disueltos en el agua tienden a disminuir el pH.

Un agua es neutra cuando su valor de pH es igual a 7 @ 25°C. La mayoría de las aguas en los campos petroleros presentan un pH que oscila entre 4 y 8.

Cuando el pH es mayor de 7 se dice que el agua es básica y entre más elevado es este valor se tiene una tendencia mayor a la incrustación. Cuando el pH es menor de 7, se dice que el agua es ácida y entre más reducido sea el pH aumenta la posibilidad de corrosión. Los valores extremos de pH ya sean altos o bajos limitan la existencia de vida biológica.

- **Alcalinidad:** La alcalinidad en el agua representa su habilidad para neutralizar ácidos. Las principales fuentes de alcalinidad en las aguas naturales son el ion hidróxido, ion carbonato y el ion bicarbonato. Otros iones como fosfatos, boratos o iones silicatos están presentes en concentraciones muy bajas y por lo tanto no afectan la alcalinidad.

La alcalinidad se divide en alcalinidad P y M. La alcalinidad P es una medida del número de equivalentes ácidos requeridos para bajar el pH del agua a aproximadamente 8.3 y la alcalinidad M para bajar el pH a aproximadamente 4.5.

- **Distribución del tamaño de partículas:** El conocimiento de la distribución del tamaño de partículas puede ser muy útil en la determinación de la selección para la filtración y el filtro.

- **Cationes**

- **Calcio:** El ion calcio es uno de los principales contaminantes de las aguas de los campos petroleros y puede presentarse en cantidades tan altas como 30000 mg/l . El ion calcio es de gran importancia debido a que fácilmente combina con los iones sulfatos y carbonatos produciendo incrustaciones de carbonato de calcio CaCO_3 y sulfato de calcio CaSO_4 . También forma sólidos suspendidos.

- **Magnesio:** El ion magnesio usualmente está presente en concentraciones más bajas que el calcio. Sin embargo, el problema resultante es el mismo que con el calcio.
- **Sodio:** Es el mayor constituyentes de las aguas de los campos, pero normalmente no causa ningún problema, con la única excepción de la precipitación de NaCl desde salmueras extremadamente saladas.
- **Hierro:** Su presencia en las aguas de inyección indica por lo general corrosión. El hierro puede estar presente en solución como ion férrico (Fe^{+}) o ion ferroso (Fe^{++}) o en suspensión como un compuesto de hierro precipitado. El conteo de hierro se usa frecuentemente para controlar y monitorear la corrosión, los óxidos forman recubrimientos adherentes y pueden causar fallas en la tubería debido al sobrecalentamiento y deformación cáusticas. Es importante resaltar que el contenido normal de hierro en aguas de formación es bastante bajo.
- **Bario:** Al combinarse con el ion sulfato forman el sulfato de Bario $BaSO_4$, el cual es extremadamente insoluble y genera graves problemas por la dificultad de ser removido.
- **Estroncio:** El ion estroncio puede combinarse con el ion sulfato para formar sulfato de estroncio insoluble; aunque es más soluble que el del bario. Generalmente se encuentra mezclado en las incrustaciones con sulfato de Bario.

Aniones

- **Cloro:** El ion cloruro es el principal constituyente de las aguas de los campos petroleros y las aguas frescas. La

mayor fuente de los iones cloruros es el NaCl, por lo tanto este ion es utilizado para medir la salinidad del agua según su concentración se puede clasificar de la siguiente manera:

Agua dulce	:	0 - 2000 ppm
Agua salobre	:	2000 - 5000 ppm
Agua salada	:	5000 - 40000 ppm
Salmuera	:	> 40000 ppm

El principal problema asociado con el ion cloruro es el incremento de la corrosividad a medida que la concentración de este ion aumenta.

- **Carbonatos y bicarbonatos:** estos iones son importantes debido a que pueden formar incrustaciones insolubles. La concentración de ion carbonato es conocida como alcalinidad P y la concentración de bicarbonato como alcalinidad M.
- **Sulfato:** El ion sulfato es un problema porque tiene habilidad para reaccionar con el calcio, bario y estroncio para formar sólidos insolubles.
- **Fenoles:** Son compuestos aromáticos presentes en aguas residuales de la industria del petróleo, del carbón, plantas químicas, entre otros. Los fenoles causan problemas de sabores en aguas de consumo tratadas con cloro; en aguas residuales se consideran no biodegradables, pero se ha demostrado que son tolerables concentraciones hasta 500 mg/L. Tienen una alta demanda de oxígeno.
- **Demanda bioquímica de oxígeno:** Es una medida de la cantidad de oxígeno requerida por los microorganismos para la oxidación bioquímica de la materia orgánica presente en el agua. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es el parámetro de polución orgánica más utilizado y

aplicable a las aguas de producción, que supone la cantidad de oxígeno consumida por los microorganismos a condiciones de incubación, durante un lapso dado para alcanzar la oxidación biodegradable presente en el agua. Los datos de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) se utilizan para dimensionar las estaciones de tratamiento y medir el rendimiento de algunos de estos procesos de tratamiento, evaluándose a la vez la velocidad a la que se requiera el oxígeno.

- **Demanda química de oxígeno (DQO):** Corresponde a la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica y otras sustancias reductoras presentes en el agua. Su valor es más alto que la DBO, pero es correlacionable para un mismo sistema.
- **Aceites:** Los efectos biológicos de los hidrocarburos por sus propiedades físicas generan contaminación física y sofocación, y por sus componentes químicos, efectos tóxicos e impregnación. Las aguas aceitosas deterioran la vegetación, en especial la de los pantanos, ciénagas y manglares ya sea por obstrucción de las raíces o por cambios en el equilibrio de sales.

1.2 SÓLIDOS Y ACEITES EN EL AGUA⁵

El agua asociada transporta consigo impurezas tales como: materiales sólidos en suspensión, gotas de aceite dispersas en la fase agua y sólidos humedecidos con petróleo. Muchas de las aguas de producción y/o inyección poseen sólidos suspendidos que están en el rango de 0.01 micrones a 100 micrones. Los sólidos suspendidos básicamente pueden estar compuestos por: finos de formación, limos, arcillas, productos de corrosión, scale, sludge formados por las bacterias, cuerpos de bacterias muertas, etc. Algunos de los más importantes son:

⁵ Programa de capacitación personal de producción Modulo 2: Circuito del agua. PERENCO COLOMBIA LTD.2000.

Oxido de hierro: Son dos las fuentes de óxido de hierro encontradas en las operaciones de producción: por producción natural y por precipitación de hierro (ferroso). El oxido de hierro que se produce naturalmente no es muy común.

Sulfuro de hierro: Es un sólido bastante taponante, muchas veces producto de la corrosión del H₂S con el hierro disuelto en el agua o con el hierro de las estructuras de acero.

Arena y limo: Son encontrados en más del 90% de las aguas tratadas en los campos petroleros. La cantidad en la cual ocurren es variada y frecuentemente son tan altas como 50-60 % del total de los sólidos contenidos en el agua. El tamaño de estas partículas se encuentra en el rango de 7 hasta 150 micras. Muchos equipos de superficie excluidos los filtros remueven partículas de 50 micras o más grandes. Partículas de este rango estarán normalmente impregnadas con aceite y tienden a permanecer en suspensión debido a las velocidades de flujo o turbulencia en el sistema. El uso de surfactantes aumenta el remojo del agua de estas partículas y facilita su asentamiento.

Para tratar el agua y eliminar las impurezas que ella transporta, en la industria del petróleo, se hace uso de una serie de equipos de superficie, entre los cuales podemos enunciar: el oil skimmer, la IGF, el skim tank, los filtros entre otros. La forma de funcionamiento de estos equipos involucran mecanismos físicos tales como: la decantación (tiempo de retención), la flotación por medio de la inyección de gas, la filtración, etc. Adicionalmente la eficiencia de las vasijas para tratar aguas puede ser mejorada con la inyección de productos químicos que actúen como rompedores de emulsión y / o clarificadores de agua.

1.2.1 Problemas ocasionados por los sólidos suspendidos y el aceite en agua⁶:

A continuación se enunciarán algunos de los principales problemas ocasionados por los sólidos suspendidos y el aceite disperso en las aguas manejadas.

- Incremento de la presión de inyección y disminución de las ratas de inyección ocasionada por el taponamiento de la cara de la formación.
- Cierres definitivos o parciales de los pozos inyectoros debido a daños severos en la formación.
- Necesidad de perforar o acondicionar nuevos pozos inyectoros para mantener los volúmenes de agua inyectada.
- Pérdidas de producción ocasionadas por el cierre de pozos productores con alto BSW debido a la imposibilidad de disponer del agua asociada al crudo.
- Excesivos costos en el tratamiento químico del agua asociada a la producción ya sea para inyectarla y/o verterla al medio ambiente.
- Aumento del costo por barril de agua utilizada de otras fuentes cuando las mismas contienen elevadas cantidades del Total de sólidos suspendidos (TSS).
- Desgaste excesivo de las piezas de las bombas de inyección de agua ya sea por abrasión de los sólidos o por sobre-esfuerzos cuando la presión de inyección se incrementa.
- Incremento de los costos operacionales por consumo de combustible y/o energía de los motores de las bombas, ocasionados por el trabajo extra que deben realizar los mismos para inyectar el agua cuando la presión del pozo aumenta.
- Cuando un agua está demasiado emulsionada, esta puede llegar a transportar grandes cantidades de crudo, conllevando a pérdidas de aceite.

⁶ Programa de capacitación personal de producción Modulo 2: Circuito del agua. PERENCO COLOMBIA LTD.2000.

- Disminución de los tiempos entre retrolavados de los filtros, para lograr mantener la calidad del agua en 2 ppm de aceite en agua y 2 ppm del Total de sólidos suspendidos (TSS).
- Aumento de los tiempos de retrolavado de los filtros para lograr una buena limpieza de los mismos. Implementación del uso de varsol y/o jabones para descontaminar los medios filtrantes de los trenes de filtración.
- Perturbación de la calidad del tratamiento del crudo ocasionado por :
 - Acumulación de grumos en las interfases de las facilidades de producción.
 - Recuperación excesiva de crudo en los desnates de las vasijas de tratamiento de agua, lo que ocasiona agitación en la entrada de los fluidos a los equipos.
 - Acumulación de sólidos (óxido de hierro y sulfuro de hierro) en la interfase agua-aceite lo que obstruye la normal separación de las fases y el funcionamiento de los rompedores.
- Problemas en la calidad del agua inyectada y vertida al medio ambiente.
- Disminución en la capacidad y en el tiempo de retención de las facilidades de producción debido a la progresiva acumulación de arena en el interior de las mismas.

1.3 NORMATIVIDAD VIGENTE SOBRE VERTIMIENTOS

La planeación ambiental es el conjunto de lineamientos básicos que deben considerarse en una actividad productiva con el objeto de que se enmarque en la conservación del entorno natural, la eficiente utilización de los recursos, el aumento en la productividad y el cumplimiento de la normatividad ambiental.

En la actualidad la legislación ambiental colombiana ha obligado a las empresas petroleras a disponer de la manera más ecológica posible el agua

asociada con la producción, ya sea que ésta se encuentre en grandes o pequeñas cantidades. Estas normas se encuentran expuestas en el decreto 1594 de 1984 - Usos del agua y residuos líquidos.

Para los efectos de este decreto se tendrá en cuenta los siguientes usos del agua para disposición final de ésta, sin que su enunciado indique orden de prioridad:

- a) Consumo humano y doméstico
- b) Preservación de flora y fauna
- c) Agrícola
- d) Pecuario
- e) Recreativo
- f) Industrial
- g) Transporte

En el capítulo IV se encuentran expuestos los criterios de calidad permitidos para destinación de cada recurso. Art 37- Art 50.

Las normas de vertimiento serán fijadas teniendo en cuenta los criterios de calidad establecidos para el uso o los usos asignados al recurso.

Las condiciones mínimas para vertimiento de aguas residuales se encuentran expuestas en el decreto 1594 de 1984, en el artículo 72, para lo cual se establece:

DE LAS NORMAS DE VERTIMIENTO

Tabla 1: Condiciones mínimas para vertimiento de aguas residuales

Referencia	Usuario existente	Usuario nuevo
pH	5-9 unidades	5-9 unidades
Temperatura	< 40 °C	< 40 °C
Material flotante	Ausente	Ausente
Grasas y aceites	Remoción > 80% en carga	Remoción > 80% en carga
Sólidos suspendidos	Remoción > 50% en carga	Remoción > 80% en carga
Demanda bioquímica de O ₂ :		
Para desechos domésticos	Remoción > 30% en carga	Remoción > 80% en carga
Para desechos industriales	Remoción > 20% en carga	Remoción > 80% en carga

Fuente: Tomado del decreto 1594 de 1984, Art 72

Entiéndase por usuario nuevo aquel cuya actividad se inicie después de la fecha de entrada de vigencia del presente Decreto (Artículo 8).

El artículo 74 de este mismo decreto establece las concentraciones para el control de la carga de las sustancias de interés sanitario, las cuales son:

Tabla 2: Concentraciones para el control de la carga.

Sustancia	Expresada como	Concentración mg/L
Arsenico	As	0.5
Bario	Ba	5.0
Cadmio	Cd	0.1
Cobre	Cu	3.0
Cromo	Cr ⁺⁶	0.5
Compuestos Fenolicos	Fenol	0.2
Mercurio	Hg	0.02
Niquel	Ni	2.0
Plata	Ag	0.5
Plomo	Pb	0.5
Selenio	Se	0.5
Cianuro	CN-	1.0
Difenil policlorados	Concentración de	No detectable

	Agente activo	
Mercurio orgánico	Hg	No detectable
Tricloroetileno	Tricloroetileno	1.0
Cloroformo	Extracto carbón Cloroformo (ECC)	1.0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	1.0
Dicloroetileno	Dicloroetileno	1.0
Sulfuro de carbono	Sulfuro de Carbono	1.0
Otros compuestos organoclorados cada variedad	Concentración de agente activo	0.05
Compuestos organofosforados cada variedad	Concentración de agente activo	0.1
Carbamatos		0.1

Fuente: Tomado del decreto 1594 de 1984, Art 74

El Ministerio de Salud también establece mediante este decreto los procedimientos adecuados para la toma y posterior análisis de las muestras, estos son:

Tabla 3: Procedimientos adecuados para la toma de muestras

Parámetro	Método
Grasas y aceites	Extracción Soxhlet
Sólidos Sedimentables	Cono Imhoff
Sólidos suspendidos	Filtración Crisol Gooch
DBO	Incubación
DQO	Reflujo con dicromato
Ph	Potenciométrico
Cloruros	Argentométrico

Fuente: Tomado del decreto 1594 de 1984

De acuerdo con su caracterización, todo vertimiento además de las disposiciones del presente decreto deberá cumplir con las normas de

vertimiento que establezca la EMAR (entidad encargada de la administración y el manejo del recurso).

En cuanto al contenido de aceites presente en el agua de descarga podría tomarse entre 30 y 50 ppm de aceite para lograr reducir los problemas ambientales que implica el vertimiento en sistemas de agua dulce.

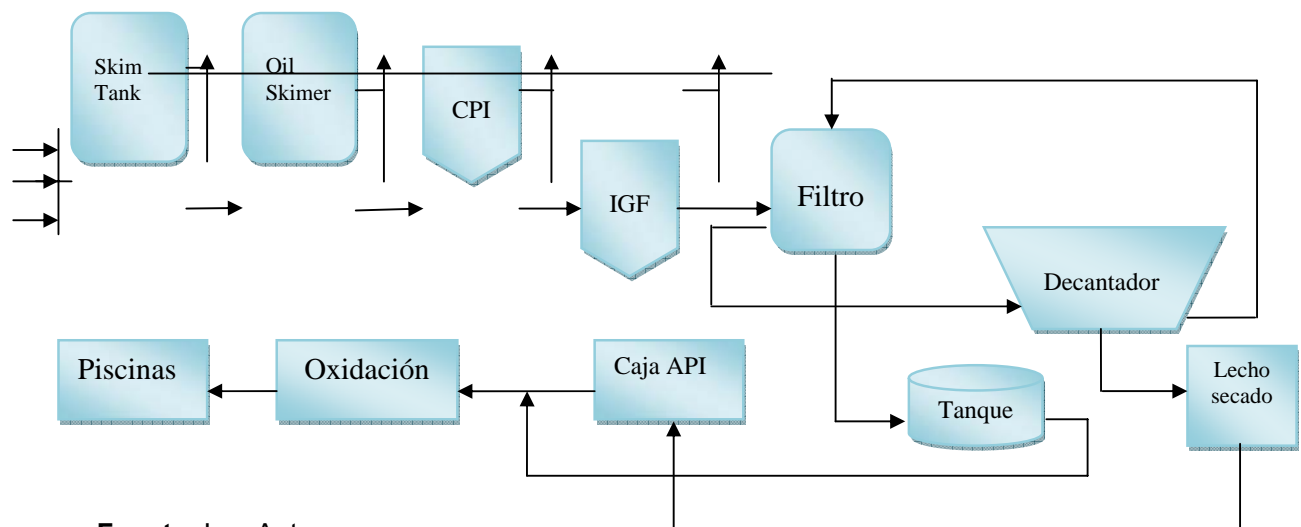
2. PRINCIPIOS SOBRE EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

En operaciones de producción, con frecuencia es necesario utilizar equipos tratadores de agua, donde se relaciona el agua producida con el crudo, el agua de lluvia y el agua de lavado. El agua se debe manejar eficientemente para garantizar que no viole los criterios sobre control ambiental.

El agua producida requiere con frecuencia un tratamiento primario antes de su eliminación. Este tratamiento puede constar de un tanque desnatador, recipiente desnatador, interruptor de platos corrugados (CPI), o un separador de flujo transversal. Todos estos equipos emplean técnicas de separación gravitacional.

Si con el anterior tratamiento no se obtiene la calidad de agua deseada se debe hacer un tratamiento secundario utilizando una unidad de flotación. En actividades costa afuera la eliminación se realiza por medio de una pila desnatadora. El agua después de haber sido tratada se podrá reinyectar, evaporar o enviar a caños o ríos.

Figura 1. Esquema general de tratamiento de aguas residuales y de producción



Fuente: Las Autoras

2.1 PRINCIPIOS DE SEPARACIÓN

Una de las principales funciones de los equipos tratadores de agua es separar las gotas de aceite que están sujetas a una dispersión durante el recorrido ascendente en el pozo, a través de los estranguladores en superficie, líneas de flujo, válvulas de control y equipos procesadores.

En el instante de colocar una alta cantidad de energía dentro del sistema, las gotas se dispersan en pequeños tamaños. Cuando la energía impuesta es baja, las pequeñas gotas colisionan y coalescen.

Para separar las gotas de aceite se usan varios procesos dentro de los cuales encontramos los siguientes:

2.1.1 Separación por Gravedad

Las gotas de aceite se separan por diferencia de densidades. Viajan a la superficie del agua y se acumulan formando una nata que posteriormente se retirará. Entre mayor sea el tamaño de la gota de aceite, esta ascenderá con mayor velocidad, lo que significa que el aceite se podrá retirar en menor tiempo. Entre más alta sea la temperatura, más baja es la viscosidad del agua y de esta manera es más grande la velocidad vertical; por ende es más fácil tratar el agua.

$$V_o = 1.78 \cdot 10^6 (\Delta SG) \cdot (dm^2) / \mu_w \quad \text{Ec- 1}$$

„Ley de Stock”

Donde:

V_o , Velocidad final de ascenso (ft/seg)

ΔSG , Diferencia de gravedades específicas

dm , Diámetro gota de aceite (μm)

μ_w , Viscosidad del agua (cp)

2.1.2 Dispersión

Una gota de aceite llega a ser inestable u oscilante cuando la energía cinética es suficiente para compensar la diferencia en la energía superficial entre una sola gota y las dos más pequeñas formadas a partir de ella. Al mismo tiempo las gotas más pequeñas se juntan presentándose la coalescencia. Entre más grande sea la caída de presión y las fuerzas de cizallamiento que el fluido experimenta en un periodo de tiempo mientras fluye, más pequeño es el diámetro máximo de la gota de aceite.

$$d_{\max} = 432*(Tr/\Delta P)^{2/5}(\sigma/\rho_w)^{3/5} \quad \text{Ec- 2}$$

Donde:

d_{\max} , Diámetro máximo gota de aceite para el cual el agua puede contener un 5% en volumen de aceite (μm)

σ , Tensión superficial (dinas/cm^2),

ρ_w , Densidad del agua (g/cm^3)

ΔP , Perdida de presión (psia)

Tr , Tiempo de retención (min)

Entre mayor sea la caída de presión, y el esfuerzo cortante que el fluido experimente en el periodo de tiempo dado mientras fluye a través de los tratadores, menor será el diámetro máximo de la gota de aceite. Esto quiere decir que la mayor caída de presión ocurrida en una pequeña distancia a través del estrangulador, válvulas de control, desarenadores etc. da como resultado gotas más pequeñas; sin embargo, aún cuando ocurran grandes pérdidas de presión todas las gotas mayores que el diámetro máximo pueden dispersarse instantáneamente.

2.1.3 Coalescencia

Es la unión de pequeñas gotas para formar gotas de mayor tamaño. A mayor tiempo de retención mayor coalescencia, y por tanto más eficiente es el tratamiento al agua.

2.1.4 Flotación

Este proceso mejora la separación de las gotas de aceite de la fase continua. Este objetivo es alcanzado por el incremento de la diferencia entre la densidad de los dos fluidos al juntar las burbujas de gas con las de aceite. Este proceso disminuye el proceso de retención en los equipos.

2.1.5 Floculación

La floculación es un proceso químico mediante el cual, con la adición de sustancias denominadas floculantes, se aglutina las sustancias coloidales presentes en el agua, facilitando de esta forma su decantación y posterior filtrado.

Los compuestos que pueden estar presentes en el agua pueden ser:

- Sólidos en suspensión;
- Partículas coloidales (menos de 1 micra),
- Sustancias disueltas

El proceso de floculación es precedido por la coagulación, por eso muchas veces se habla de los procesos de coagulación-floculación. Estos facilitan la retirada de las sustancias en suspensión y de las partículas coloidales.

- La floculación es la aglomeración de partículas desestabilizadas en microfloculos y después en los floculos más grandes que tienden a depositarse en el fondo de los recipientes construidos para este fin, denominados sedimentadores.

Los factores que pueden promover la coagulación-floculación son el gradiente de la velocidad, el tiempo y el [pH](#). El tiempo y el gradiente de velocidad son importantes al aumentar la probabilidad de que las partículas se unan y da más tiempo para que las partículas desciendan, por efecto de la gravedad, y así se acumulen en el fondo. Por otra parte el pH es un factor prominente en acción desestabilizadora de las sustancias coagulantes y floculantes.

2.1.6 Coagulación

La coagulación es la desestabilización de las partículas coloidales causadas por la adición de un reactivo químico llamado **coagulante** el cual, neutralizando sus cargas electrostáticas, hace que las partículas tiendan a unirse entre sí y la sustancia que se coagula vaya al fondo para su posterior retiro..

2.2 TIPOS DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA

Los dos tipos de sistemas conocidos en la industria petrolera son los descritos a continuación:

- **SISTEMAS CERRADOS:** Se conocen como sistemas cerrados los diseñado para evitar el contacto del agua con el oxígeno. La finalidad de este sistema es minimizar la captación de oxígeno que se disuelve en el agua y así evitar la oxidación de minerales como el hierro.
- **SISTEMAS ABIERTOS:** En un sistema abierto no se excluye el oxígeno y por el contrario se busca airear el agua con el propósito de remover H₂S y/o CO₂, y se adicionan químicos para mantener los remanentes de oxígeno en estado de equilibrio.

2.3 EQUIPOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA

A continuación se enuncian los equipos principales usados en el tratamiento de aguas residuales:

2.3.1 Tanque desnatador o Skim Tank

El equipo más simple de tratamiento primario es un tanque desnatador. Estas unidades, que pueden ser a presión o atmosféricas, son diseñadas para proporcionar un alto tiempo de retención durante el cual pueda ocurrir la coalescencia y la separación gravitacional.

Figura 2. Tanque desnatador o Skim Tank



Fuente: Ecopetrol S.A

Los desnatadores pueden ser horizontales o verticales. En los verticales las gotas de aceite deben ascender en sentido contrario al flujo de agua que es descendente; algunos desnatadores verticales poseen propagadores en la entrada y colectores en la salida para ayudar a la distribución de flujo uniforme. Ver Figura 3.

El flujo entra y pasa a un tubo que lo dirige hacia abajo permitiendo que se liberen pequeñas cantidades de gas. La entrada inferior dirige el flujo a través de la capa de aceite a un sistema propagador para permitir que el agua continúe su flujo hacia abajo con la velocidad uniforme sobre toda la sección del área transversal en el tanque. En esta zona tranquila, entre el propagador y el colector de agua, puede ocurrir algo de coalescencia y la boyanza de las

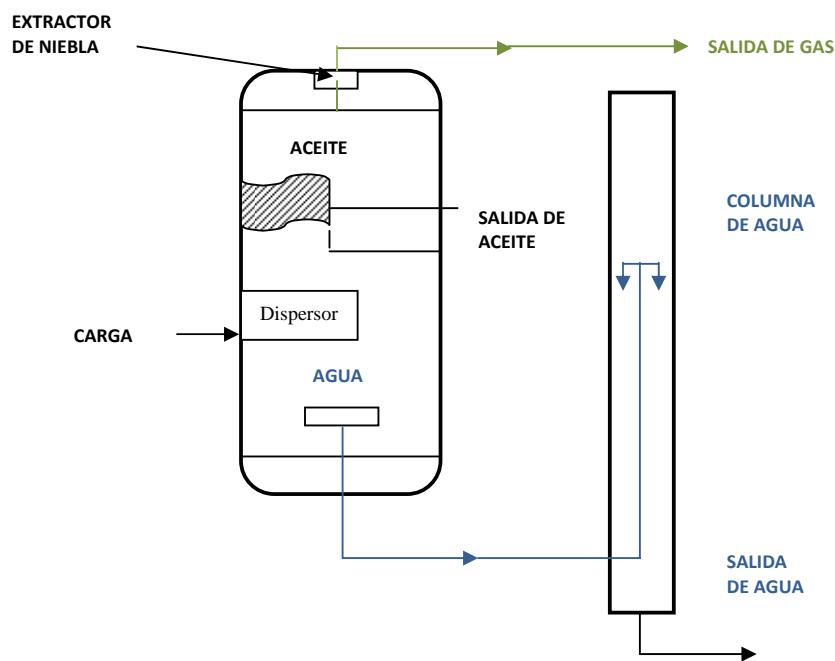
gotas de aceite causará que estas asciendan contra el flujo del agua. El aceite que se encuentra en la superficie se retira y se recoge en colectores.

El espesor de la capa de aceite depende de la altura relativa del vertedero de aceite y de la columna de agua, y sobre todo de la diferencia en gravedad específica de los dos líquidos. A menudo se usa un control de nivel de interfase en lugar de la columna de agua.

El tiempo que tarda una partícula de agua desde que entra al skim tank y viaja hacia abajo para luego salir de éste se llama tiempo de retención. El tiempo de retención del tanque está calculado para que las partículas de grasas y aceites se desprendan del flujo de agua. En la parte superior y alrededor del tanque existe una caja dentada sobre la cual se desnata la capa de grasas y aceites que se han separado del agua; estas grasas y aceites son recogidas en una caja superior en donde posteriormente son conducidas a una bota que posee una bomba, y el aceite retorna al sistema de tratamiento de crudo, o en algunos casos donde no existe esta bota, el agua simplemente viaja hacia la caja API por gravedad.

A continuación se detalla el camino seguido por los fluidos al interior de un Tanque desnatador o Skim Tank vertical.

Figura 3. Tanque desnatador o Skim Tank Vertical



Fuente: Modificado Kenn Arnold, Surface Production Operations, Volúmen 1

El fluido entra por un costado del tanque cerca de la parte superior del mismo; posteriormente el tubo que conduce el fluido llega hasta el centro del tanque y baja verticalmente hasta cerca del fondo en donde se derivan ciertos cabezales radiales (tubos de 4") perpendiculares al tubo central, que permiten que el agua salga por unas perforaciones difusoras.

El petróleo y el agua al salir de las perforaciones se difunden, lográndose la separación al coalescer en gotas más grandes de menor gravedad que las gotas de agua. Los fluidos, agua y petróleo, pasan a la zona de reposo o coalescencia. El petróleo asciende y flota sobre el agua formando la nata, la cual rebosa a la caja recolectora de aceite y posteriormente por gravedad es enviada a la caja API. El agua limpia sale por la parte inferior del skim tank y es succionada por bombas centrífugas que alimentan a los filtros.

En un desnatador horizontal, Ver Figura 4, las gotas de aceite suben perpendicularmente al flujo de agua. El flujo fluye a través de una entrada inferior para permitir la separación del gas y llevar el flujo bajo la capa de

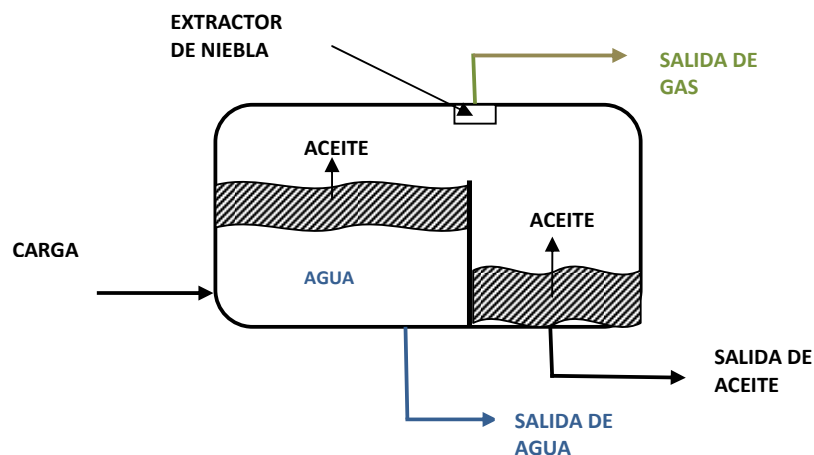
aceite. El agua entonces se revuelve y fluye horizontalmente a lo largo del tanque. Se pueden instalar “baffles” para restringir el flujo. En esta sección del tanque las gotas de aceite coalescen y ascienden luego a la superficie donde son capturadas, agrupadas y posteriormente desnatadas sobre el vertedero de aceite. La altura de la espuma de aceite puede ser controlada por un control de interfase.

Los tanques horizontales son más eficientes para el tratamiento de agua porque las gotas de aceite no tienen que fluir contra la corriente de flujo del agua. Sin embargo los verticales se usan donde se presente lo siguiente:

- ❖ Donde se necesita manejar arena y sólidos: Esto puede hacerse en tanques verticales con desagües o drenajes de arena en el fondo del mismo; sin embargo, estos drenajes en tanques horizontales no han sido satisfactorios.
- ❖ Donde se experimenta movimiento de líquidos: Las cámaras verticales son menos susceptibles a que se produzcan cierres en los niveles altos debido al movimiento de líquidos. Las olas y ondas internas que surgen en los tanques horizontales pueden dispersarse e igualar el nivel flotante, aunque el volumen de líquido entre en nivel de operación normal y el nivel alto de cierre sea igual o mayor que el de un tanque vertical.

A continuación se detalla el camino seguido por los fluidos al interior de un Tanque desnatador o Skim Tank horizontal.

Figura 4. Tanque desnatador o Skim Tank Horizontal



Fuente: Modificado Kenn Arnold, Surface Production Operations, Volúmen 1

Inicialmente el flujo entra a una bota de gas que sirve para hacer una separación previa del gas y el fluido; esta bota permite el ascenso de las burbujas de gas fuera de la corriente de flujo y conduce el gas separado al tope del skim tank.

Posteriormente el flujo entra a un tubo que se dirige hacia el centro del tanque y luego sube verticalmente. Este tubo presenta unas ranuras situadas por debajo de la primera sombrilla. Las ranuras se emplean a manera de baffle ranurado, y su función es la distribuir el agua adecuadamente dentro del skim tank.

Las gotas de aceite se unen y tratan de buscar la parte superior de la sombrilla inferior acumulándose en el tope de la misma, la cual posee un tubo que permite el ascenso del crudo atrapado hacia la caja de aceite ubicada en el tope del skim tank. El aceite que no alcanza ser atrapado en la sombrilla inferior traspasa la misma por un costado y entra a una sección de asentamiento entre la sombrilla superior y la sombrilla inferior. Las gotas de aceite que lograron unirse ascienden hacia el tope de la sombrilla superior y por intermedio de un tubo son transportadas hacia la caja de aceite.

Finalmente, el aceite que no fue atrapado en la sombrilla superior pasa por un costado de la misma y trata de formar una nata en la parte superior del skim tank la cual rebosa a la caja de aceite. El crudo acumulado en la caja de aceite posteriormente pasa a una bota la cual posee una bomba que evacua el aceite hacia algún equipo del sistema de tratamiento de aceite. Esta bomba se enciende cuando el nivel de crudo acumulado en la bota activa el swiche de alto nivel, y se apaga cuando el nivel de crudo desciende y activa el swiche de bajo nivel.

El agua tiende a asentarse en la parte inferior del tanque y sale a través de un tubo que tiene perforaciones. El agua que entra al tubo perforado es succionada por unas bombas centrífugas las cuales alimentan los filtros.

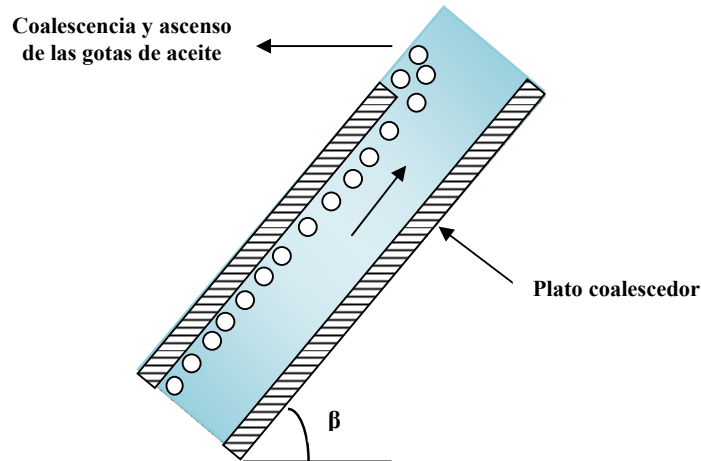
2.3.2 Platinas Coalescedoras.

Son placas disponibles en módulos que se pueden adaptar generalmente a un separador convencional sin modificaciones estructurales importantes. Se debe tener un equipo mecánico de remoción de sedimentos, ya que la remoción manual de estos puede requerir el retiro del paquete de placas y por lo tanto no sería eficiente.

La instalación de módulos de placas puede mejorar el funcionamiento de dos maneras:

- a. Proporcionan un aumento en el área superficial horizontal del separador.
- b. Crean una distribución más uniforme, características de flujo menos turbulento, proporcionando condiciones más favorables para la separación del aceite libre.

Figura 5. Plato Coalescedor



Fuente: Modificado Kenn Arnold, Surface Production Operations, Volúmen 1

El espaciamiento entre platos y el ángulo de la placa son críticos para el apropiado funcionamiento del paquete de placas.

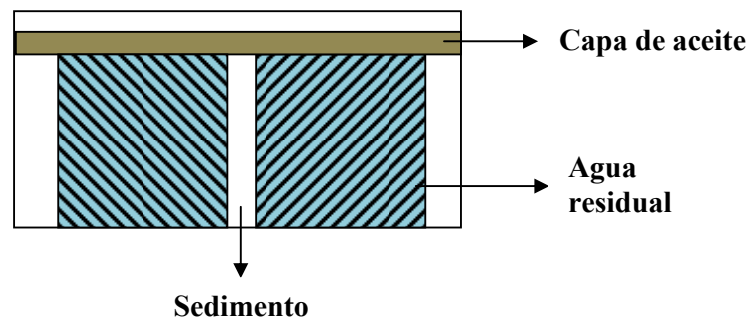
El Oil Skimmer cuenta con unas características de diseño específicas, y con un espacio que puede ser aprovechado para permitir el empleo de baffles o placas que aumentan el área de contacto con el fluido en un espacio relativamente pequeño, que al colocarlas en serie, paralelas, separadas a una corta distancia entre sí, e inclinadas respecto a la horizontal en forma de un paquete, permiten aumentar la frecuencia de colisión entre partículas, aglutinándose en partículas de mayor tamaño, fáciles de capturar, coalescer y posteriormente remover de la superficie.

De este tipo de equipos se han diseñado varias configuraciones. Entre los más comunes se encuentran: los interceptores de platos paralelos (PPI), interceptor de platos corrugados (CPI) y separadores de flujo transversal. Estos equipos se basan en la separación gravitacional para permitir que las gotas de aceite suban a la superficie del plato donde ocurre la coalescencia y captura. Para facilitar la captura de las partículas de aceite, los platos van inclinados.

2.3.2.1 Interceptor de placas paralelas

Consiste en un grupo de platos lisos espaciados paralelamente entre si y a la longitud axial de un separador API o de un Desnatador de aceite u Oil Skimmer; se ubican allí con el fin de que las gotas de aceite suban por la superficie del plato y coalescan. Si el flujo es perpendicular al eje, los platos forman una “V” de manera que la película de aceite migra a la parte superior del plato coalescente y por los lados. Los sedimentos van al centro y se depositan en el fondo del separador y de allí son luego removidos.

Figura 6. Esquema de un Interceptor de placas paralelas (PPI) en un Separador API



Fuente: Modificado Kenn Arnold, Surface Production Operations, Volúmen 1

Los separadores de placas paralelas son teóricamente capaces de remover partículas mas pequeñas de aceite libre que los separadores de aceite convencionales, pero ellos todavía no pueden remover los aceites emulsionados o disueltos.

2.3.2.2 Interceptor de placas corrugadas (CPI)

Es la unidad más comúnmente usada en “off shore” para el tratamiento de aguas residuales, y por lo general, la más eficiente cuando no se requiere trabajar a presión por posibles problemas de arrastre de gas, además que representa un refinamiento del interceptor de platinas pero que ocupa menos

espacio para remover el mismo tamaño de partícula. Tiene el beneficio de hacer más fácil el manejo de sedimentos.

El eje de las corrugaciones, similares a un tejado, es paralelo a la dirección de flujo, con una inclinación estándar de 45° por donde el agua es forzada a fluir hacia abajo y así poder remover las partículas de aceite presentes en el agua. Las gotas de aceite ascienden en sentido contrario al flujo de agua y se concentran en el tope de cada corrugación formando una capa en la superficie. Cuando el aceite alcanza el último paquete de platos se recoge en un canal y se lleva a la interface agua-aceite.

Experimentalmente se ha observado que la arena humedecida con aceite se adhiere a la platina cuando tiene una inclinación de 45°, por lo tanto tiende a taponarse. Para esta situación en particular, es recomendado aumentar el ángulo de inclinación desde 45° hasta 60°, según las especificaciones⁴.

Figura 7. Interceptor de placas corrugadas (CPI)



Fuente: Tomado de New Gas & Oil Company

En áreas donde puede anticiparse producción de arena o sedimentos, es mejor removerla antes de llegar a la caja CPI. Debido a que el régimen laminar debe

⁴AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. Monographs on Refinery Environmental Control, Management of Water Discharges. API 421.

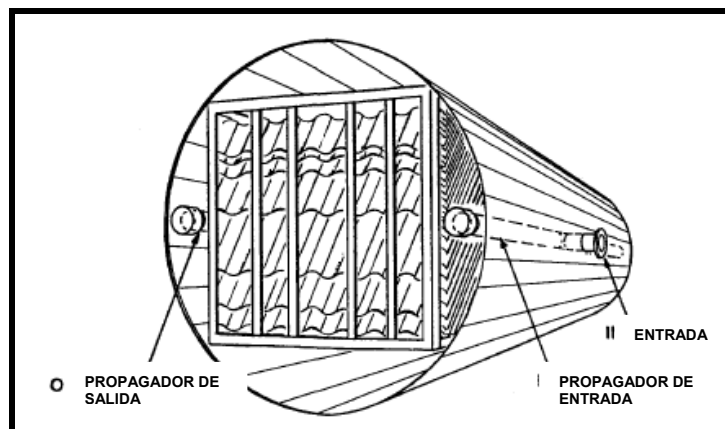
mantenerse en el proceso y además pueden producir una obstrucción entre los platos al sedimentarse.

2.3.2.3 Separador de flujo transversal

Consiste en un mecanismo de platos corrugados donde el flujo de agua es horizontal y perpendicular al eje de las ondulaciones del plato, lo que permite su instalación en ángulos mayores a 45° , facilitando la remoción de sedimento y el empaquetamiento de platos a la presión del equipo. Se puede instalar en tanques horizontales o verticales.

Aunque los interceptores de placas corrugadas son más económicos y eficientes, se recomienda el uso de separadores de flujo transversal cuando se requieren equipos a presión y hay presente mucho sedimento. Necesitan propagadores y colectores para distribuir uniformemente el flujo de agua en los platos. Se aplican para la separación de gotas de diámetro mayor a $30\ \mu\text{m}$. En tanques horizontales se fija un menor ángulo de inclinación, dado que la distancia que recorre la partícula de aceite desde el fondo hasta la superficie es menor comparada con un Tanque desnatador vertical.

Figura 8: Separador de flujo transversal



Fuente: Tomado Kenn Arnold, Surface Production Operations, Volumen 1

2.3.3 Unidades de Flotación Inducida por gas (IGF)

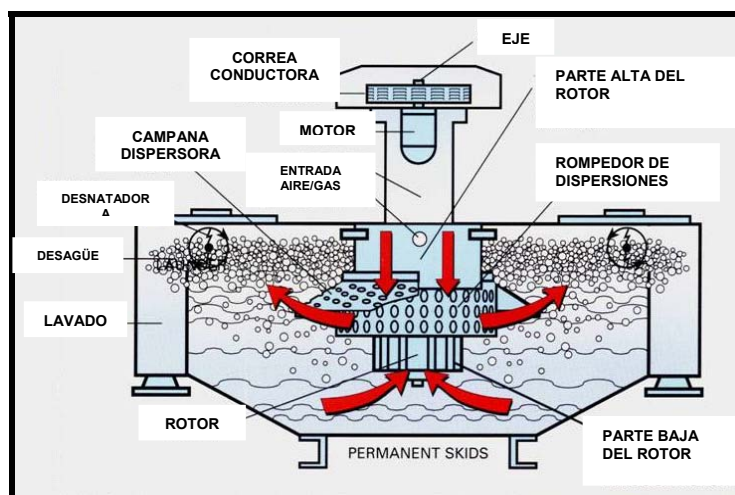
Estas unidades son los únicos equipos de tratamiento de agua residual cuyo principio de separación se fundamenta en el arrastre por gas de las partículas de aceite, aunque también ocurre la separación gravitacional, pero en menor proporción. Las unidades de flotación emplean un proceso en el cual pequeñas burbujas de gas son generadas y dispersadas en el agua, donde hacen contacto con las gotas de aceite y partículas sólidas. Las burbujas de gas incrementan la diferencia de densidades y ayudan a las gotas de aceite a ascender rápidamente a superficie para su posterior recolección. Coagulantes, polielectrolitos, o desmenuzantes son agregados para optimizar el funcionamiento del equipo.

Se pueden encontrar dos clases de unidades de flotación diferenciándose por el método de producción de burbujas de gas en el agua residual, tales como:

- Unidades de flotación por gas disuelto
- Unidades de flotación por gas disperso
-

Cabe resaltar que las unidades de flotación son sistemas de tratamiento secundario.

Figura 9. Unidad de flotación inducida por gas (IGF)



Fuente: www.environmental-expert.com

La separación ocurre cuando la gota de petróleo se junta con una burbuja de gas dando lugar a la formación de espuma sobre la superficie del líquido. La espuma se disuelve y permite la recuperación de aceite por despumación.

La unidad consta de un tanque separado internamente por celdas. Son cuatro cámaras de flotación y dos bandejas laterales colectoras de natas. Cada cámara de flotación tiene un rotor/dispersador acoplado a su propio motor. El agua sucia entra a la unidad y recorre todas las celdas de flotación antes de salir limpia.

Cada mecanismo rotor/dispersador tiene su propio eje sobre-dimensionado de una sola pieza y un rotor robusto. La rotación del rotor produce un remolino que aspira aire de la superficie del líquido, forzándolo junto con éste hacia el dispersador. Esto genera pequeñas burbujas que se esparcen por toda la celda.

Las pequeñas burbujas tienden a flotar arrastrando petróleo y sólidos, formando una especie de nata que es removida por medio de paletas a ambos lados de cada cámara. La nata baja por las bandejas laterales fuera de la unidad.

Como se mencionó anteriormente, la separación ocurre por flotación. Las gotas de aceite y las partículas de sólidos tienden a adherirse de las burbujas de aire, por lo que suben a la superficie para formar espuma que es removida mecánicamente.

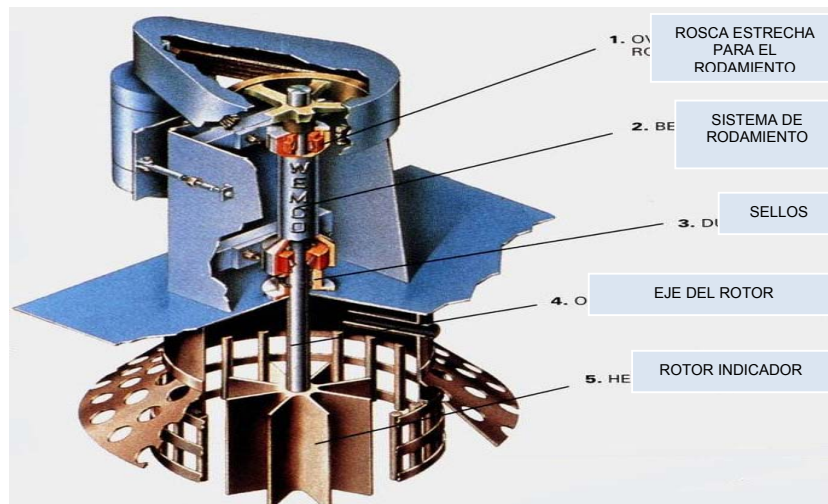
Los diseños de gas disuelto toman una porción de agua tratada y la saturan con gas natural o aire en una contactora. A mayor presión, más cantidad de gas puede ser disuelto en el agua. La mayoría de las unidades están diseñadas para una presión de contacto de 20 a 40 psig. Normalmente del 20% al 50% del agua tratada es recirculada para que se contacte con el gas o el aire. El agua saturada, es luego inyectada en el tanque de flotación, allí el gas disuelto o el aire rompe la solución y se libera en forma de burbujas de pequeño diámetro que contactan las gotas de aceite en el agua y las llevan a la superficie en una espuma.

En los diseños de gas disperso, las burbujas son dispersadas en la corriente total por un aparato inductor o por un vórtice creado por un rotor mecánico.

En las celdas de flotación con eductor hidráulico, el agua limpia es bombeada a un cabezal de recirculación que alimenta una serie de eductores, el agua fluye por estos eductores, succiona gas del espacio de vapor o aire inyectado al sistema, el cual es liberado en las boquillas como un jet de pequeñas burbujas, estas burbujas suben y arrastran consigo a las pequeñas gotas de aceite formando una espuma en superficie que posteriormente es desnatada. Estas unidades pueden tener de 1 a 4 cámaras y usan menos potencia y menos gas que las unidades de rotor mecánico.

En las celdas de flotación con rotor mecánico, se crea un vórtice y un vacío dentro del tubo de vórtice. Los anillos de refuerzo aseguran que el gas en el vórtice se mezcle y se introduzca en el agua. El rotor y el eje inductor causan que el agua fluya mientras crea un movimiento de remolino. En baffle en la cima dirige la espuma a una bandeja desnatadora como resultado del movimiento de remolino. Estas unidades pueden tener 3 o 4 cámaras.

Figura 10. Rotor para inducir aire a la mezcla de petróleo y agua (IGF).



Fuente: www.environmental-expert.com

2.3.4 Unidades de filtración

El sistema de tratamiento tiene como finalidad la optimización de la calidad del agua, para que sea lo más compatible con las formaciones a la que va a ser inyectada o vertida. Una parte importante en un proceso de tratamiento de aguas residuales es la existencia de las unidades de filtración.

Estas son tanques cerrados y a presión, que se usan para filtrar sólidos y aceites contenidos en el agua los cuales son indeseables o perjudiciales en la operación de inyección y /o vertimiento. Al pasar el fluido sucio a través del filtro, la mayoría de los sólidos y aceites son removidos. El fluido una vez ha sido filtrado fluye a la descarga de agua limpia. El flujo continúa de esta forma hasta que el lecho filtrante debe ser regenerado.

Los filtros se utilizan para eliminar los sólidos en suspensión y los hidrocarburos insolubles del agua de producción, las aguas superficiales, agua de mar, río, lago, y agua de pozo.

Durante el proceso de filtración el agua entra cerca a la parte superior de la unidad y los flujos bajan a través del lecho filtrante. El agua filtrada fluye a través del lecho, y salen cerca de la base del filtro, mientras que las gotas de aceite y partículas sólidas se quedan atrapadas dentro del lecho.

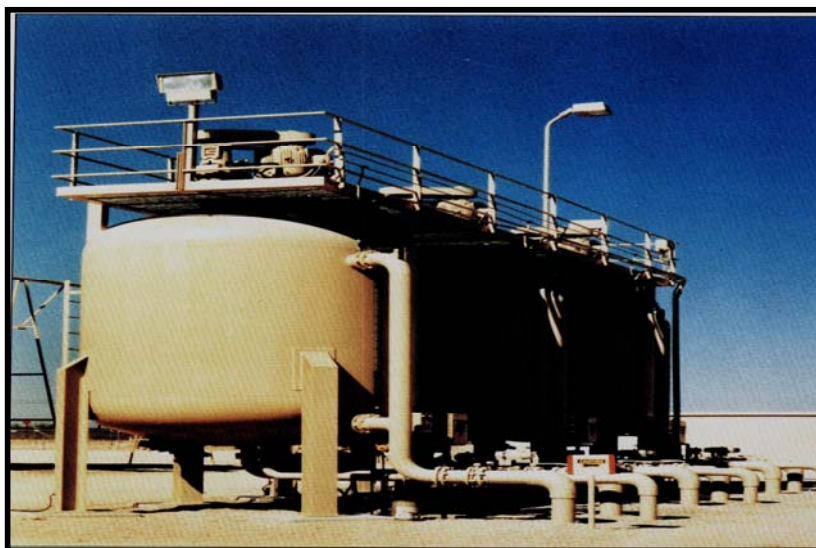
El proceso de filtración continúa hasta que los lechos se convierten en un perjuicio considerable; para limpiar estos medios periódicamente se usa un ciclo de "retrolavado", que se realiza cuando se da una importante caída de presión dentro del sistema, o cuando el tiempo presente de ejecución es alcanzado, momento en el cual, la cámara se retrolava para limpiar los medios. Durante este proceso el aceite es despojado del lecho, el cual se vuelve a depositar en el interior del filtro y el proceso se repite.

Las unidades de filtración pueden ser:

- a. De lecho suelto (arena, grava, antracita, carbón activado, cascarilla de nuez, otros) o de lecho fijo.
- b. De cartucho (plegado o enrollado), el cual es desechable y tiene baja capacidad de acumulación de sólidos y recubiertos donde la torta filtrante gastada se seca y se descarga.

Los más comunes son los filtros de cáscara de nuez, fabricados para el tratamiento de altos volúmenes de agua producida con sólidos en suspensión e hidrocarburos. Son capaces de remover aceites y grasa en concentraciones desde cuarenta a sesenta partes por millón (40 — 60 ppm) hasta menos de tres partes por millón (3 ppm). Las propiedades de la cáscara de nuez y el método de retrolavado empleado, tienen la gran ventaja que no requieren la aplicación de aditivos químicos para facilitar la filtración.

Figura 11. Filtro convencional vertical



Fuente: Tomado de New Gas & Oil Company

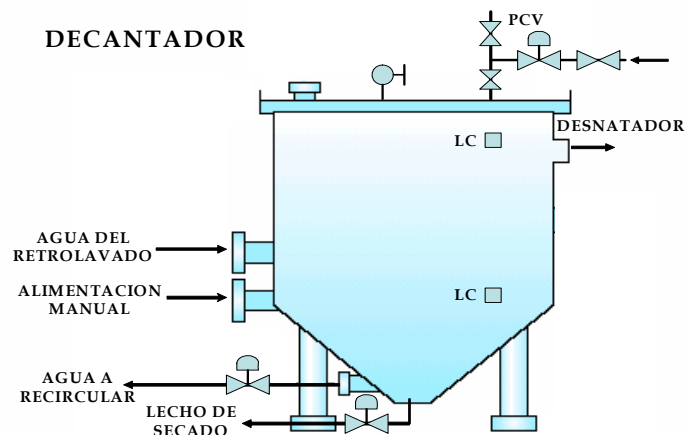
2.3.5 Decantador

Es un tanque de fondo cónico con capacidad suficiente para mantener de dos a cuatro horas la totalidad del fluido descargado por el filtro en la etapa de retrolavado. Sirve para clarificar las aguas provenientes del retrolavado de las unidades de filtración, que luego se recircularán al sistema para ser tratadas en los equipos de tratamiento de aguas correspondientes a cada estación.

El volumen y tiempo de residencia dependen de las condiciones de diseño del proceso y del fluido en particular, de la frecuencia del retrolavado y de las condiciones en las que se requiere el fluido resultante. El agua aceitosa concentrada se eleva a la superficie, en donde puede ser removida para reciclarla. La mayor parte del contenido del tanque, generalmente agua, es enviada aguas arriba del filtro para procesarla. Los sólidos concentrados en el fondo cónico son enviados a secamiento y disposición.

Para su funcionamiento solo es necesario interruptores de nivel que controlan la actuación de las bombas asociadas al vaciado o llenado del tanque, temporizadores que aseguren residencia del fluido, según lo necesario.

Figura 12. Decantador

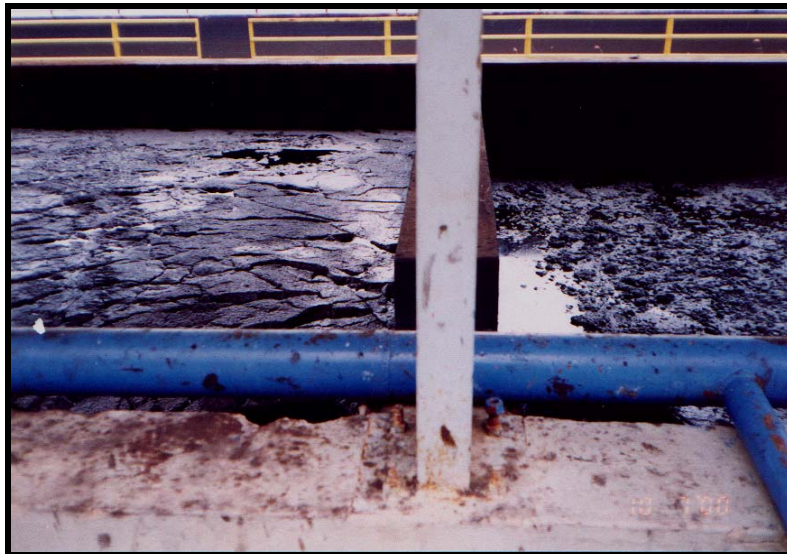


Fuente: www.environmental-expert.com

2.3.6 Lechos de secado

Las aguas de la zona inferior del decantador son enviadas a estos equipos; esta agua posee un alto contenido de sólidos que no deben ser retornados al sistema. El propósito de los lechos de secado es facilitar la remoción de los sólidos en una forma semi seca, en donde un lecho de arena y grava los retienen, dejando pasar el agua la cual es drenada hacia una caja subterránea donde posteriormente es bombeada nuevamente, sin sólidos hacia el sistema de tratamiento de aguas asociadas por intermedio de una bomba de diafragma.

Figura 13. Lecho de secado



Fuente: Tomado de New Gas & Oil Company

Los lechos de secado están conformados por dos secciones de cuatro cámaras cada una, construidas de cemento y ladrillo. Normalmente trabajan tan solo dos cámaras y las otras seis permanecen en stand- by. Una vez las dos cámaras que están en uso se saturan, son sacadas de servicio y se emplean dos de las restantes que se encuentran en stand- by. El lecho filtrante esta constituido primordialmente en la parte superior por arena de río y en la parte inferior y cerca de los drenajes, por una capa de grava que permite el flujo de agua hacia un tanque subterráneo y evita que se taponen los drenajes con arena fina. Con

el paso del tiempo, los lechos de secado se van contaminando debido a la acumulación progresiva de natas de crudo y sólidos, por lo tanto es necesario remover y cambiar la arena que sirve como material filtrante.

2.3.7 Tanques de almacenamiento de agua

La mayoría de los tanques de almacenamiento, están provistos con soportes para facilitar el apoyo seguro en el fondo del tanque. Los soportes están dispuestos en tres circunferencias concéntricas, una localizada en el pontón y las otras dos en la cubierta, los soportes están fabricados en tubería de 3" de diámetro que permiten soportar el techo de 5' de altura del fondo del tanque, con lo cual se deja el espacio para el funcionamiento de la hélice del agitador, colocado en hueco de 24" de diámetro.

Figura 14. Tanques de almacenamiento de agua



Fuente: ECOPETROL S.A

En el techo están instaladas bocas de inspección (manholes) para revisión del pontón, y por una escotilla se mide el tanque con una cinta de inmersión. Dos bocas de inspección diametralmente opuestas complementan las facilidades

para inspección del techo del tanque. Por dos desfogues colocados en el techo ingresa y sale el aire, dependiendo de la operación que se esté desarrollando, desocupación o llenado.

Estos tanques tienen como función principal suministrar la cabeza hidrostática de succión que requieren las bombas de inyección de agua. Pueden ser fabricados de fibra de vidrio, acero al carbón, galvanizado u otro material resistente a la corrosión.

A estos tanques llega el agua ya tratada del proceso con una calidad óptima para la inyección, es decir, libre de aceite (menor de 2ppm), libre de sólidos (menor de 2 ppm), y con productos químicos que previenen los problemas de corrosión e incrustaciones.

El agua entra por la parte inferior del tanque proveniente de la salida de los filtros haciendo uso de una línea de 6" o 8". Por lo general, entre los filtros y el tanque de succión se instala un contador el cual nos indica la cantidad de agua que posiblemente se inyecte. El agua sale regularmente por una línea de 20" la cual sirve de colector de succión de las bombas de inyección.

Además del tanque en si (base, cuerpo, y techo) se encuentran los siguientes accesorios:

- Escalera: Para tener acceso al techo, realizar y verificar mediciones.
- Indicadores de nivel: Muestra el nivel del producto almacenado.
- Válvulas: Generalmente de compuerta, ya que permiten una apertura parcial.
- Venteo: Para evacuar vapores que se acumulan en el tanque.
- Manhole: Para acceso del operador con el fin de realizar mantenimiento o reparaciones.
- Entradas de agua: Generalmente se encuentran en la parte inferior del tanque, y están unidas a un dispersor con el fin de evitar el flujo turbulento del fluido cuando ingresa al tanque.

- Boca de salida: Para evacuar el fluido almacenado a las líneas de transporte.

Los diques son barreras que se construyen alrededor de un tanque con el fin de evitar (en caso de que se presente alguna falla y posible derramamiento del producto contenido) que el producto se extienda y contamine poniendo en riesgo la seguridad e integridad del personal, así como también instalaciones y equipos.

Los aspectos más importantes de los diques que se construyen alrededor de los tanques de almacenamiento son:

- Contener la capacidad máxima del tanque
- Soportar las condiciones extremas de temperatura
- Deben tener una altura máxima 6' y una mínima de 1'
- La altura y el área del dique debe proporcionar un volumen de tal forma que sea igual 1/3 por encima de la capacidad máxima del tanque
- La altura de un dique que se encuentra separando dos tanques debe ser menor 1' de la altura total del dique
- Las bombas y equipos deben estar fuera de los diques
- La distancia mínima entre el dique y la pared del tanque debe ser de 10'

2.3.8 Caja API o separador API

Este equipo es una piscina o alberca expuesta a la atmósfera la cual internamente presenta una serie de compartimientos. Su función es la de recuperar al máximo el aceite proveniente de los drenajes, reboses y disparos de las PSV (pressure safety valve), provenientes de algunos de los equipos presentes en la batería. Su principio de operación se basa en el tiempo de asentamiento y la diferencia entre las densidades del agua y el aceite.

La mezcla agua - aceite entra por medio de un tubo con codo descendente el cual pasa el fluido a la sección de separación, en donde tiene un tiempo de

retención que le permite la separación del aceite y el agua. El aceite forma una nata en la parte superior la cual es removida por medio de un colector cilíndrico que la envía a un compartimiento separado.

Este aceite recuperado es bombeado periódicamente a los tratadores y/o Gun Barrel. El agua limpia que se asienta en la caja API pasa a otro compartimiento por medio de unos tubos ubicados en la parte inferior de la caja, allí haciendo uso del mismo mecanismo (tubos ubicados en la parte inferior), el agua sale hacia las piscinas aldeanas a la estación.

Figura 15. Caja API o separador API



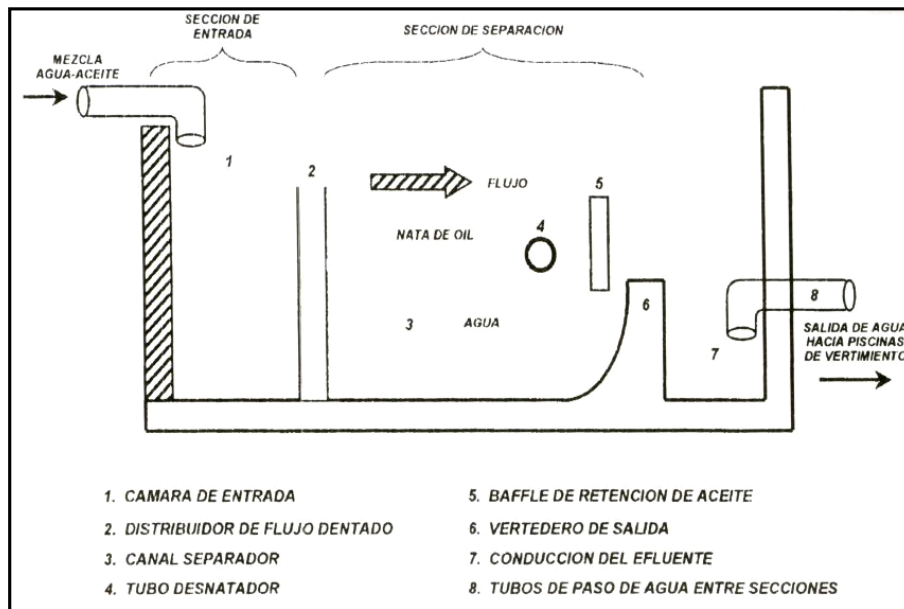
Fuente: Ecopetrol S.A

Las cajas API constan de dos secciones básicamente. Ver Figura 16:

- **SECCIÓN DE ENTRADA:** Corresponde a la zona de reducción de velocidad del flujo y de la turbulencia, remoción de sólidos y disminución de la carga a las cámaras de separación.

- **SECCIÓN DE SEPARACIÓN:** Conformada por los conductos de entrada a las cámaras, los dispositivos de distribución de flujo, tubo desnatador, el baffle de retención de aceite y el colector de aceite recuperado.

Figura 16. Secciones del separador API



Fuente: Ruth Páez, Operaciones de recolección y tratamiento

2.3.9 Piscinas de oxidación

Se basa en la separación gravitacional y, al igual que en algunos sistemas de tratamiento primario, se encuentran expuestas a la atmósfera para reducir la concentración de aceite soluble por efecto de la presión, disminuir la temperatura y eliminar el H_2S y CO_2 al permitirse la aireación del agua. En ellas también se produce la biodegradación de compuestos orgánicos disueltos y la sedimentación de sólidos.

Es necesaria grandes extensiones de tierra y además el estado del clima influye en su desempeño. Existen elementos que pueden degradarse o evaporarse con el sol e influir positiva o negativamente, dependiendo si la

concentración del contaminante aumenta o disminuye. Además la lluvia ayuda a la oxigenación.

Cuando la oxigenación no es adecuada se recomienda el uso de aireadores mecánicos o biofiltros.

Figura 17. Piscina de oxidación



Fuente: New Gas & Oil Company

3. EQUIPOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA INDUSTRIA DEL PETRÓLEO

3.1 EQUIPOS DE SEDIMENTACIÓN

A continuación se describirán algunos de los principales equipos que funcionan bajo el principio de sedimentación encontrados en la industria.

3.1.1 Hidrociclón líquido / líquido marca Vortoil

Los hidrociclones líquido/líquido marca Vortoil ® se utilizan ampliamente en la producción de petróleo en alta mar para el tratamiento eficaz de grandes volúmenes de agua de producción. Con base en la separación por gravedad, el hidrociclón tiene una forma cilíndrica de entrada seguida por un tubo cónico por donde los líquidos ingresan a través de entradas tangenciales. Estas fuerzas, junto con presiones diferenciales creadas a través del hidrociclón, permiten que la fase pesada salga por abajo.

Figura 18. Hidrociclón Líquido/Líquido marca Vortoil ®



Fuente: www.c-a-m.com/content/pet/index.cfm

Los sistemas de ciclones funcionan mejor a altas presiones, y utilizan la caída de presión como fuente de energía para generar la separación. Los fluidos entran en cada ciclón tangencialmente generando un hilado de acción a través de cada línea. El petróleo constituye un núcleo en el eje y el desnatado sale a través de un orificio central, mientras que la fase de agua viaja a la zona de separación exterior de la línea y salida a través de abajo.

Características

- Cuenta con mucha más capacidad hidráulica que el estándar de la industria actual.
- Ofrece mayor capacidad y eficiencia de eliminación de aceite.
- El núcleo de petróleo se mantiene estable, incluso a muy bajas tasas de flujo.
- Este ciclón de línea es capaz de lograr una mayor eficiencia de separación.

3.1.2 Hidrociclón marca Krebs

Los Hidrociclones marca Krebs están diseñados para la remoción de sólidos. Los diseños son totalmente escalables para satisfacer los requisitos de tamaño y pueden ser totalmente automáticos.

Aplicaciones

- Remoción de aceite.
- Remoción de sólidos.
- Recolección y eliminación de sólidos.
- Remoción de sólidos producidos por el agua de re-inyección.
- Prevención de la acumulación y la erosión de la arena.
- Pozos de arena limitada - desarenado de las aguas superficiales antes de su limpieza y la inyección – sistemas de lavado de arena.

Beneficios

- Alta eficiencia a bajas presiones diferenciales.

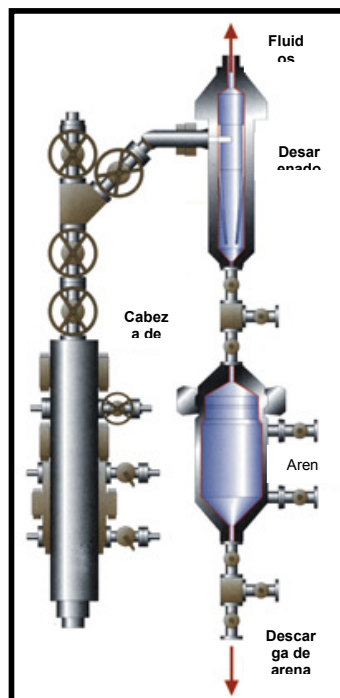
- Tamaño y reducción de peso sobre los métodos convencionales.
- Bajo contenido de sólidos en el petróleo para satisfacer las especificaciones de descarga.
- Diseños totalmente automáticos.
- Reducción de los requisitos químicos.

3.1.3 Desarenador marca Krebs

Los desarenadores marca Krebs® son utilizados en la producción del pozo y consisten en un solo ciclón a presión alojado dentro de un tanque, el cual opera de acuerdo al diseño del pozo.

En la siguiente figura se observan las principales componentes de un desarenador marca Krebs.

Figura 19. Desarenador marca Krebs



Fuente: www.c-a-m.com/content/pet/index.cfm

Los sólidos son separados del gas y el líquido y caen en un tanque acumulador. Estas unidades con eficientes equipos que están protegidos de la erosión y ayudan a reducir los costos generales. Dependiendo del tamaño de las partículas de sólidos y de la distribución de fluidos, se remueve hasta un 99% de sólidos. Las caídas de presión sólo están en el rango de 5 a 150 psig (0.35/ 10.5 Barg).

Beneficios y Ventajas

- Permite el aumento de caudales de los pozos que se ahogaron debido a la producción de arena
- Evitan la erosión y acumulación de sólidos
- Extracción de arena limpia antes de la contaminación por petróleo en los separadores

3.2 EQUIPOS SEPARADORES DE GRAVEDAD

A continuación se enuncian algunos de los tipos de separadores que funcionan bajo el principio de separación por gravedad encontrados en la industria para el tratamiento de aguas residuales.

3.2.1 Interceptor de placas corrugadas (CPI) marca Unicel

Los Interceptores de placas corrugadas como su nombre lo indica son placas de forma ondulada que se pueden adaptar generalmente a un separador convencional o a un tanque sin necesidad de realizar alguna modificación estructural importante. Esto con el fin de crear una distribución más uniforme, y así proporcionar condiciones más favorables para la separación del aceite libre.

En la siguiente tabla se puede observar las especificaciones de diseño de los interceptores de placas corrugadas marca Unicel, especificadas de acuerdo a la capacidad de cada modelo:

Tabla 4. Especificaciones de diseño del Interceptor de placas corrugadas marca Unicel

Modelo	Capacidad (GPM)	Capacidad (BWPD)
UCPI-1	73	2500
UCPI-2	102	3500
UCPI-3	150	5000
UCPI-4	250	8500
UCPI-5	292	10,000
UCPI-6	438	15,000
UCPI-7	585	20,000

Fuente: www.c-a-m.com/content/pet/index.cfm

Ventajas

- Remoción de 90% de aceites y sólidos.
- Aumento de separación con placas inclinadas.
- Tamaño compacto y peso ligero.
- Bajo costo de capital.
- No hay partes móviles para Reemplazar -Bajo costo de mantenimiento.

3.2.2 Tanque Vertical de desnatado marca Unicel

Los tanques desnatadores son los equipos más simples de tratamiento en primario. Estas unidades, que pueden ser a presión o atmosféricas, y están diseñadas para proporcionar un alto tiempo de retención durante el cual pueda ocurrir la coalescencia y la separación gravitacional. En los tanque de desnatado verticales las gotas de aceite deben ascender en sentido contrario al flujo de agua que es descendente.

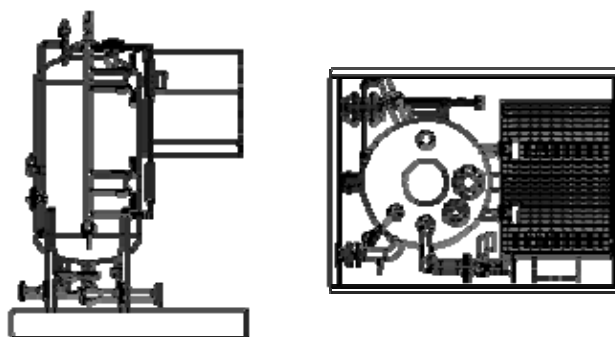
En la siguiente tabla se puede observar las especificaciones de diseño de los tanques de desnatado verticales marca Unicel:

Tabla 5. Especificaciones de diseño del Tanque Vertical de desnatado marca Unicel

Modelo	Capacidad (GPM)	Capacidad (BWPD)
USV-1	35	1,200
USV-2	73	2,500
USV-3	102	3,500
USV-4	146	5,000
USV-5	250	8,500
USV-6	292	10,000
USV-7	438	15,000
USV-8	585	20,000
USV-9	730	25,000
USV-10	875	30,000

Fuente: www.c-a-m.com/content/pet/index.cfm

Figura 20. Vista Lateral y superior del tanque Vertical de desnatado Unicel



Fuente: www.c-a-m.com/content/pet/index.cfm

Ventajas

- Excelente remoción de aceites y sólidos.
- Puede manejar hasta 100% Libre de Petróleo.
- Bajo costos de capital.
- Tamaño compacto y peso ligero.

- Sistemas de rodante -Baja costes de instalación.
- No hay partes móviles para reemplazar- Bajo costo de mantenimiento.

3.2.3 Tanque Horizontal de desnatado marca Unicel

Los tanques horizontales son más eficientes para el tratamiento de agua porque las gotas de aceite no tienen que fluir contra la corriente de flujo del agua.

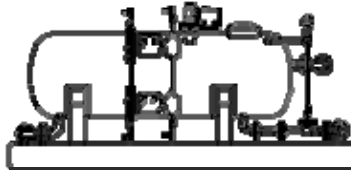
A continuación se enuncian las especificaciones de diseño de los tanques de desnatado horizontales marca Unicel.

Tabla 6. Especificaciones de diseño del Tanque Horizontal de desnatado marca Unicel

Modelo	Capacidad (GPM)	Capacidad (BYPD)
USH-1	50	1,700
USH-2	100	3,400
USH-3	150	5,100
USH-4	250	8,600
USH-5	375	12,800
USH-6	500	17,100
USH-7	800	27,500
USH-8	1150	29,500
USH-9	1700	58,300

Fuente: www.c-a-m.com/content/pet/index.cfm

Figura 21. Vista frontal Tanque Horizontal de desnatado Unicel



Fuente: www.c-a-m.com/content/pet/index.cfm

Ventajas

- Excelente remoción de aceites y sólidos.
- Bajo costo de capital.
- Tamaño compacto y peso ligero.
- Sistema rodante- Bajos costos de instalación.
- No hay partes móviles para Reemplazar -Bajo costo de mantenimiento.
- Bajos volúmenes de desnatado- Menos agua para reprocesar.

3.2.4 Combinación Tanque Vertical de desnatado/IGF marca Unicel

Este equipo combina la tecnología de los tanques desnatadores los cuales trabajan bajo el principio de separación por gravedad con las unidades de flotación inducida las cuales operan bajo el principio de separación por flotación, para así lograr una mejor eficiencia.

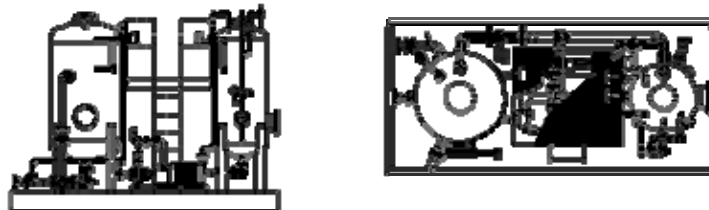
A continuación se expone una tabla en la cual se pueden encontrar las especificaciones de diseño de la combinación de tanque vertical de desnatado y la Flotación por gas inducido (IGF) marca Unicel:

Tabla 7. Especificaciones de diseño de la Combinación Tanque Vertical de desnatado/IGF marca Unicel

Model	Capacidad (GPM)	Capacidad (BWPD)
UCC-1	35	1,200
UCC-2	73	2,500
UCC-3	102	3,500
UCC-4	146	5,000
UCC-5	250	8,500
UCC-6	292	10,000
UCC-7	438	15,000
UCC-8	585	20,000
UCC-9	730	25,000
UCC-10	875	30,000

Fuente: www.c-a-m.com/content/pet/index.cfm

Figura 22. Vista Lateral y Superior de Combinación Tanque Vertical de desnatado/IGF marca Unicel



Fuente: www.c-a-m.com/content/pet/index.cfm

Ventajas

- Sistema de paquete completo rodante.
- Excelente remoción de aceites y sólidos.
- Bajo costo de capital.
- Tamaño compacto.
- Sistemas rodantes- Bajo costo de instalación.
- No hay partes móviles para reemplazar- Bajo costo de mantenimiento.

- Bajos volúmenes- Menos agua para reprocesar.
- Menos energía eléctrica requerida.

3.2.5 Tanque desnatador o Skim Tank marca Natco

El tanque para desnatado es la etapa final de un sistema de tratamiento de agua que garantiza la eliminación de todas las partículas de petróleo de más de 50 micras. Debe ser preferiblemente para aplicaciones en las que se rige estrictamente a las normas ambientales.

La separación de aceite/agua y limpieza de la arena se produce como una lluvia intermitente la cual fluye a través de una serie de placas deflectoras espaciadas. El apretado espacio de las placas crea zonas inactivas que reducen la distancia de una gota de petróleo dando lugar a la separación de la corriente principal. Una vez en la zona inactiva, hay tiempo para la coalescencia de las partículas de aceite. Cada vez son mayores las gotas y luego migran hasta la parte inferior del separador de aceite. Las bandas previenen que la gota de petróleo sea barrida nuevamente en el flujo turbulento y se remezcien con el agua.

Separaciones de sustancias adicionales se logran mediante la unión de la gran cantidad de placas, a largo tiempo de retención y la baja producción de energía del tanque de desnatado.

3.2.6 Separadores marca Wemco

Los separadores marca Wemco utilizan una placa de diseño innovador para eliminar el petróleo y los sólidos en suspensión de flujos de proceso de manera más efectiva y económica que cualquier otro separador de gravedad. Este se distingue de los separadores convencionales de flujo cruzado, ya que éste está integrado por una estructura tipo paquete de red, que proporciona una excelente resistencia y rigidez. Concentraciones de petróleo tan altas de 300.000 ppm puede reducirse a tan sólo 15 ppm con la mayoría de los sólidos en suspensión eliminados.

Diseñado para la eliminación del 100% de todas las gotas de aceite de 40 a 60 micras y más grandes.

Productos

- Unidades individuales para caudales de 1000 BPD a 100 000 BPD (159 m³/día a 15900 m³/día).
- Afluentes de concentraciones de petróleo tan altas de 300 000 ppm pueden reducirse a tan sólo 15 ppm con la mayoría de los sólidos en suspensión eliminados.
- Diseño de equipos a presión atmosférica tanto para la producción, refinación y aplicaciones petroquímicas.

Beneficios y Ventajas

Exclusivos módulos de coalescencia y separación patentados los cuales son más económicos y más compactos, pero lo que es más importante, en éstos es que la separación es más eficiente. El Separador marca Wemco ofrece las siguientes ventajas:

- Máxima eficiencia de separación dada por el volumen del tanque.
- Recuperación de petróleo prácticamente libre de agua.
- No se requiere energía para la separación. Normalmente, la entrada hidráulica de la cabeza sólo tiene que ser de 6" más de nivel operativo.
- Alta capacidad, con tiempo de retención líquido normalmente menos de 10 minutos, permitiendo así el flujo a través de grandes volúmenes de líquidos.
- Sin efecto negativo debido a altas fluctuaciones de las concentraciones de hidrocarburos o de sólidos en la alimentación.
- Bajo peso, tamaño pequeño, y montaje rodante hacen que sea más fácil para mover el sistema a diferentes lugares.
- No hay partes móviles, por lo tanto se mantienen bajos los costos de operación.

3.2.7 Actiflo

Es el proceso más avanzado de decantación lastrada para la clarificación de agua. Utiliza partículas de arena como precursor para la formación de flóculos, que proporcionan una superficie que actúan como lastre, permitiendo una velocidad de decantación hasta 60 veces mayor que cualquier otro proceso de decantación convencional

El proceso Actiflo™ consta de las etapas de coagulación, floculación, maduración y decantación lamelar. En la etapa de floculación, se añaden partículas de arena que permite la formación de flóculos de mayor peso específico, aumentando la velocidad de decantación hasta 20 veces más que otros procesos convencionales. El proceso incorpora un sistema de hidrociclones, que permite recuperar la microarena para su continua reutilización en el proceso.

Es un proceso versátil y flexible que, gracias a sus características de operatividad y rendimiento, permite su utilización para tratamiento de aguas residuales industriales (como tratamiento primario o terciario).

Ventajas y Beneficios

- Consigue una eliminación de más del 90% de sólidos en suspensión y materia coloidal, más de un 80% de eficacia en la eliminación de Fósforo, DQO y DBO.
- Reducción del espacio de implantación entre 6 y 60 veces, frente a sistemas de clarificación convencional para capacidades de producción similares.
- Bajos costos de obra civil gracias al diseño compacto.
- Mayor respeto medioambiental, por la eficiencia en el uso de los productos de acondicionamiento (coagulante y floculante).
- Alta y estable calidad del agua decantada, incluso ante grandes variaciones en la calidad del agua bruta.

- Rapidez de respuesta en puesta en servicio y paradas, lo que se traduce en ahorro de reactivos, energía y agua.
- Actiflo TM puede ser implantado en instalaciones ya existentes para aumentar capacidades de producción, con aprovechamiento de la infraestructura.

3.3 SEPARADORES POR FLOTACIÓN

Estas unidades son equipos que emplean un proceso en el cual pequeñas burbujas de gas son generadas y dispersadas en el agua, donde hacen contacto con las gotas de aceite y partículas sólidas. Las burbujas de gas incrementan la diferencia de densidades y ayudan a las gotas de aceite a ascender rápidamente a superficie para su posterior recolección; se puede utilizar coagulantes, polielectrolitos, o desémulsificantes para optimizar el funcionamiento del equipo.

3.3.1 Separador Vertical IGF marca Unicel

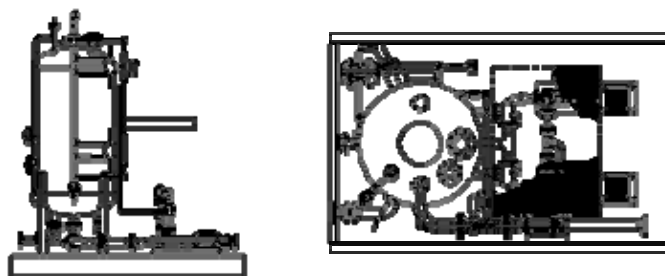
A continuación se exponen las especificaciones de diseño del separador Vertical por flotación marca Unicel:

Tabla 8. Especificaciones de diseño del Separador Vertical por flotación marca Unicel

Modelo	Capacidad (GPM)	Capacidad (BWPD)
UC-1	35	1,200
UC-2	73	2,500
UC-3	102	3,500
UC-4	146	5,000
UC-5	250	8,500
UC-6	292	10,000
UC-7	438	15,000
UC-8	585	20,000
UC-9	730	25,000
UC-10	875	30,000
UC-11	1,170	40,000
UC-12	1,460	50,000
UC-13	1,750	60,000
UC-14	2,188	75,000
UC-15	2,917	100,000

Fuente: www.c-a-m.com/content/pet/index.cfm

Figura 23. Vista Frontal y Superior del separador Vertical por flotación marca Unicel



Fuente: www.c-a-m.com/content/pet/index.cfm

Ventajas

- 90 % de remoción de aceites y sólidos.
- Tamaño compacto y peso ligero.
- Sistema rodante -Bajos costos de instalación.
- No hay partes móviles para reemplazar- Bajo costo de mantenimiento.
- Menos energía eléctrica requerida.

3.3.2 Separador Horizontal IGF Unicel

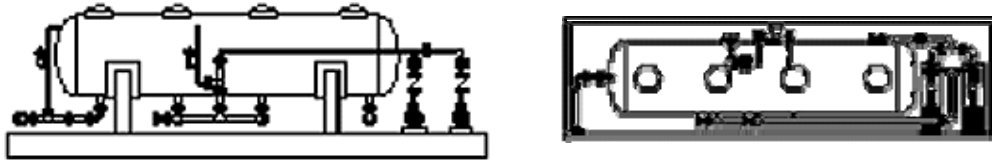
En la siguiente tabla se observan las especificaciones de diseño del separador horizontal por flotación marca Unicel:

Tabla 9. Especificaciones de diseño del Separador Horizontal por flotación marca Unicel

Modelo	Capacidad (GPM)	Capacidad (BWPD)
UCH-1	100	3,400
UCH-2	200	6,850
UCH-3	300	10,300
UCH-4	500	17,100
UCH-5	750	25,700
UCH-6	1000	34,300
UCH-7	1600	55,000
UCH-8	2300	79,000
UCH-9	3400	116,000

Fuente: www.c-a-m.com/content/pet/index.cfm

Figura 24. Vista Frontal y Superior del separador Horizontal por flotación marca Unicel



Fuente: www.c-a-m.com/content/pet/index.cfm

Ventajas

- 90% de remoción de aceites y sólidos. Bajo costo de capital.
- Tamaño compacto y peso ligero.
- No hay partes móviles para reemplazar- Bajo costo de mantenimiento.
- No libera vapores a la atmósfera.
- Bajo volumen de desnatado- Menos agua para reprocessar.

3.3.3 Tanque API marca GLR

GLR ha combinado los beneficios convencionales de gravedad desnatada con los tanques de flotación por microburbujas, la tecnología para mejorar la eliminación secundaria de aceite del agua de producción. Este diseño mejorado aumenta enormemente el rendimiento de un típico tanque API u otras Unidades de flotación por inducción de gas (IGF). El resultado es un tanque API multi-cámaras con microburbujas introducidas en todas las cámaras. Los beneficios de este diseño multi-cámara incluye las múltiples fases disponibles para eliminar el petróleo, I junto con un mayor tiempo de retención, en relación con una Unidad de flotación por inducción de gas (IGF), lo que modifica cualquier buffer en la concentración de aceite producido en las operaciones aguas arriba. Como las modificaciones del interior pueden ser realizadas en uno nuevo o tanque actualmente existente, las fundaciones asociadas, los controles y las tuberías por lo general pueden ser reutilizados, lo que reduce los costos necesarios para actualizar la instalación. Además, lo que refiere al tamaño no sería un problema para la actualización.

Los enfoques convencionales para el tratamiento del agua-aceite incluye el uso de equipos tales como tanques de gravedad desnatada, Interceptores de placas corrugadas (CPI), unidades de flotación con gas inducido, hidrociclones y los filtros.

Los tanques API para desnatado (basados en el principio de gravedad) han estado en uso durante varias décadas, y se basan en una diferencia entre valores de gravedad específica entre el agua y el aceite para la separación. Como resultado de ello, los tanques desnatadores requieren un tiempo de retención para la separación con el fin de tener resultados apreciables, y la unidad es relativamente ineficaz para petróleo pesado o aplicación de emulsiones. Recientemente, ha habido un cambio dentro de la industria general para mejorar la base del diseño del tanque desnatador para mejorar el rendimiento. La mayoría de estas modificaciones han incluido las estructuras internas o la distribución de boquillas para fomentar la coalescencia de gotas de aceite en el tanque.

3.3.4 Reactor de líquido y gas marca GLR

El reactor de líquidos y gas GLR es una tecnología para la creación de microburbujas en un líquido en movimiento. Este equipo no contiene partes móviles, y está prácticamente libre de mantenimiento. Se puede utilizar para disolver una variedad de gases en líquidos y en la mayoría de los casos se traduce en un líquido que contiene el gas en o por encima del punto de saturación (sobresaturado).

Figura 25. Reactor de líquido y gas marca GLR



Fuente: www.glr-solutions.com/articles/cache/47.php

Este dispositivo utiliza los procesos de dinámica de fluidos para ejercer cizalla, impactación y la presión arrastrando un gas de manera eficiente y creando microburbujas. Un líquido que contiene el gas arrastrado se pasa a través de estas unidades, dando la producción de burbujas con un diámetro que va de 5-50 micras.

Las pequeñas burbujas son fundamentales para el rendimiento. Mediante la creación de pequeñas burbujas, la transferencia de masa entre el área de gas y líquidos, es posible maximizar las fases. Esto aumenta sustancialmente la eficiencia de la transferencia del gas a líquido. Hay muy pocas tecnologías que pueden crear burbujas de gas tan pequeñas como las producidas por GLR™. El reactor de líquido y gas GLR es diferente, fundamentalmente porque crea estas burbujas sin un difusor de cabeza o de membrana.

Características

- No hay prácticamente ningún mantenimiento necesario para el funcionamiento del reactor líquido gas marca GLR en condiciones óptimas ya que la unidad no tiene movimiento o pieza de repuesto.
- En algunos casos, una bomba existente puede utilizarse, simplificando así la instalación y la reducción de costos. La bomba debe ser capaz de producir las tasas de flujo de líquido necesarias para las condiciones de presión. En la mayoría de los casos el GLR TM requiere una presión de entrada de 70 psi que deberá ser presentado por la bomba.
- Los tamaños de burbuja se pueden adaptar a casi cualquier diámetro conveniente a través de la manipulación de la contrapresión en el reactor GLR TM (una sola válvula de ajuste) y/o control del nivel de agua dadas en el dispositivo. Esta flexibilidad permite la personalización de la flotación como proceso de cambio de las condiciones de funcionamiento a lo largo del tiempo.
- Compite directamente con otras tecnologías de flotación de gas, en particular, Flotación Inducida de Gas (IGF) y la Flotación inducida Estática (ISG). Ambas tecnologías han sido populares en el pasado de la industria del petróleo, pero están limitadas en dimensión por el tamaño de los tanques e hidráulica. IGF utiliza también significativamente grandes burbujas, lo que limita el rendimiento. Las burbujas de IGF son a menudo creadas mecánicamente; el mantenimiento de estas puede ser expansivo. IGFs han gozado de popularidad en el pasado pero, dada sus limitaciones de entrada a concentraciones inferiores a 300 ppm, las tasas de flujo suele ser inferiores a 100 000 BWPD, los gastos de mantenimiento, y los requisitos para la administración de suplementos químicos están enfocados en una nueva oportunidad que elimine estos problemas.

- El dispositivo GLR TM es capaz de readecuarse a un tanque desnatador ya existente. Esto permite relativamente largo tiempo de retención requerido por el sistema de gravedad normalmente medido en horas, para ser explotados por la flotación de microburbujas del sistema o para permitir un aumento significativo en el rendimiento a través de la expansión actual de tanques. En nuevas instalaciones son colocados inicialmente tanques desnatadores mucho más pequeños, disminuyendo drásticamente los costos y la necesidad de IGF, CPI u otros tratamientos secundarios requeridos por el equipo de tratamiento de agua.
- También puede incrementar un método ya existente como IGF o ISF, sustituyendo el diseño de generación de microburbujas (mecánica o eductores) por el GLR TM. Alternativamente, se puede tener un nuevo IGF con especificaciones internas diseñadas por GLR Solutions Ltda para su uso con micro-burbujas (RevoLift TM); puede adquirirse como una alternativa directa a otros IGFs y ISFs.

3.3.4.1 Especificaciones estándar del reactor líquido y gas marca GLR

Tabla 10a. Especificaciones del modelo GLR- Aceite y Gas iniciales

GLR	Modelo	5	10	20	50	100	150
Altura	pulgadas	36	48	53	70	101	101
Diámetro	pulgadas	3.0	4.0	6.0	8.0	14.0	14.0
Rango de flujo de líquido	GPM	5-7	10-14	16-22	39-53	97-131	140-190
Bomba	HP	1.5	1.5	2.5	5.0	10.0	15.0
Voltaje	P, Voltaje	1P,110/220	1P,110/220	1P,110/220	1P,110/220	1P,110/220	1P,110/220
Amperios requeridos	Amp	10	10	22	22	36	44
Presión de	PSI	75	75	75	75	75	75

agua recomendada							
Fluido de gas	SCFM	0.01	0.04	0.10	0.46	1.0	1.5
Presión de gas recomendada	PSI	90	90	90	90	90	90
Dimensiones del empaque	L-W-H (ft)	4x3x4	4x5x4	4x6x6	4x8x7	5x8x10	5x9x10
Peso del empaque	Libras	1,500	2,300	3,100	4,000	5,300	5,900

Tabla 10b. Especificaciones del modelo GLR- Aceite y Gas

GLR	modelo	200	300	400	600	800	1100	1800
Altura	pulgadas	101	101	110	140	140	160	160
Diametro	pulgadas	22.0	24.0	26.0	32.0	36.0	40.0	60.0
Rango de fluido del líquido	GPM	190-257	250-338	374-506	561-759	711-961	940-1410	1469-2203
Bomba	HP	25.0	30.0	40.0	75.0	75.0	100.0	150.0
Voltaje	P, Voltage	3P, 230	3P, 230	3P, 230/460	3P, 230/460	3P,230/460	3P,230/460	3P,460
Amperios requeridos	Amp	28	35	41	67	67	87	117
Presión de agua recomendada	PSI	75	75	75	75	75	75	75
Flujo de gas	SCFM	2.0	3.0	4.0	6.0	8.0	11.0	18.0
Presión de gas recomendada	PSI	90	90	90	90	90	90	90
Dimensiones del empaque	L-W-H (ft)	6x9x10	8x10x12	8x10x13	9x11x13	10x11x15	8x19x17	9x21x17
Pesos del empaque	Libras	6,600	7,000	7,600	8,600	9,000	12,000	13,500

3.3.5 Unidad de flotación marca Revolift™

GLR ha desarrollado una línea de presión de flotación en los tanques con configuraciones tanto horizontal como vertical. El RevoLift™ compite con los productos de IGF o ISF realizados por otros, pero tienen importantes ventajas de rendimiento debido al uso de microburbujas y un diseño hidráulico 100% (no es mecánica la creación de burbujas, difusores, o skimmers).

Muchas de las instalaciones implican la modificación del funcionamiento interno de los tanques para la mejora del rendimiento, el cual se deriva de la utilización de microburbujas, sin embargo, en algunos casos es conveniente disponer de tanques con una nueva construcción y un óptimo diseño interior. Revolift™ es la marca que se refiere a un determinado tanque patentando el diseño interior que ha sido desarrollado para eliminar el petróleo en suspensión del agua a través del uso de estas microburbujas de gas. La línea de productos de RevoLift incluye todos los beneficios de la flotación por microburbujas de gas en un equipo, ya sea en orientación horizontal o vertical (dependiendo de la ubicación de aplicación) que puede superar la Flotación Inducida de Gas (IGF) o Flotación Estática Inducida (ISF) en los productos actualmente presentados en el mercado.

Características

- Los aceites pesados (por ejemplo: bitumen) o emulsiones de aceites pueden ser separados de manera eficiente con el uso del modulo de multicámaras de las unidades de flotación marca RevoLift con microburbujas integradas. El diseño hidráulico de flujo es una importante mejora con respecto a los paquetes de IGF o ISF que están comúnmente disponibles en el mercado, donde no hay posibilidad de corto circuito.
- El tanque de Revolift es un diseño completamente hidráulico sin la rotación de equipos en el interior, donde muchos productos

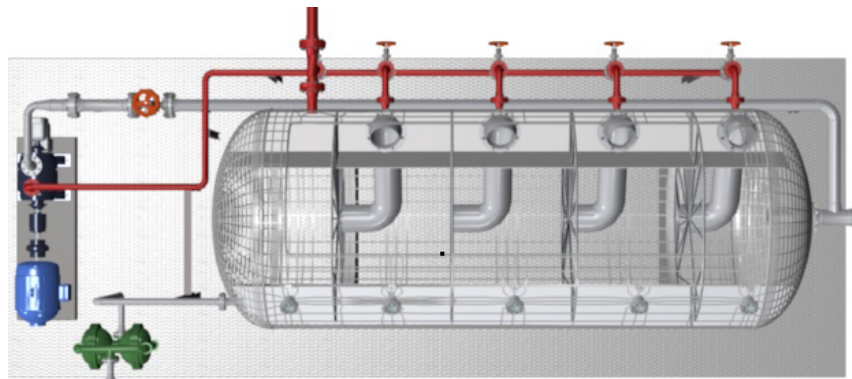
competidores han hecho rotación de equipos para la generación de burbujas de aceite y desnatación.

- La tecnología Revolift está disponible, ya sea en configuración horizontal o vertical para dar cabida a las necesidades únicas de los entornos en alta mar en relación con los de las instalaciones en tierra.

❖ Revolift Horizontal

Es un tanque con cilindros horizontales dentro de los que se divide en 5 cámaras discretas de igual de tamaño, cada una de las cuales lleva a cabo la separación de aceite y agua.

Figura 26. Unidad de flotación horizontal marca Revolift



Fuente: www.glr solutions.com/articles/cache/47.php

❖ Revolift vertical

Es un tanque ubicado de manera vertical con cámaras discretas de igual de tamaño, cada una de las cuales lleva a cabo la separación de aceite y agua.

Figura 27. Unidad de flotación vertical marca Revolift

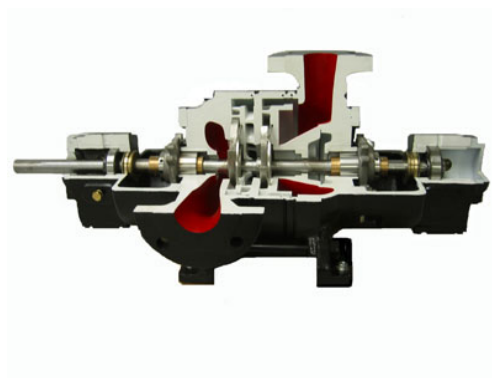


Fuente: www.glr solutions.com/articles/cache/4735dd7945e1843ac.php

3.3.6 Bombas de microburbujas marca ONYX- MB

La bomba ONYX utiliza múltiples etapas centrífugas en su diseño para permitir el sitio y ambiente específico de temperatura y presión. Esta bomba utiliza los componentes ANSI (acoplamientos, rodamientos, sellos de aceite, sellos mecánicos, pozos y mangas), lo que da un alto grado de fiabilidad para el exigente entorno de campos petroleros.

Figura 28. Bomba de microburbujas marca ONYX- MB



Fuente: www.glr solutions.com/articles/cache/php

Características

- La bomba marca ONYX-MB es el resultado de la combinación de dos tecnologías probadas de bombas. El diseño hidráulico fue evolucionando desde una bomba DAF que tiene unos 23 años de exitosa trayectoria en muchos entornos industriales fuera de la industria del petróleo y gas. El diseño mecánico fue directamente duplicado de un ANSI (entre rodamientos) con una bomba de 30 años de éxito de la historia- incluyendo su eje, las mangas, las focas, lubricación, rodamientos, etc.
- El tamaño de burbuja se puede modificar mediante un ajuste de una sola válvula de descarga en el lado de la bomba. Esta capacidad permite el control para la optimización de tamaño de burbuja para satisfacer las cambiantes necesidades de funcionamiento en la instalación de flotación.
- La bomba ONYX-MB es capaz de inducir el gas libre de la cabeza de un tanque siempre que, la temperatura del agua esté por debajo de 60°C y la caída de presión a través de las tuberías acordadas no sea significativa. A temperaturas superiores a 60°C una alimentación de gas comprimido se canaliza directamente a la entrada de la bomba.

3.3.7 Unidad de flotación hidráulica marca Tridair

La Unidad de flotación hidráulica marca Tridair logra el 90-98% de eliminación de aceite insoluble y sólidos suspendidos. La eficacia de eliminación se ve influenciada por las características físicas del flujo entrante, tales como el pH, la disolución total, sólidos en suspensión, temperatura, presencia de productos químicos, mezclas de diferentes corrientes.

Este equipo está dividido en cuatro compartimentos de flotación, separados por una serie de platos deflectores encima y debajo. La disposición de las placas

deflectoras permite aumentos de flujo repentinos de hasta un 50% sin pérdida de eficacia de eliminación.

El agua sale del compartimento de flotación y entra en una pequeña cámara de agua limpia. A partir de este compartimento de agua limpia, una bomba centrífuga recircula el agua desde la parte de arriba hasta abajo en cada celda.

El gas es inducido a través de una válvula de control de acero inoxidable a los eductores. El diseño único punta/eductor garantiza, incluso, la dispersión de las burbujas de aire/gas finamente divididas en todo el líquido. Al controlar el volumen y la tasa de aire/gas inducido, se logra un tamaño de burbuja adecuado para el levantamiento eficiente de petróleo y sólidos suspendidos.

La mayoría del aceite contenido en el flujo de aguas residuales se encuentra en forma de una emulsión invertida. Los sólidos en suspensión son generalmente partículas mojadas de aceite, óxidos metálicos, etc. Ambos, petróleo y sólidos en suspensión, son de tal densidad que flotan cuando se atacan con la disolución de las burbujas. El Petróleo y los sólidos suspendidos se acumulan en la superficie del líquido como una espuma, donde son continuamente eliminados por flotación del compartimento por medio de un derrame por gravedad.

Aplicaciones

- Agua producida de yacimientos petrolíferos, ya sea en tierra o costa afuera.
- Refinado/Petroquímica de aguas residuales.
- Reutilización y/o vertimiento de agua.
- Tratamiento de agua para calderas de alimentación.

Características

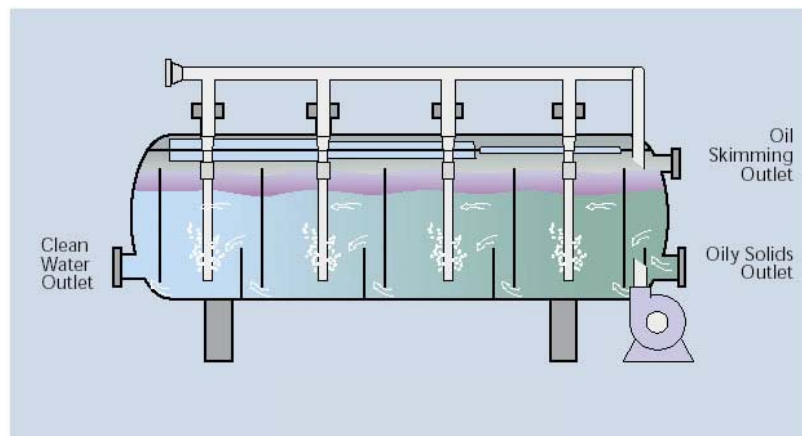
- Inducción hidráulica de gas.
- Altos radios de gas y agua.

- Numerosos métodos disponibles de desnatado.
- Funcionamiento a presión.
- Equipo cilíndrico.

Beneficios

- Pocas piezas móviles
- Eficiencias de eliminación de aceite= 98%
- Minimiza las espumas de petróleo
- Minimizar los sólidos sucios

Figura 29. Unidad de flotación hidráulica marca Tridair



Fuente: www.natcogroup.com

3.3.8 Unidad de flotación mecánica marca Tridair

La unidad de flotación mecánica marca Tridair TM redefine el rendimiento de unidad de aceite/agua IGF, con características avanzadas que garantizan una alta eficiencia y bajos costos de funcionamiento.

Las pequeñas burbujas de gas entran al petróleo a través del agua contaminada, se unen a las gotitas de petróleo, aceleran su camino hacia la

superficie, donde la capa de petróleo se acumula en forma de nata y luego se retira.

Figura 30. Unidad de flotación mecánica marca Tridair



Fuente: www.natcogroup.com

Para lograr el óptimo rendimiento, una unidad de flotación debe:

- Dispersar la masa de gas en el agua.
- Lograr el tamaño burbuja correcto.
- Lograr un buen camino para el flujo de las burbujas.
- Minimizar el porcentaje de la capacidad de entrada, retirando olas de espumas.
- Evitar la fuga de componentes gaseosos nocivos, tales como compuestos orgánicos volátiles.

Características

- El diseño patentado CycloTurbine ® utiliza un rotor de hilado el cual conduce el gas a la parte baja de los tubos. Este gas es entonces forzado radialmente hacia el exterior a través de un estator, donde el asociado de alta cizalladura produce el óptimo tamaño de la burbuja de gas para lograr alta eficiencia de colisión con gotas de aceite presente.

- El perfil cilíndrico de la unidad garantiza un buen camino para el flujo de las burbujas de la CycloTurbinas ® en el agua. Esto se compara con los diseños convencionales, sobre la base de los tanques rectangulares, donde las corrientes pueden desarrollar considerablemente rendimientos más bajos. Construido con los códigos de presión internacional, el diseño robusto de las boquillas asegura el funcionamiento del gas, sin fugas de gases nocivos, incluidos los compuestos orgánicos volátiles.
- Desnatador flotante autoestable el cual ajusta continuamente los cambios en el nivel de líquido, lo que permite que altas concentraciones de agua aceitosa sean tratadas mediante el retiro de aceite.
- El Tridair mecánico puede funcionar ya sea bajo un manto de gas o vapor con la sección abierta a la atmósfera. Cada unidad de flotación normalmente tiene cuatro celdas en serie en combinación con los compartimentos de la entrada y salida.
- Tridair mecánico está disponible para una amplia gama de caudales. Para cada aplicación, las condiciones de entrada, las características del agua y el aceite y necesidades de calidad del efluente se utilizan para determinar el diseño final. Unidades piloto, las pruebas de laboratorio en las instalaciones y el personal profesional de ingeniería se encuentran disponibles para determinar todos los datos de diseño. Una completa base de datos de funcionamiento, ensayo y diseño de información nos permite seleccionar la unidad correcta para cada aplicación.

3.3.9 Unidad de flotación VersaFLo marca Tridair

Esta unidad de con una sola celda vertical redefine el rendimiento de la unidad de IGF aceite/agua, con funciones avanzadas que garantizan la alta eficiencia y los bajos costos de funcionamiento. La tecnología VersaFlo es objeto de estructuras flotantes en alta mar, donde el espacio es limitado.

En general, los dispositivos de flotación se incluyen en el tratamiento de agua de producción como los sistemas de limpieza final para la etapa de eliminación de petróleo y sólidos antes de disponer el agua tratada. Incorpora una combinación única de características diseñada para proporcionar una única columna con un rendimiento superior comparado con una amplia gama de servicios.

Características

- El IGF VersaFlo promueve la rápida coalescencia de gotas de aceite mediante el uso de un diseño especial para dispositivos de entrada. Si es necesario, una segunda etapa de coalescencia se puede dar al agregar más medios para ello. La propiedad centrífuga del dispositivo de entrada, también realiza dos funciones adicionales necesarias:
 1. Liberación de gas para evitar que la capa de petróleo altere el tanque.
 2. Distribuye uniformemente el agua de producción en toda la sección transversal del tanque.
- La baja velocidad de la fase de agua de producción debe ser controlada para permitir la debida interacción del gas contaminante y reducir al mínimo la caída de los contaminantes o burbujas de gas. El flujo de agua por la velocidad de la VersaFlo es significativamente inferior a la que, en general, se utiliza en la industria. Como resultado de la reducción de la velocidad del agua baja, la IGF VersaFlo puede alcanzar un mayor nivel de calidad de las aguas efluentes.
- Otra característica importante del diseño de VersaFlo es la alta eficiencia de barrido radial. Natco Radial Eductor™ se utiliza para inducir una suficiente masa de gas, que produce burbujas de gas de diámetro pequeño y se dispersa de manera uniforme las burbujas de gas en toda la sección transversal del tanque.

3.3.10 Unidad de flotación mecánica marca Wemco

Las unidades de flotación mecánica marca Wemco usan la inducción mecánica del aire/gas en flotación (IGF) como tratamiento secundario para remover el petróleo y los sólidos del agua industrial, de producción o residual. Después de que el agua de producción entra en el Depurador, el motor impulsa los rotores para inducir a una re-distribución del flujo de aire o gas dentro de la mezcla en general. Estas pequeñas burbujas dispersas en todo el volumen del tanque llevan las gotas de aceite y sólidos a la superficie en un aumento de espuma de gas, donde se recuperan en el tanque de desnatado. El diseño original IGF sigue siendo el estándar para muchas aplicaciones, mientras que la nueva versión presurizada, disponible de 2 hasta 5 diseños de celdas, proporcionando una ventaja real para la industria de petróleo y gas.

Rendimiento

La eficacia de remoción de diseño de dos celdas es del 94%, con 2,5 minutos de tiempo de retención por celda. La unidad de cuatro celdas cuenta con aproximadamente un 95% la eficiencia de eliminación con sólo un 1,0 minuto de tiempo de retención por celda. La configuración de doble Celda es especialmente adecuada para aplicaciones costa afuera.

Gama de productos

- Unidades individuales para caudales de 1700- 177000 BPD (270 m³/día a 28140 m³/día).
- Presión de operación desde atmosférica a 15 psig.
- Eficiencia de separación hasta el 98% o más.

Beneficios y Ventajas

- Experiencia confiable (más de 35 años y más de 5000 unidades).
- Alta eficiencia de mezcla.
- Amplia flexibilidad de funcionamiento.

- Configuraciones disponibles de 2 a 5 celdas.
- Baja cantidad de productos químicos necesarios para flotación.
- Apto para tierra, y costa afuera.
- Buena capacidad de readaptación.

3.3.11 Unidad de flotación Estática marca Wemco

La unidad de flotación estatica marca Wemco es un sistema simple, hidráulicamente operado por una máquina de flotación de gas que eficientemente separa el aceite del agua. La eficaz recuperación de petróleo y el tratamiento de las aguas se consiguen simple y económicamente con la operación garantizada del proceso de la flotación completamente cerrado, garantizando así la seguridad ambiental. Las unidades están disponibles en cualquiera de los cuatro elementos estándar o diseños verticales de única celda, que son adecuados para lugares donde el espacio es restringido.

Gama de productos

- Unidades individuales para caudales de 2400 a 130000 BPD (380 m³/día a 20670 m³/día).
- Eficiencia de separación hasta el 95%.

Beneficios y Ventajas

- Compacto, ligero, instalación horizontal o vertical.
- No hay partes móviles internas, bajo costo de mantenimiento.
- Requisitos mínimos de energía.
- Diseño modular, fácil de ampliar, reducidos costos de instalación.
- Propuesta de diseño vertical ideal para los sistemas de producción flotantes.
- Utiliza proceso inherente o presión de alimentación.
- No contamina el medio ambiente.

3.4 FILTROS

Son tanques cerrados y a presión, que se usan para filtrar sólidos y aceites contenidos en el agua los cuales son indeseables o perjudiciales en la operación de inyección y /o vertimiento. Al pasar el fluido sucio a través del filtro, la mayoría de los sólidos y aceites son removidos. El fluido una vez ha sido filtrado fluye a la descarga de agua limpia. El flujo continúa de esta forma hasta que el lecho filtrante debe ser regenerado.

3.4.1 Filtro marca New Water

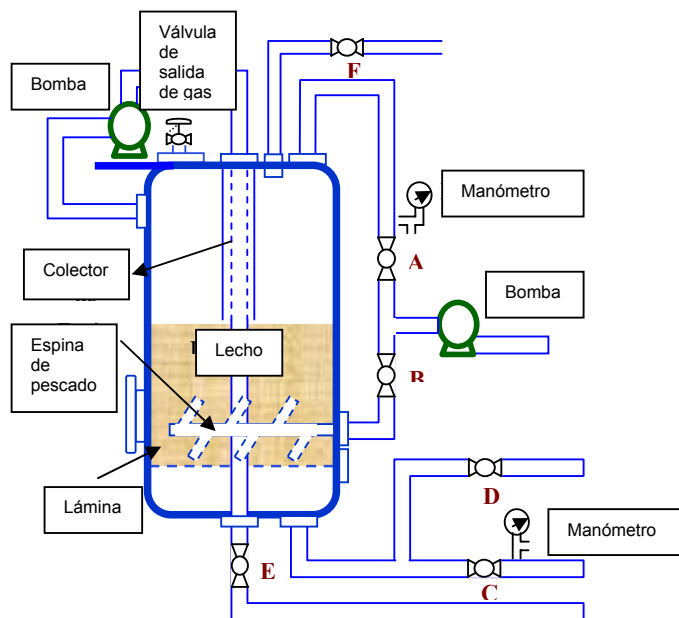
Los filtros utilizados en el tratamiento de aguas residuales son tanques diseñados con dimensiones específicas, de acuerdo a la necesidad de operación, cuyo objetivo es disminuir la carga de aceites y sólidos suspendidos totales en aguas residuales resultantes de la industria petrolera y de la industria en general.

En la figura 39 se pueden observar las partes del filtro marca New Water.

Ventajas

- Alta remoción de aceites y sólidos suspendidos en agua, cumpliendo las normas ambientales vigentes.
- Bajo costo con relación a los importados.
- Equipo diseñado con dimensiones específicas, de acuerdo a la necesidad de operación.
- Se fabrican a nivel nacional. Y son de fácil instalación y mantenimiento, gracias a su presentación modular.
- Operación sencilla en filtros manuales, semiautomáticos o automáticos.
- Debido a la innovación tecnológica, se disminuye el consumo de químicos para la limpieza del lecho filtrante en el ciclo de retrolavado.
- Fácil consecución y bajo costo del lecho filtrante.

Figura 31. Filtro marca New Water



Fuente: Tomado de New Gas & Oil Company

Lecho filtrante

Como lecho filtrante se utiliza la cáscara de nuez del fruto de la palma africana, el cual es un producto resultado de la molienda tipo industrial que se realiza a la cáscara de la palma africana o coco, la cual es seleccionada con una malla especial, dando como resultado una malla ASTM. Esta cáscara es utilizada como lecho en estos filtros, ya que gracias a sus propiedades oleofílicas permite la remoción de aceite de las aguas residuales producto de la industria petrolera principalmente.

Ventajas

La cáscara de nuez de origen vegetal es un producto elaborado y distribuido en Colombia, para efectos del filtrado de aguas residuales aceitosas. Este producto, posee disponibilidad casi inmediata debido a la infraestructura

existente para la molienda y tamizado y de estar eximida de los trámites existentes para la importación de productos vegetales a nuestro país.

El agua contaminada entra en el filtro por la parte superior y es distribuida hacia el lecho filtrante por medio de un baffle deflector, el cual distribuye de manera homogénea el agua de filtración, luego se dirige en flujo vertical descendente, hacia la malla de filtración ubicada en la parte inferior del equipo, malla con la resistencia suficiente para soportar tanto el lecho como las diferencias de presión dentro del filtro, además permite el paso del agua filtrada sin pérdidas de cascarilla.

Durante la filtración en flujo vertical las válvulas A, C y F deben permanecer abiertas. Las válvulas B, D y E deben permanecer cerradas. En este período el flujo es ascendente para remover el lecho filtrante y así retirar sólidos y residuos aceitosos. El agua para realizar el retrolavado, penetra en el filtro por la parte inferior a través de un conjunto de tubos ranurados o screen, ensamblados en forma de “Espina de Pescado” que garantizan la turbulencia del lecho filtrante en los 360° de área transversal del filtro y sale por un tubo ranurado que conduce los lodos aceitosos a un decantador.

Una bomba externa de retrolavado, con succión y descarga de agua en el interior del filtro, ejerce una acción de “restregado” del lecho, mejorando la limpieza del mismo.

Durante esta fase se abren las válvulas B y E y la bomba de retrolavado arranca y funciona por un espacio de 2 minutos al inicio y dos minutos al final de la fase de retrolavado, cumpliendo con un efecto de restregado del lecho filtrante.

Las válvulas A, C, D y F estarán cerradas. Todo el período tiene un tiempo de duración de 20 minutos dependiendo de la carga del agua de filtración.

En este período todas las válvulas estarán cerradas, esto para permitir que el lecho filtrante se acomode nuevamente. Esta etapa tiene una duración de 30 segundos.

Este período corresponde al lavado final del lecho filtrante. Durante esta fase se retiran los últimos residuos contaminantes del lecho y se depositan en la caja API para luego ser procesados por el mismo filtro. Las válvulas A Y D, estarán abiertas y las válvulas B, C, E y F estarán cerradas. La duración de este período es de 10 minutos.

Tabla 11. Válvulas de operación filtro New Water

PERIODO	A	B	C	D	E	F
FILTRACIÓN	O	X	O	X	X	O
RETROLAVADO	X	O	X	X	O	X
ASENTAMIENTO	X	X	X	X	X	X
NORMALIZACIÓN	O	X	X	O	X	X

O : VALVULAS ABIERTAS X : VALVULAS CERRADAS

Fuente: Tomado de New Gas & Oil Company

3.4.2 Filtro presurizado de arena de bajo caudal marca Unicel

En la siguiente tabla se observan las especificaciones de diseño del filtro presurizado de arena de bajo caudal marca Unicel:

Tabla 12. Especificaciones de diseño filtro presurizado de arena de bajo caudal

Modelo	Capacidad (GPM)	Capacidad(BWPD)
USF-1	70	2,400
USF-2	125	4,300
USF-3	200	6,800
USF-4	300	10,300
USF-5	400	13,700
USF-6	500	17,000
USF-7	650	22,300
USF-8	800	27,500
USF-9	950	32,500
USF-10	1,100	37,700
USF-11	1,300	44,500

Fuente: www.c-a-m.com/content/pet/index.cfm

Figura 32. Vista Frontal y Superior del filtro presurizado de arena de bajo caudal marca Unicel



Fuente: www.c-a-m.com/content/pet/index.cfm

Ventajas

- Excelente remoción de aceites y sólidos.
- Presurizado (10 gpm/ft²).
- Sistemas de montaje móvil: Bajo costo de instalación.
- No hay partes móviles para reemplazar: Bajo costo de mantenimiento.
- Diseños de gas disponibles: No se liberan vapores a la atmósfera.

3.4.3 Filtros marca Metrol Auto-Felt

Los filtros marca Metrol ® Auto-Felt ® están diseñados para proporcionar alta eficiencia de remoción de partículas del agua bajo una variedad de condiciones. Con tamaño de filtración eficaz de hasta 2 micras, estas unidades de filtro son notables por su bajo peso, mínimas necesidades de mantenimiento y capacidades de eliminación de partículas. La unidad viene con una capacidad de retrolavado, que puede operar ya sea en automático o el modo manual.

Beneficios y Ventajas

- Alta eficiencia con sólo un pequeño componente químico
- Bajo costo de mantenimiento.
- Alta eficiencia de retrolavado con bajo uso de agua.
- Retrolavado automático, mientras esta en línea.
- Bajo peso y mínimas necesidades de espacio.

3.4.4 Filtros duales marca Metrol

Es un filtro de paquetes modulares para la eliminación de materiales suspendidos de pequeñas dimensiones en altos flujos de filtración.

Los filtros duales marca Metrol proporcionan la remoción de partículas en condiciones de altas tasas de filtración, usando capas de antracita y partículas de granate como el medio filtrante; estas unidades logran hasta un 98% de eliminación por debajo de 2 micras, y se diseñan de acuerdo a las necesidades del cliente. Estos incluyen una característica de retrolavado automático que emplea una combinación de aire y agua para mantener la eficiencia de la unidad.

Beneficios y Ventajas

- Paquetes diseñados para cada cliente.
- Retrolavado automático.
- Alta eficiencia de filtración garantizada.
- Capaz de operar a muy altas tasas de flujo.
- Protección absoluta de los filtros.

Aplicaciones

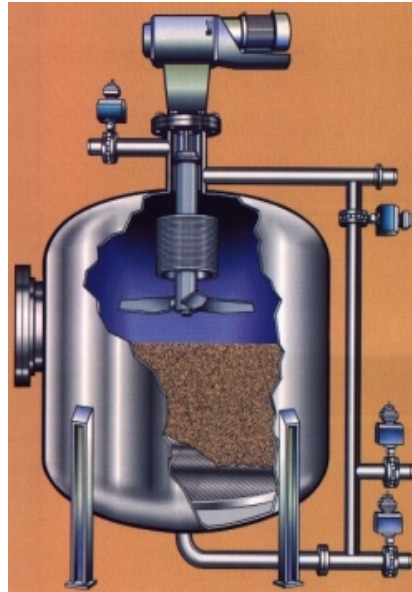
- Sistemas de inyección de agua.
- Calderas para agua de alimentación.
- Enfriamiento de agua de filtración.

3.4.5 Filtros con cáscara de nuez marca Hydromation

Filtros con cáscara de nuez de alto rendimiento para procesos de purificación de agua aceitosa y aguas residuales industriales.

Los filtros con cáscara de nuez marca Hydromation ® son para bajo flujo, donde ésta actúa como medio filtrante. A medida que el líquido pasa a través de este medio, el petróleo y los sólidos son retenidos de manera eficiente, y puede entonces ser fácilmente retrolavado el lecho. Este proceso de retrolavado es la mejor tecnología disponible para fluidizar el lecho, permitiendo así la fabricación de grandes unidades de flujo horizontal. No se requieren productos químicos ni surfactantes para el retrolavado.

Figura 33. Filtros con cáscara de nuez marca Hydromation



Fuente: www.c-a-m.com/content/pet/index.cfm

Estos filtros dan el doble de la eficiencia de rendimiento de los lechos convencionales de arena. En condiciones normales de funcionamiento, elimina de 95 a 99% de sólidos en suspensión, y de 90 a 99% de hidrocarburos insolubles sin la utilización de productos químicos.

El ciclo de lavado previene que se acumule la suciedad en el filtro. Este ciclo de lavado se inicia automáticamente, cada vez que el filtro se carga de suciedad y se reporta un cambio en la presión diferencial a través de éste, o una señal automática de tiempo la cual activa el retrolavado.

El diseño actual incorpora la alta intensidad de un mezclador para agitar vigorosamente el lecho durante el ciclo de lavado.

Características

- Remueve del 95% -98% de sólidos superiores a 2 micras.
- Retiro del 90% -95% de aceite (hidrocarburos insolubles).
- Permanentes diseños con cáscara nuez como medio filtrante lo cual reduce los costos de operación.

- Altas tasas de flujo: Doble arena o filtros de técnica mixta, minimiza el área necesaria para el filtro.
- Mejoramiento de diseño de retrolavado utilizando la mezcla minimiza los volúmenes de agua de retrolavado.
- Múltiples tamaños y modelos que manejan flujos de 100 gpm a 12000 gpm (23 m³/hr a 2730 m³/hr).

Aplicaciones

- Sector petrolero: Descarga de agua producida.
- Sector petrolero: Inyección de vapor de agua de las inundaciones.
- Sector petrolero: Filtración de agua de mar para el agua de inundación.
- Refinerías: Filtración de aceite de aguas residuales y de refrigeración.
- Proceso de clarificación de agua.
- Las centrales eléctricas: Torre de enfriamiento de agua.
- Plantas químicas: Protección y clarificador de desbordamiento.
- Recuperación de suelos: Aceite de agua subterránea.

Beneficios y Ventajas

- Proveen confiabilidad con muchas unidades que operan en todo el mundo en una amplia variedad de aplicaciones.
- Ciclos de lavado impiden la acumulación de suciedad en el filtro.
- Energía eficiente: Alta eficiencia minimiza el mantenimiento y el tiempo de inactividad.
- Reduce los costos de explotación.
- Genera un mínimo de 40000 gpm de la tasa de bombeo con sólo una pequeña cantidad de caballos de fuerza en el motor.
- El volumen de retrolavado es típicamente 0.5- 1% de rendimiento para que el volumen de residuos sea mínimo.
- Más del 99% de rendimiento anualizado.

Gama de productos

- Estos sistemas de filtración dan el doble de rendimiento que los filtros convencionales.
- Modelos Horizontales y verticales disponibles.
- Petreco construye diez (10) modelos estándar vertical y seis (6) estándar horizontal.
- Los modelos Verticales proporcionan un caudal de 70 gpm a 2800 gpm por unidad, mientras que los modelos horizontales proporcionan caudales de 1200 a 12000 gpm por unidad, cada uno en función de la solicitud necesaria.
- Las unidades son pre-ensambladas en la fábrica y pueden ser enviadas hasta el lugar de trabajo, montados en sistemas rodantes, listas para su instalación.
- Por otra parte, los tamaños más grandes pueden ser personalizados diseñados para satisfacer las necesidades de cada proyecto específico.

Rendimiento

En condiciones normales de funcionamiento, elimina del 95 a 99% de sólidos en suspensión, y 90 a 99% de hidrocarburos insolubles, sin la utilización de productos químicos. El mezclador proporciona un ahorro de más del 85% en el consumo de energía para el ciclo de retrolavado. También permite alta eficiencia de lavado que se hace dentro del filtro, lo que reduce los requisitos externos para válvulas, tuberías, y la baja eficiencia de bombas de recirculación. Este diseño también proporciona un mayor ahorro en los costos de capital de equipamiento. La alta eficiencia minimiza el mantenimiento y el tiempo de inactividad. El diseño Hydromation, sistema con cáscara de nuez, asegura una máxima eficiencia y bajos costos de operación.

3.4.6 Filtros de cáscara de nuez marca Sabian

La tecnología de filtros marca SABIAN™, presenta una solución que sea creíble, competitiva y simple de operar y mantener. De este modo, se puede proporcionar ayuda para tener un mayor retorno sobre la inversión realizada, a objetivos de valor mínimo deseado aceite en agua y sólidos suspendidos totales (SST).

El objetivo de los filtros es limpiar suficiente el agua para las aplicaciones, y para eliminar las gotas de tamaño más pequeño posible. Estas aplicaciones pueden incluir la inyección en formaciones, precipitación química ablandamiento, reducción de sílice, generación de vapor o el vertido directo. La filtración con cascara de nuez es una tecnología que utiliza la cascara de nuez para una gran zona de adsorción, con fácil adherencia de petróleo en la superficie de la misma. La exhibición de buena capacidad de retención de sólidos y la presencia de aceites incrementa la eficacia de eliminación de sólidos. Las conchas seleccionadas son de origen de cascara de nuez negra, a diferencia de la nuez inglesa, que es mucho más difícil de manejar en la filtración.

Figura 34. Cáscara de nuez utilizada por los filtros Sabian



Fuente: www.glr solutions.com/articles/cache/

Los filtros BSW Sabian son capaces de manejar una gran variedad de caudales y pueden realizarse en una amplia variedad de situaciones. El beneficio de esta flexibilidad es la capacidad para diseñar el funcionamiento óptimo de las directrices de este proceso para la aplicación sobre el terreno.

Características

- Con el filtro Sabian la única pendiente de diseño, no es el tiempo necesario para retrolavado, ni el volumen de retrolavado debido a que es bajo y los patrones de flujo son tales que la superficie de filtración está optimizada, pero no se tiene un arreglo de zonas muertas que se producen durante el proceso de retrolavado.
- El filtro esta dividido en el tanque en varias cámaras de tamaño igual. Las configuraciones de 2-4 están en función del caudal requerido para tratamiento. Varias salas de operaciones están dedicadas a una cámara, mientras permanece en el modo de disponibilidad siempre para recibir la entrada de agua cuando un ciclo de retrolavado comienza. Cada cámara pasa a través de un ciclo de rotación a fin de que cada cámara alterne su función de reserva.

Beneficios y Ventajas

- Bajo volumen de retrolavado.
- Los medios se limpian dentro de sí mismo del filtro y no es necesaria una transferencia fuera.
- No es necesaria rotación de los equipos, es decir la bomba de retrolavado o mezcladora.
- Reduce los costos operativos pues no es necesaria una bomba de retrolavado con gran poder.
- Simple filosofía de control, fácil de operar con alta fiabilidad.
- Los medios tienen un medio de vida más largo que los competidores de los productos que utilizan distintas cascaras de nuez negras.

- Construido con múltiples cámaras de diseño que incorpora una cámara de repuesto, por lo tanto no se requiere el aumento de la capacidad aguas arriba y también deja espacio para aumentar en el futuro si se manejan flujos adicionales previstos.

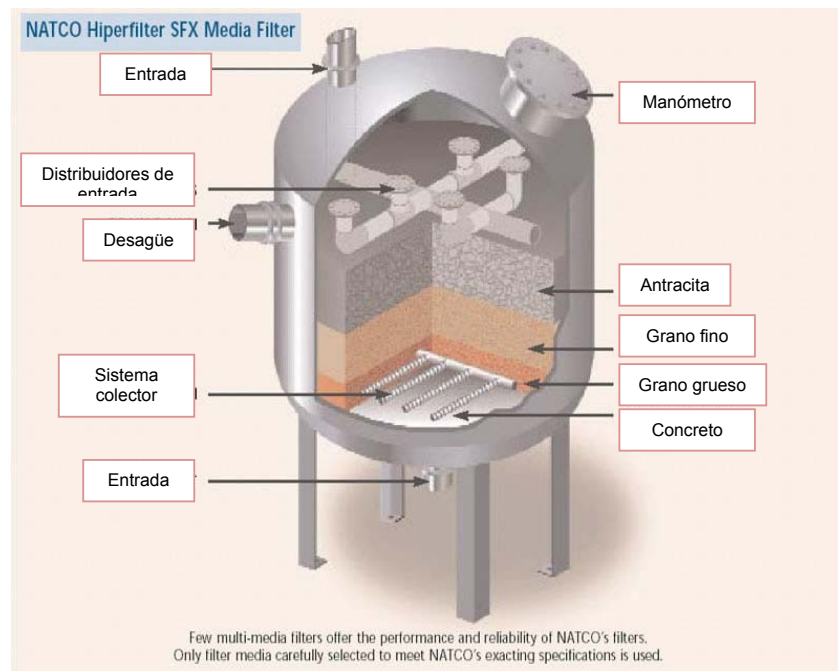
Propiedades del lecho filtrante

- Humectabilidad óptima para coalescencia del petróleo.
- No requiere largo plazo de coalescencia de petróleo para los medios para permitir la limpieza eficaz.
- Densidad específica similar a la de toma de agua de retrolavado, lo que hace una agitación eficaz.
- Homogeneidad de tamaño de las partículas.

3.4.7 Filtro marca SFX

El filtro marca SFX ofrece todos los beneficios de doble filtro, específicamente para aplicaciones con altas cargas de sólidos. El diseño de la distribución superior e inferior elimina los puntos muertos y los problemas de canalización, la falta de agua/calidad del efluente y la pérdida de los medios de filtración; a menudo se encuentran en menores diseños. Debido a la flexibilidad en el diseño de los filtros, las unidades pueden ser configuradas para lograr las cualidades del agua con eficiencia de eliminación de hasta el 98% en 2µm.

Figura 35. Filtro marca SFX



Fuente: www.natcogroup.com

Características

- Se requiere un bajo nivel de asistencia de operadores, lo que reduce sustancialmente los gastos de funcionamiento general y ofrece un ambiente de trabajo más seguro.
- El filtro SFX da un 30% más de ahorro de peso de más de los filtros convencionales y están diseñados para aplicaciones donde el espacio y el peso se encuentran en consideraciones primordiales, tales como las plataformas off-shore.
- También pueden ser utilizados para mejorar las instalaciones existentes, aumentando la capacidad que se requiere sin la adición de nuevos tanques.
- En caso de que el agua debe ser tratada en tierra, para reinyección o vertimiento en una zona ecológicamente sensible, el filtro marca SFX se puede usar y llegar a tener niveles por debajo de 5 ppm a la salida.
- En aplicaciones de gran capacidad, por lo general, más de 300 000 bls/día, aproximadamente 2000m³/hr, donde los grandes tanques de

filtros verticales son poco prácticos, los filtros horizontales están disponibles. Diseñados con los mismos principios, normas y alta eficiencia que los filtros verticales, los filtros horizontales ofrecen al cliente una flexibilidad de configuración para satisfacer sus necesidades específicas.

- El tanque interno puede ser fabricado a partir de 316L y Super Duplex de acero inoxidable, titanio o 254 6Mo, haciéndolos ideales para los más duros de entornos.

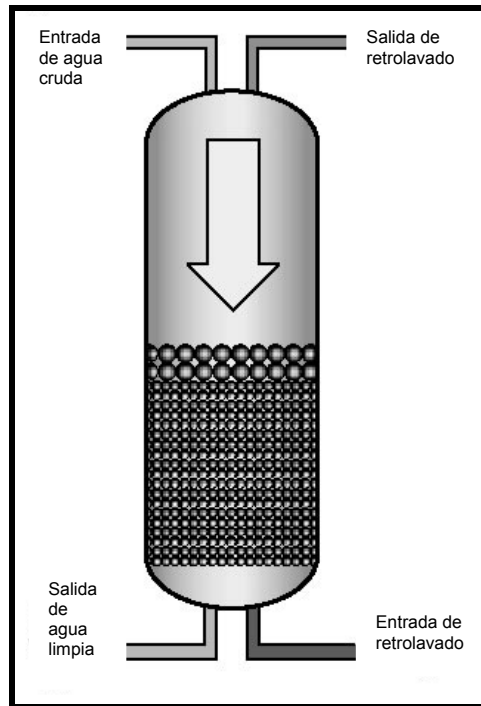
3.4.8 Filtro de único flujo marca SFX

El filtro SFX™ de tratamiento químico es un diseño eficaz en la filtración de flujos bajos que combina la eficiencia del proceso de alta con la sencillez de operación y mantenimiento. Múltiples grados de filtración de los medios permite la eliminación eficiente de sólidos.

En el filtro SFX™, el agua cruda entra por la cima del equipo y fluye a través de una capa gruesa de carbón a una capa de granate y sale por la parte inferior a través de un sistema de desagüe. El sistema de filtro SFX™ puede manejar las tasas de flujo a 20 gpm/ft².

Los revestimientos al interior están disponibles en varios materiales para una amplia gama de fluidos corrosivos. En caso de no tener ciertos revestimientos internos pueden ser fabricados o enchapados con aceros aleados.

Figura 36. Filtro SFX de único flujo



Fuente: www.natcogroup.com

Características

- El agua de retrolavado entra en el equipo a través de la parte inferior, fluidiza los medios de filtración y sale por la parte superior.
- Una capa gruesa superior impide caking de sólidos sobre la superficie reduciendo así los requisitos de retrolavado. El alto flujo de retrolavado utilizado por lo general durante el desgrasado no es necesario en este filtro.
- El sistema de filtrado SFX TM está diseñado para una fácil instalación. Controladores lógicos programables por el usuario están disponibles para el funcionamiento automático.
- Se han estandarizado los sistemas de filtrado para una amplia gama de tipos de proceso de flujo. Sin embargo, los sistemas de SFX TM pueden ser personalizados para necesidades especiales, incluidos los flujos de proceso único, filtro de los arreglos en serie o paralelo, etc

Aplicaciones

- Sólidos con petróleo humedecido.
- Sólidos estabilizados con gotas de aceite.
- Sólidos biológicos y aguas residuales.
- Precipitados y escalas.
- Arcilla y partículas minerales.

3.4.9 Filtro de doble flujo marca DFX

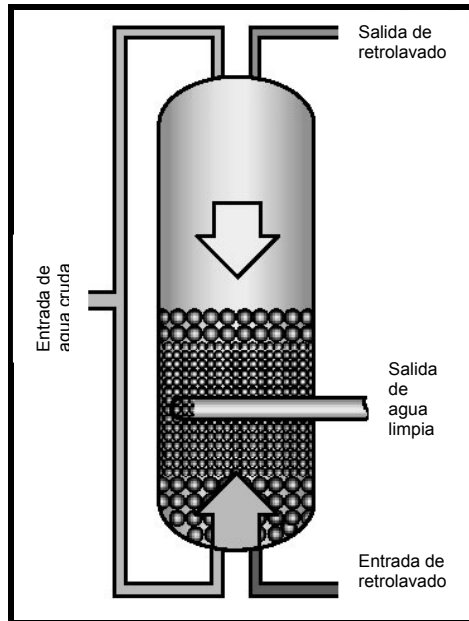
El filtro DFX de doble flujo, representa la tecnología avanzada de filtrado de líquidos contaminantes de las aguas de proceso. El filtro combina flujo arriba y abajo con filtración multimedia a través de un lecho.

El agua entra tanto en la parte superior e inferior del equipo y pasa a través de medios finos (lecho). El agua de la parte superior pasa a través de una capa gruesa de carbón a una de granate. El agua de la parte inferior pasa a través de una capa gruesa de granate a una capa fina de granate. El agua filtrada sale del equipo cerca de la mitad de los medios a través de una serie porosa lateral.

El filtro DFX se encarga de filtrar hasta 40 gpm/sq*ft. Eso es tanto como dos veces el flujo competitivo a través de los filtros de medios granulares. A solo 10' de diámetro puede manejar hasta 4,5 millones de gal/día, dependiendo del tamaño y el tipo de material que debe eliminarse.

En la siguiente figura se señalan los principales componentes de un filtro de doble flujo marca SFX:

Figura 37. Filtro de doble flujo marca SFX



Fuente: www.natcogroup.com

Características

- Elimina partículas de dos micras de tamaño o más grandes. Con el pre-tratamiento químico se eliminan las partículas de una micra de tamaño o más grande.
- Las capas gruesas en la parte superior e inferior del filtro permiten una filtración mas profunda. Como resultado de ello se requiere retrolavar con menos frecuencia. Además, el agua cruda puede ser utilizada para el lavado de nuevo, el agua limpia almacenada se elimina.
- El alto caudal disponible con DFX™ significa un menor número de unidades más pequeñas obligatorias. El resultado final es un ahorro sustancial en gastos de capital, reducción de peso y de espacio para, válvulas, tuberías y equipos de control.
- El interior de los revestimientos están disponibles en varios materiales para una amplia gama de fluidos corrosivos. En caso de que los

revestimientos internos no sean prácticos, el tanque DFX™ puede ser fabricado o enchapado en aceros aleados.

- El sistema de filtrado DFX™ está diseñado para una fácil instalación. Controladores PLC están disponibles para el funcionamiento automático. La fabricación y sitio de programación está disponible para satisfacer las necesidades de proceso.

Aplicaciones

- Sólidos con petróleo humedecido.
- Sólidos estabilizados con gotas de aceite.
- Sólidos biológicos y aguas residuales.
- Precipitados y escalas.
- Arcilla y partículas minerales.
- Cenizas volantes.

3.4.10 Filtro doble de flujo vertical marca VFX

Proporciona sistemas de filtración de separación múltiples en un solo equipo ofreciendo máxima recuperación. El exclusivo filtro VFX™ filtro vertical de sólidos/aceite es un proceso de acondicionamiento que recupera el agua libre, dispersa y emulsiona aceites, y quita los sólidos en suspensión del agua de producción, todo ello en un solo tanque.

El filtro VFX™ utiliza un sistema de medios de filtración granular para filtrar los sólidos que se unen a las emulsiones de aceite. Esto ofrece un ahorro significativo sobre el espacio y la instalación, reflejándose en la reducción de capital. Incorporado en el sistema se tiene el retrolavado granular coalescente en los medios de filtración que elimina el alto costo de la sustitución y el mantenimiento de cartucho.

El petróleo recuperado proporciona una recuperación de la inversión sobre la

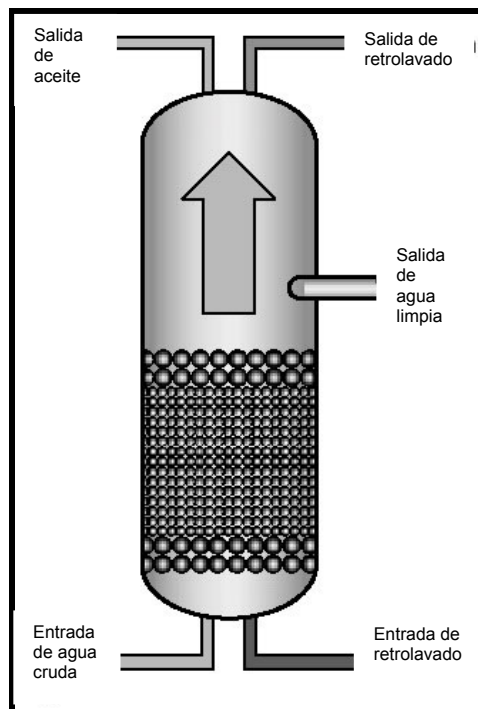
inversión inicial, independientemente de que se utilicen para la energía in situ, reutilizados en el proceso, o vendidos.

El filtro VFX™ proporciona la eliminación del petróleo y la recuperación de 98% o más, en rangos de hasta un máximo de 9 gpm/sq*ft. Ha demostrado ser eficaz en numerosas aplicaciones:

- Disposición aceite/agua en aplicaciones de la industria del petróleo
- Eliminación de orgánicos y sólidos suspendidos en los sistemas de extracción por solvente para la industria de la minería
- Limpieza de hidrocarburos de petróleo y el agua subterránea contaminada

Se recomienda el filtro VFX™ para caudales de 2,5 a 7,5 gpm/sq*ft.

Figura 38. Filtro doble de flujo vertical VFX



Fuente: www.natcogropup.com

Características

- Cuando el proceso lo requiere y/o cuando la diferencia de presión a través de los medios de filtración aumenta debido a que aumenta la carga de sólidos, los medios de filtración son retrolavados de una manera similar a la de un filtro convencional de arena. Durante el retrolavado, el agua entra en la distribución de cabecera lateral para evitar la canalización. El agua fluye hacia arriba a través de los medios, expandiéndose alrededor del 30. La duración del retrolavado en general requiere menos de 15 minutos. Después de un ciclo de retrolavado el efluente puede ser reciclado hasta que la calidad del efluente se estabilice. Las altas tasas de flujo que se utilizan durante el retrolavado en el desgrasado de los filtros VFX™ son innecesarias.
- Proporciona un coalescedor, filtro de aceite y/separator de agua en el tanque para reducir el espacio y costos de instalación.
- El filtro VFX™ utiliza un sistema granular de retrolavado que tiene una vida indefinida, en contraste con otros medios.
- Tapones de puro petróleo son fácilmente manipulados por el sistema de filtro VFX™. El diseño de cama profunda tiene una alta capacidad de retención de los sólidos lo que requiere menos retrolavado.
- El sistema es automatizado por lo general, eliminando así la necesidad de personal de operación. Controladores de lógica programable se encuentran disponibles y el sitio de programación para adaptarse a requisitos del proceso.
- Los sistemas pueden ser montados sobre patines para la reducción de los costos de instalación y rápida puesta en marcha

3.4.11 Filtro marca Suretrap

Están diseñados para eliminar la suciedad, a escala de gasoductos, y otros contaminantes sólidos de líquidos en el proceso. Proporciona la mayor superficie de filtración para un determinado tamaño. Esto aumenta la capacidad de retención de suciedad, reduce al mínimo la caída de presión y extiende la vida de servicio.

Los filtros marca SureTrap™ son una composición de materias inorgánicas; compuesto de microfibras de diversos diámetros de la sección transversal diseñado para maximizar la eficiencia y la capacidad de retención de suciedad y reducir al mínimo la caída de presión. La correcta relación de los diferentes diámetros de fibra se mezcla para producir una matriz con el deseado tamaño de poro.

La eficiencia de los filtros marca SureTrap™ se mide en β . Calificación beta es una medida de los elementos de eficiencia para eliminar las partículas más grandes que un tamaño especificado del fluido de proceso que está representado por el SSX. El valor se determina por:

$$\text{SSX} = \text{Nu}/\text{Nd} \text{ Ec- 3}$$

Donde:

Nu, Número de partículas de más de X micras por unidad de volumen de líquido aguas arriba del filtro.

Nd, Número de partículas de más de X micras por unidad de volumen de líquido aguas abajo del filtro.

Este método de ensayo ha sido internacionalmente aceptado para la presentación de informes de eficiencia de filtración, ya que proporciona datos de prueba reproducible para evaluar el rendimiento de la filtración de un elemento filtrante.

Este sistema es importante porque todos los filtros que se clasifican de esta manera se han evaluado de acuerdo con un sistema estándar. Esto permite un

grado razonable de las expectativas de rendimiento por el filtro con elementos equivalentes a las puntuaciones beta.

Datos operativos

- ΔP inicial recomendada: <2 psid
- Cambio ΔP : 20- 25 psid
- Temperatura máxima de funcionamiento: ~ 300 ° F

Ventajas

- Un rendimiento fiable, absoluta eliminación de sólidos a cualquier micron de tamaño especificado
- Alta Integridad, construcción de poro fijo impide que las partículas se emitan de nuevo en el flujo de líquido durante el flujo o aumentos de presión repentinos
- Vida más larga y unos costos más bajos, con gran superficie se tiene alta capacidad de retención de suciedad
- Capacidad de productos químicos, estos medios de filtración son compatibles con la mayoría de procesos de fluidos y productos químicos

3.4.12 Filtros con cáscara de nuez marca Silver Band

Los filtros Silver Band poseen un buen rendimiento para la corriente por el filtro de cáscara de nuez. Puede eliminar típicamente 98% de los sólidos en suspensión y los hidrocarburos insolubles en la mayoría de las aplicaciones.

La limpieza se realiza mediante un proceso de bombeado y fluidización de petróleo y contaminantes en los medios. Este proceso elimina la necesidad de usar desnatado gas/petróleo, tensioactivos, o grandes volúmenes de agua de retrolavado.

El diseño de este filtro proporciona una eficiencia mayor en la separación de aceite y contaminantes sólidos de los flujos de líquido. En el sistema, el acero inoxidable soporta la pantalla la cual se encuentra en la parte inferior del tanque. Una boquilla de fluidización se sitúa en la parte superior central del filtro y se extiende hasta la parte inferior del medio. Dentro de la fluidización se encuentra la boquilla de acero inoxidable la cual se encarga de lavar la pantalla. Esta pantalla permite salir el líquido sucio, pero mantiene el medio.

El diseño simple y automático del sistema se traduce en bajos costos por varias razones:

- El sistema requiere menos espacio que otros sistemas de bombeo de fluidización en filtros de lecho profundo.
- La tasa de flujo del diseño de 13.5 a 15 gpm/ft² requiere filtros pequeños y en menor cantidad para aplicaciones de altos caudales.
- Los filtros usan agua cruda de entrada para la regeneración, eliminando la necesidad de uso de agua limpia para el retrolavado de los tanques de almacenamiento.
- Cada filtro contiene su propia bomba de retrolavado, eliminando la necesidad de bombas grandes auxiliares de retrolavado, tuberías asociadas y controles.
- No son normalmente requeridas sustancias químicas para mejorar la eficacia de eliminación o limpieza de los medios durante la filtración o la regeneración.

3.4.13 Filtros de carbón activo

Constituyen la mejor elección para la decoloración del agua, para la eliminación de plaguicidas, herbicidas, materia orgánica, geosmina, etc., presentes en el agua bruta.

Se tiene a disposición del mercado una línea de filtros de carbón activo, formada por tres series diferentes:

SERIE FMC

Características

Tanque construido en vinilester protegido interiormente por una funda de polietileno.

- Capacidades de producción: desde 1,1 m³/h hasta 3 m³/h.
- Carbón activo granular de alta capacidad y baja pérdida de carga.
- Válvula multivía, construidas en Noryl o bronce, en función del modelo..

SERIE FPC

Características

- Tanque construido poliéster reforzado con fibra de vidrio.
- Capacidades de producción: desde 3,3 m³/h hasta 17,5 m³/h.
- Carbón activo granular de alta capacidad y baja pérdida de carga.
- Válvula automáticas de maniobra neumática, de membrana o de mariposa, en función del modelo, para dirigir el agua por los diferentes circuitos necesarios para las operaciones de servicio y lavado.

SERIE FIC

Características

- Tanque construido en acero protegido interior y exteriormente por una pintura epoxi.
- Capacidades de producción: desde 18,4 m³/h hasta 106 m³/h.
- Carbón activo granular de alta capacidad y baja pérdida de carga.

Válvula automáticas de maniobra de mariposa, para dirigir el agua por los diferentes circuitos necesarios para las operaciones de servicio y lavado.

3.4.14 Filtros bicapa y tricapa

Figura 39. Filtros bicapa y tricapa



Fuente: www.veoliawaterst.es/es

Estos equipos de filtración tienen capacidades de producción unitarias desde 0.4 m³/hr hasta 140 m³/hr, en la gama estándar, que permiten la eliminación de sólidos en suspensión, otros contaminantes presentes en el agua bruta, así como permiten la reducción del SDI como pretratamiento en instalaciones de ósmosis inversa.

- **FILTROS BICAPA**

Constituyen la mejor elección para conseguir un elevado grado de filtración usando filtros de presión, además de trabajar con velocidades de filtración elevadas. Son, además, una especial garantía para reducir el SDI cuando se usan como pretratamiento en instalaciones de ósmosis inversa.

Pone a disposición una línea de filtros bicapa, formada por dos series diferentes:

SERIE FPAB

Características

- Filtro con tanque construido en poliamida.
- Capacidades de producción desde 2.1 m³/h hasta 12.3 m³/h.
- Válvulas automáticas de maniobra neumática, de membrana o de mariposa, en función del modelo.

SERIE FIB

Características

- Filtro con tanque construido en acero, protegido interior y exteriormente por una imprimación epoxi alimentario.
- Capacidades de producción desde 12.3 m³/h hasta 70.7 m³/h.
- Válvulas automáticas de maniobra neumática, o de mariposa, en función del modelo.

- **Filtros tricapa**

Constituyen la mejor elección para conseguir un elevado grado de filtración usando filtros de presión, además con la ventaja de trabajar con velocidades de filtración elevadas. La elección de las granulometrías y la ingeniería del diseño permite la floculación en línea lo que aumenta el grado de filtración hasta, según que casos, las 20 micras.

Son, además, una especial garantía para reducir el SDI cuando se usan como pretratamiento en instalaciones de ósmosis inversa. Pone a disposición del mercado una línea de filtros tricapa, formada por tres series diferentes:

SERIE FMT

Características

- Tanque construido en vinilester protegido interiormente por una funda de polietileno.
- Capacidades de producción desde 0.7 m³/h hasta 4.4 m³/h.
- Válvula multivía para las operaciones de servicio, contralavado y aclarado. La serie FMT tiene, además una gama manual y otra para agua caliente.
- Tres capas filtrantes principales (antracita, sílex y granate) y 3 gravas de soporte para evitar la fuga del mineral filtrante y distribuir el flujo durante la etapa de contralavado.

SERIE FPAT

Características

- Tanque construido en poliamida.
- Capacidades de producción desde 4.3 m³/h hasta 24.5 m³/h.
- Válvulas automáticas de maniobra neumática (de membrana o mariposa según modelo).
- Tres capas filtrantes principales (antracita, sílex y granate) y 3 gravas de soporte para evitar la fuga del mineral filtrante y distribuir el flujo durante la etapa de contralavado.

SERIE FIT

Características

- Tanque construido en acero, protegido interior y exteriormente por una imprimación epoxi alimentario.
- Capacidades de producción desde 18.4 m³/h hasta 106 m³/h.
- Válvulas automáticas de maniobra neumática de mariposa.

- Tres capas filtrantes principales (antracita, sílex y granate) y 3 gravas de soporte para evitar la fuga del mineral filtrante y distribuir el flujo durante la etapa de contralavado.

3.4.15 Filtros marca Hydrotech

Los filtros marca HYDROTECH son un sistema de filtración superficial por gravedad de gran eficacia y versatilidad, que utiliza microtamices para la eliminación de sólidos en suspensión y turbides. Son filtros de gran capacidad de tratamiento en un reducido espacio de implantación. Así, por ejemplo, 108 m² de área de filtración, tan sólo requieren 13.6 m² de superficie de implantación.

VENTAJAS Y BENEFICIOS

- Amplio rango en la concentración de sólidos del agua a tratar.
- Malla filtrante desde 10 a 1.000 micras, según aplicación.
- Equipos con caudales de producción desde 10 a 5.400 m³/h.
- Diseño compacto que requiere hasta un 75% menos de superficie de implantación comparado con un filtro convencional de arena.
- Bajos costos de inversión, gracias al diseño compacto.
- Minimización de los costos de energía, ya que la filtración se realiza por gravedad.
- Funcionamiento en continuo, incluso en fase de lavado.
- Muy fácil accesibilidad a todos los elementos del filtro.
- Fácil operación y mantenimiento.

APLICACIONES

- Tratamiento terciario de aguas residuales municipales
- Pretratamiento agua potable
- Tratamiento agua de tormentas
- Tratamiento de agua de procesos industriales

3.4.16 Filtro marca Filtraflo

Todos los filtros marca Filtraflo™ emplean el mismo principio básico que implica una filtración rápida gravitacional de agua cruda a través de los medios granulares. El filtrado está compuesto de una o dos capas.

Dependiendo de la calidad de las aguas a ser tratadas y de los objetivos del filtrado, diferentes medios para filtrar pueden ser empleados: arena, carbón activado, antracita, piedra pómez, shale, caliza, etc.

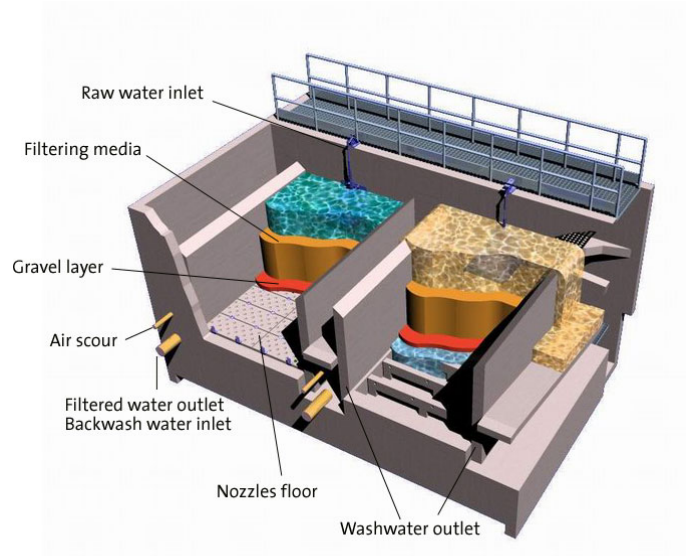
Los filtros Filtraflo™ se diferencian por sus características tecnológicas pues se adaptan a las demandas de tratamiento de aguas y el tipo de agua a tratar, y facilitan la integración en la línea de producción de agua.

Principio de funcionamiento

Dependiendo de la capacidad de la planta, la filtración puede lograrse con una presión abierta o la presión de filtro. Un rendimiento óptimo del proceso de filtración se efectúa por conducto ordinario de retrolavado con agua filtrada y el aire. Cada filtro se retrolava de forma independiente, por lo tanto, se presenta garantía de abastecimiento continuo.

En la siguiente figura se observa la configuración típica de un filtro marca Filtraflo.

Figura 40. Configuración del Filtraflo



FUENTE : WWW.VEOLIAWATERST.COM/SOLUTIONS

Características y Beneficios

- Los filtros Filtraflo™ ofrecen una solución avanzada de filtración que involucra una rápida filtración de agua cruda a través de un determinado medio; el filtrado está compuesto de uno o varios medios de capas.
- Los filtros Filtraflo™ se adaptan bien a medianas y grandes plantas. Cuando el arsénico se encuentra ya presente en una planta de tratamiento de agua, puede ser fácilmente instalado aguas abajo los filtros de doble medios.

Aplicaciones

- Proceso de dos etapas: Coagulación / floculación y Filtración de arena.
- Se adapta a las altas concentraciones.
- Se adapta a agua cruda con alta turbidez.

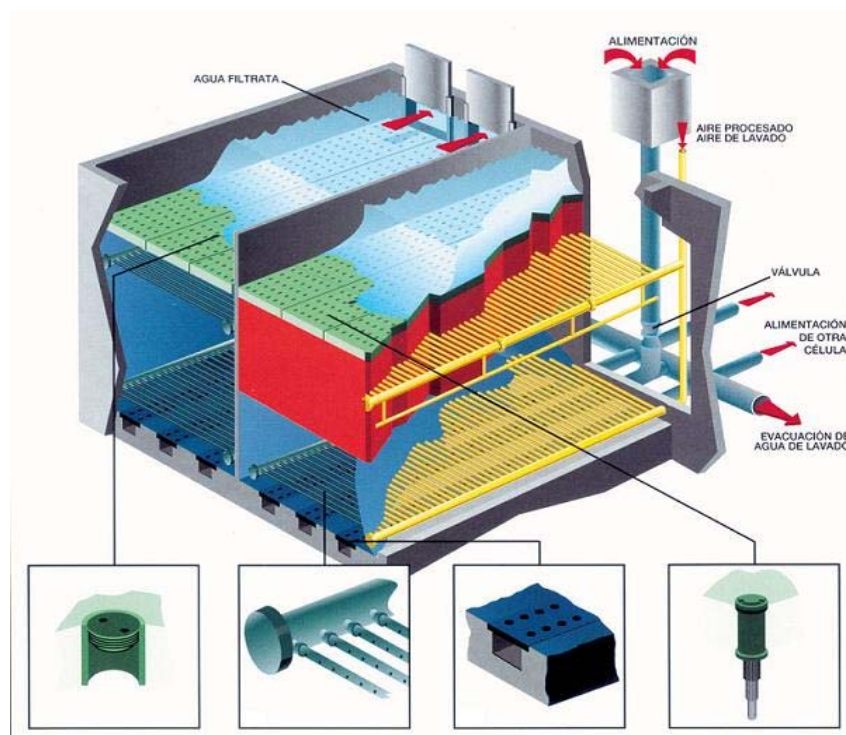
3.4.17 Filtro marca Biostyr

Es un proceso de biofiltración de flujo ascendente por agua y aire que requiere reducido espacio de implantación y que tiene ausencia de olores y aerosoles, por lo que permite su implantación en zonas residenciales sin perjuicio para los habitantes. El efluente obtenido tiene calidad de terciario, que puede ser empleado directamente para riego. Además, es un proceso flexible, que permite su ampliación o instalación en plantas ya existentes.

Los filtros Biostyr™ elimina nitrógeno, materia orgánica (DQO, DBO) y sólidos en suspensión. La principal característica del proceso es la utilización de un medio filtrante Biostyrene™, que permite la depuración biológica y filtración del agua al mismo tiempo, sin necesidad de un decantador secundario.

En la Figura 54 se observan algunos de talles de los filtros marca Biostyr :

Figura 41. Filtro marca Biostyr



FUENTE : WWW.VEOLIAWATERST.COM/SOLUTIONS

VENTAJAS Y BENEFICIOS

- Se obtiene un efluente con calidad de terciario que permite emplearse directamente para riego.
- Reducción del espacio de implantación, gracias a la compacidad y velocidad del proceso (tiempos de retención de 1-2 horas).
- Permite su ampliación o instalación en plantas ya existentes para aumentar su capacidad de producción o grado de depuración.
- Proceso muy respetuoso con el medio ambiente, ya que no emite olores ni aerosoles. Esta ventaja convierte a Biostyr™ en un proceso que permite su implantación en áreas residenciales, con mínima o nula zona de influencia.
- Alta estabilidad del proceso frente a tóxicos y variaciones de carga.

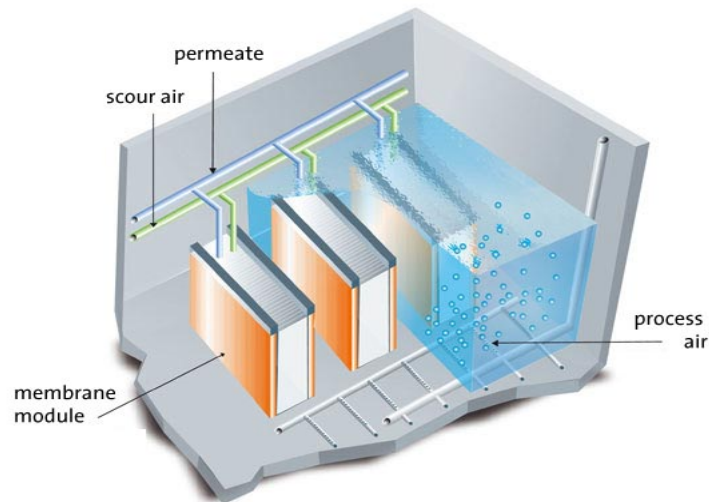
3.4.18 Filtro marca Biosep

Los filtros marca Biosep™ utiliza un tanque de aireación y un sistema de membrana donde se encuentran las membranas agrupadas en módulos. Estos módulos están directamente inmersos en el tanque aireado. El agua filtrada es extraída por medio de dos tubos y una tercera tubería se utiliza para extraer el aire desgrasado.

Las membranas de polímeros son las fibras huecas con una alta resistencia mecánica.

Ofrece una combinación de alto rendimiento: Tratamiento biológico aeróbico de lodos activados usando filtración de membrana. Produce una buena calidad del agua, en pleno cumplimiento con las normas para las zonas de baño, reutilización del agua para el riego y aplicaciones industriales.

Figura 42. Filtro marca Biosep



FUENTE : WWW.VEOLIAWATERST.COM/SOLUTIONS

Aplicación

- Reducción significativa de carbono, nitrógeno y fósforo.
- Alta eliminación de las bacterias.

Ventajas

- Alta calidad del agua tratada.
- Reducción significativa materia biodegradable.
- Alto rendimiento desinfección.
- Agua de regeneración: para uso de reciclado, caldera de alimentación, agua de proceso, otros.
- Optimización del consumo de O₂.
- Silencioso y sin olor.
- Reducción de lodos, energía y presión.
- Menos espacio necesario y fácil de instalar.

- Muy fácil de usar, diseño hidráulico.
- No presenta abrasión de la membrana.
- No requiere tratamiento previo necesario.
- Modularidad y flexibilidad operativa se ve facilitada por los sensores con los cuales funcionan los sistemas de automatización.

Principio de funcionamiento

Utiliza un tanque de aireación y un sistema de membrana donde se encuentran agrupadas en módulos. Estos módulos pueden estar directamente inmersos en el tanque aireado o en una cuenca.

Después de un tratamiento previo (por ejemplo, "screening"), las corrientes de agua cruda fluyen en el tanque aireado donde se elimina el carbono, nitrógeno y fósforo que contienen la contaminación.

La membrana de filtración luego separa el agua depurada de los fangos activados: el agua tratada se ha sacado mediante una baja presión de la bomba. Los lodos retenidos por la membrana crean un pastel de lodo en la superficie de la membrana. El exceso de lodos es directamente eliminado del tanque biológico de deshidratación. Mantener el rendimiento de filtración es el punto clave para el proceso, lo que se basa en diferentes funciones automatizadas: retrolavado, inyección de aire y productos químicos de limpieza.

Aquí se sustituye la fase de clarificación convencional por la separación de membranas la cual acaba con las limitaciones en torno a la solución de los lodos. Como resultado de ello, la línea de tratamiento es muy simplificada y los resultados del tratamiento optimizados.

La membranas de filtración (membranas de hoja plana o fibras huecas orgánicas) se ponen en contacto directo con el tratamiento biológico de la biomasa y la contaminación. Como resultado se tiene: Muy buena resistencia mecánica y producción de agua tratada de una excelente calidad bacteriológica.

Puede adaptarse a las variaciones de carga, garantizando al mismo tiempo la calidad del agua tratada.

3.4.19 Filtro marca Auto-jet

Características y Ventajas

- Limpieza a presión en la hoja del sistema de filtro.
- Mantiene plenamente su capacidad nominal, aun cuando el lodo se encuentra pesado, pegajoso o excepcionalmente tenaz. Su eficiente sistema asegura una limpieza completa de cada pulgada cuadrada de superficie del filtro cada ciclo.
- Tiene hojas de características uniformes para la construcción de éstas en caso de intercambiabilidad, proporcionando uniforme filtración y acumulación de lodo.
- Está disponible en tamaños estándar que van desde 50-2000 ft², y pueden ser fabricados en diversos materiales de construcción incluyendo el acero inoxidable, níquel, y otros metales.
- Todos los tanques pueden ser construidos para que se ajusten a las especificaciones del Código ASME.
- Se puede tener completamente limpia la superficie en tres minutos o menos.

3.4.20 Filtro marca Filtra matic

Características y Ventajas

- Están diseñados para grandes volúmenes de filtración de líquidos usando presión.
- Especialmente usado donde se desea una torta seca.
- Eficiencia operativa y fácil mantenimiento.

- Ofrece dos modelos básicos: Filtra RT-Matic con su singular tanque de retracción y Filtra PO-Matic con un paquete de diseño de retracción. Se tiene filtro de hojas para ambos modelos, son de pesados de construcción para proporcionar la máxima fuerza, así como la flexibilidad necesaria.
- RT-Matic: El paquete de hojas permanece estacionaria, mientras que el filtro se retrae en el propio buque. Todas las conexiones, incluida la salida de la boquilla de filtración, se encuentran en la sección frontal estacionaria. Como resultado de ello, las tuberías del proceso permanecen intactas durante la limpieza, eliminando problemas de alineación.
- Retracción del depósito expone todo el paquete de hojas para facilitar la inspección y el mantenimiento de las superficies de filtración.
- Este diseño también minimiza la torta dejada en el depósito durante el paso a la torta seca en el sistema de descarga.
- La configuración del tanque está disponible en forma cilíndrica o cónica.

3.4.21 Filtro marca Verti-jet

Características y Ventajas

- La unidad de hojas rectangulares están montadas verticalmente sobre un colector de descarga en la parte inferior de la cisterna.
- Para inspeccionar las superficies de la hoja, la cubierta se deja abierta sin necesidad de dejarlas fuera del depósito.
- Se ofrecen tres diseños de filtro: 1. Ligeros, Se construyen las hojas con único centro en la malla para el drenaje cubierto por una fina malla exterior; no se recomienda para revestimientos textiles de tela. 2. Normal, El centro-miembro de drenaje esta cubierto por malla fina de tela o textiles. Está disponible con una pantalla de la capa intermedia entre el miembro de drenaje y la cobertura exterior. 3. Pesados, Las hojas constan de un metal corrugado, miembro que sirve como canal de desagüe y sus formas rígidas como una base para el montaje; se atan

en cada lado de la base de la pantalla intermedio back-up para "amortiguar" el exterior de la malla fina que esta cubierta por tela o textiles.

- Las boquillas de salida en los tres diseños están sellados a la salida del colector con una junta.

3.6 SÍNTESIS DE EQUIPOS REFERENTES A LA TECNOLOGÍA NACIONAL Y EXTRANJERA

3.6.1 Tecnología Nacional

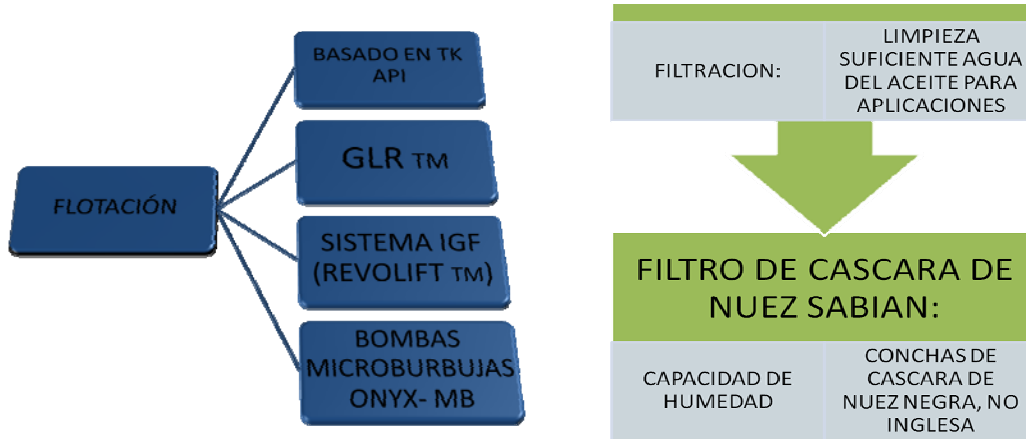
Figura 43. Equipos disponibles por la empresa New Gas & Oil



Fuente: Las autoras

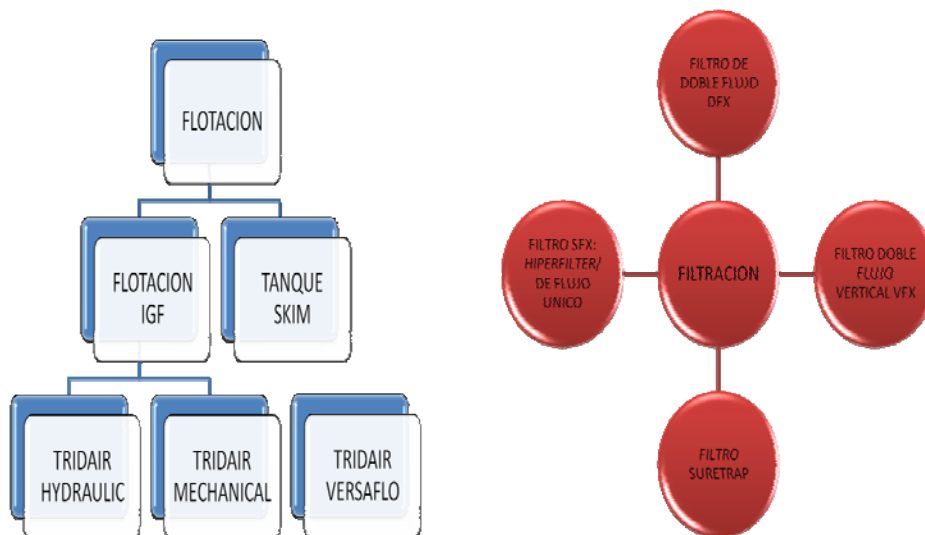
3.6.2 Tecnología Extranjera

Figura 44. Equipos disponibles por la empresa GLR



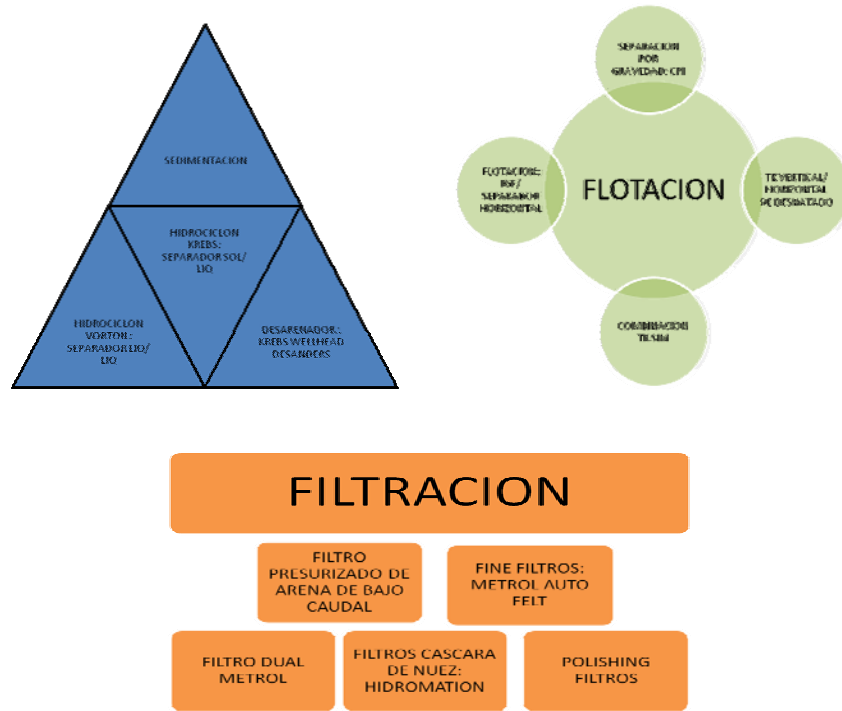
Fuente: Las autoras

Figura 45. Equipos disponibles por la empresa NATCO



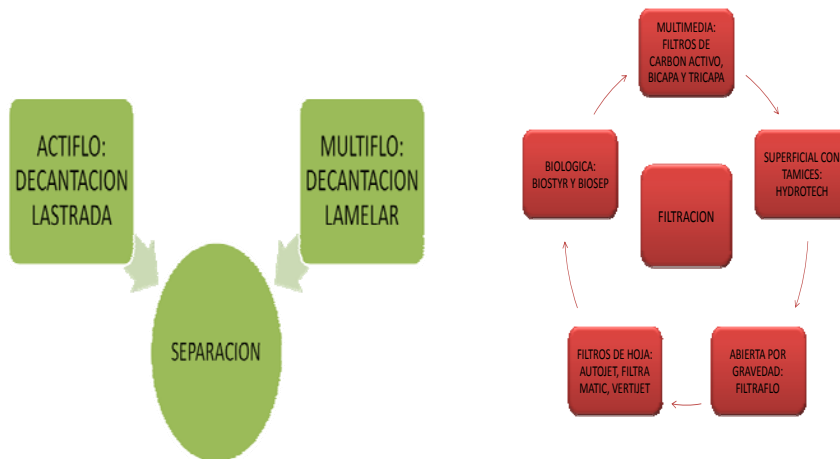
Fuente: Las autoras

Figura 46. Equipos disponibles por la empresa PETRECO



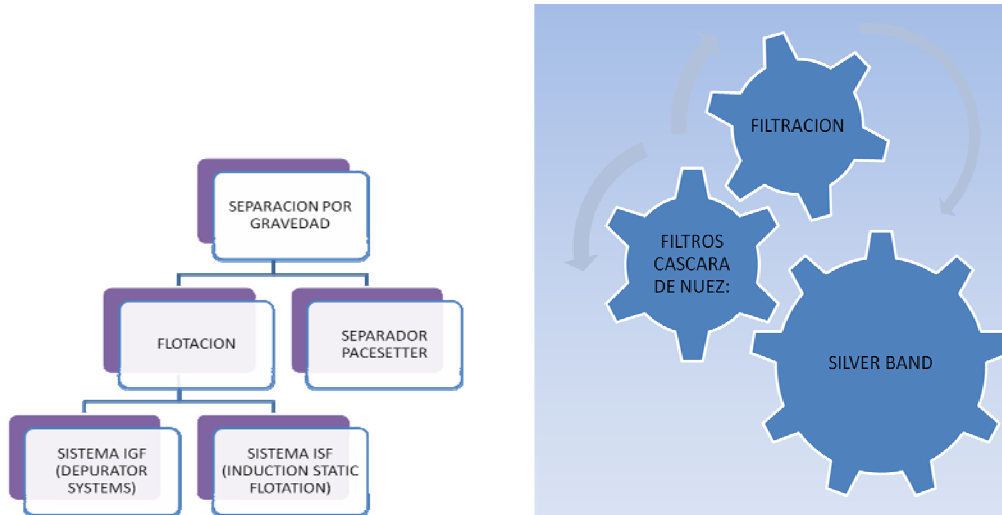
Fuente: Las autoras

Figura 47. Equipos disponibles por la empresa VEOLIA



Fuente: Las autoras

Figura 48. Equipos disponibles por la empresa WEMCO



Fuente: Las autoras

4. INYECCION Y/O VERTIMIENTO EN COLOMBIA

El agua que resulta del tratamiento de la producción de un campo petrolero debe ser tratada antes de ser dispuesta. Entre los métodos de disposición más comunes se pueden mencionar:

1. Inyectar el agua residual a formaciones no productoras, implementando la inyección de agua como una necesidad ambiental, evitando así el vertimiento de aguas provenientes de los yacimientos petrolíferos a la superficie y disminuyendo la contaminación de ríos y terrenos.
2. Inyectarla en los estratos del subsuelo para sostener la presión de los yacimientos de crudo, y así obtener un recobro secundario de aceite de las zonas productoras.
3. Ser utilizada como refrigerante o como agua de dilución en otros procesos en el mismo campo y en algunos casos, vertida a las corrientes de agua naturales.

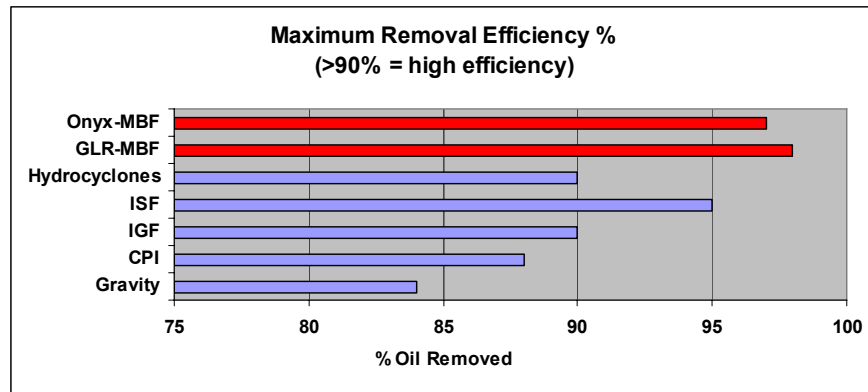
En la actualidad la legislación ambiental colombiana ha obligado a las empresas petrolera ha disponer de la manera mas ecológica posible las aguas asociadas con la producción, por eso cuando no es viable el vertimiento de ésta, la inyección es una buena alternativa.

El agua de inyección ideal en cualquier caso debe ser económica, libre de sólidos suspendidos, no poseer aceite, no ser corrosiva y no presentar problemas de depósitos (scale y sludge), ser compatible con el agua de formación y tener alta eficiencia en términos de desplazamiento de aceite.

Actualmente, el diseño y fabricación de sistemas de flotación (mediante la técnica de microflotación) para tratamiento de aguas de producción presenta una alta eficiencia de remoción de hidrocarburos y sólidos suspendidos, dejando libre de éstos el agua para reinyección o descarga al ambiente.

En las siguientes tablas se puede ver gráficamente la eficiencia y el porcentaje de remoción de tamaño de gota para los equipos que operan bajo los diferentes principios de separación.

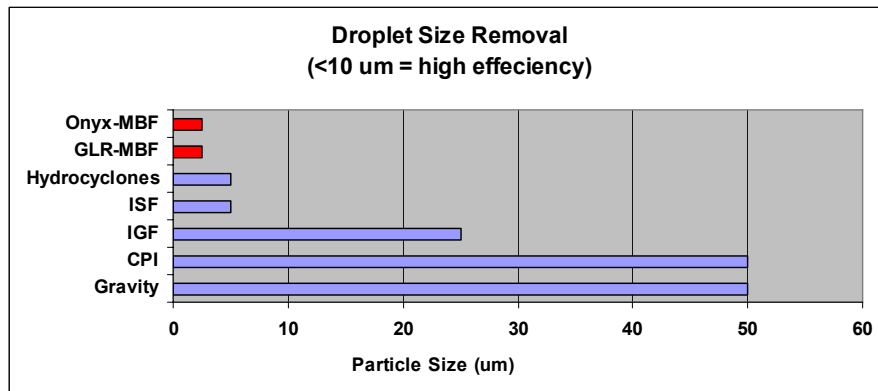
Figura 49. Máxima eficiencia de remoción



Fuente: Tomado de New Gas & Oil Company

En la gráfica 63 se puede observar que la eficiencia de las unidades de flotación basadas en el principio de gas inducido es mayor que los equipos que operan bajo el principio de separación por gravedad.

Figura 50. Remoción por tamaño de gota



Fuente: Tomado de New Gas & Oil Company

La grafica 64 muestra que la remoción de partículas de tamaño < a 10 micrones es mas eficaz en las unidades de flotación basadas en el principio de gas inducido; esto se debe a que la velocidad de ascenso de las gotas disminuye.

PRUEBA PILOTO MICROBURBUJA “NEW DIAF” EN LLANITO

Se efectuaron 3 pruebas con diferentes concentraciones de HC'S y sólidos suspendidos en la estación Llanito 3. Las características de las aguas y los resultados obtenidos a diferentes tiempos de tratamiento utilizando la tecnología NG&O se muestran en la siguiente tabla; es claro que a mayor tiempo de residencia se tiene mayor remoción de ppm (Figuras 65a y 65b).

Tabla 13. Resultados del tratamiento de agua de producción con el sistema NG&O, Estación Llanito 3

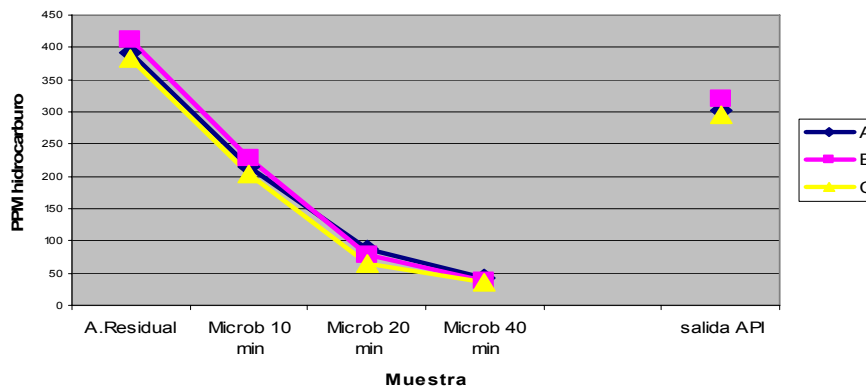
ppm HC	A.Residual	Microb 10 min	Microb 20 min	Microb 40 min	salida API
A	392	215,7	88,3	41,8	303
B	412	228,7	78,1	37,2	320
C	382	202,7	66	35,3	296

ppm SS	A.Residual	Microb 10 min	Microb 20 min	Microb 40 min	salida API
A	360	127	34	24	305
B	450	147	37	40	385
C	420	130	40	34	341

Microb Xmin: Indica el tiempo de residencia del fluido en la microburbuja

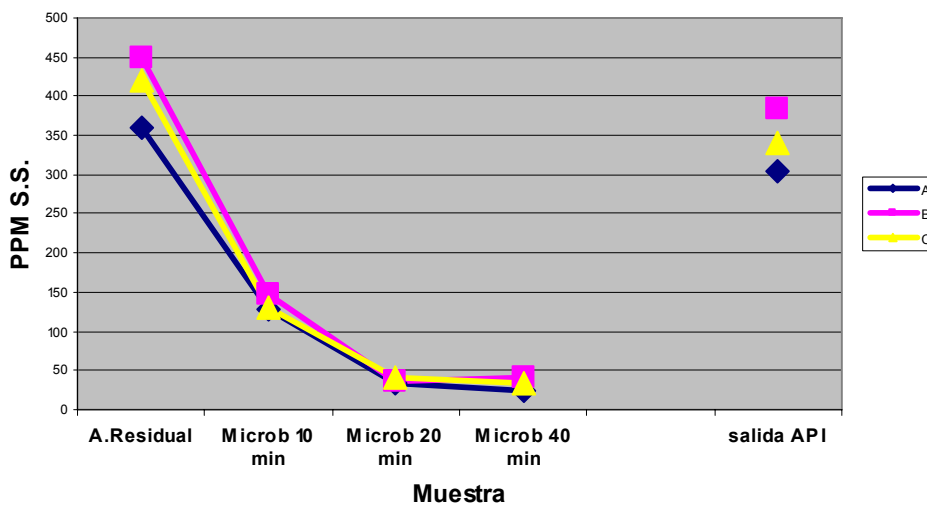
Fuente: Tomado de New Gas & Oil Company

Figura 51a. Microflotación Estación Llanito



Fuente: Tomado de New Gas & Oil Company

Figura 51b. Microflotación Estación Llanito



APLICACIÓN DE FILTROS WEMCO CON LECHO FILTRANTE NACIONAL

El campo de aplicación fue la Estación Tocaria donde los resultados de este seguimiento, muestran simultáneamente la eficiencia del flujo y la de la cascarilla de nuez; este procedimiento fue realizado precisamente para comparar el desempeño del nuevo lecho filtrante respecto al anterior (Tabla 21).

Tabla 14. Eficiencia filtro WEMCO con cascarilla de nuez de la palma africana

HORA	TSS (mg/l)			O/W (ppm)		
	ENTRA	SALE	EFICIENCIA	ENTRA	SALE	EFICIENCIA
2:00	117	2	98%	4	0	100%
8:00	100	2	98%	4	0	100%
14:00	95	1	99%	3	0	100%
20:00	114	2	98%	6	0	100%
1:00	100	2	98%	4	0	100%
4:00	104	2	98%	5	0	100%
9:00	123	2	98%	5	0	100%
14:00	98	1,5	98%	0	0	----
18:00	112	2	98%	7	0	100%
20:00	118	2	98%	8	1	87.5%
1:00	100	2	98%	6	0	100%
4:00	112	2	98%	5	0	100%

NOTA: los resultados obtenidos en esta tabla son del filtro WEMCO con cascarilla de nuez de la palma africana, producto nacional.

TSS: Solidos suspendidos totales **O/W:** Relacion agua- aceite
Fuente: Tomado de New Gas & Oil Company

APLICACIÓN DE FILTROS NEW WATER CON LECHO FILTRANTE NACIONAL: ESTACION CRAVO SUR

Con el mismo propósito de comparar la eficiencia del filtro New Water, se realizó una prueba donde se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 15a. Resultados Filtro New Water

FECHA: Junio 18 y 19 de 2000

FECHA	HORA	TSS (mg/l)			O/W (ppm)		
		ENTRA	SALE	EFICIENCIA	ENTRA	SALE	EFICIENCIA
06-18	16:00	100	2	98%	120	1.2	99%
	20:00	102	2	98%	88	1.2	99%
	0:00	135	4	97%	95	2.1	98%
06-19	4:00	98	4	96%	148	1.9	99%
	8:00	105	3	97%	102	1.7	98%
	12:00	95	3	97%	106	0.5	99%
	1400	130	4	97%	96	0.9	99%
	16:00	110	2	98%	101	0.7	99%
	20:00	97	2	98%	88	0.5	99%

Fuente: Tomado de New Gas & Oil Company

Tabla 15b. Resultados Filtro New Water

FECHA: Noviembre 2005 y Abril 9 de 2006

Parámetro	Descripción Resultados		
Gravedad API del crudo	32,5		
Aceite en agua (O/W)	Entrada de 24,00 ppm	Salida de 0,72 ppm	Eficiencia 97%
Sólidos suspendidos totales (mg/l)	Entrada de 37,00 ppm	Salida de 4,00 ppm	Eficiencia 87%
Caida de presión máxima con retrolavado cada 12 horas	2 psi (filtración por 12 horas)		
Caida de presión máxima con retrolavado cada 24 horas	3psi (filtración por 24 horas)		
Comportamiento mecánico (Filtro, bombas y válvulas)	Excelente		
Comportamiento del automatismo	Excelente		
Temperatura del agua	180 – 200 °F		
Lecho Filtrante	Cascarilla de Palma Africana		
Comportamiento Lecho Filtrante	Excelente		

Fuente: Tomado de New Gas & Oil Company

De acuerdo a la evaluación técnica realizada con anterioridad en el capítulo 3, se tiene que las diferentes alternativas para el tratamiento de aguas residuales y de producción allí estudiadas han tenido su espacio de aplicación en campos colombianos.

De este modo, a continuación se presentarán algunos proyectos a nivel nacional los cuales, con base en las características y condiciones del agua de producción, han decidido inyectar (con el fin de aumentar el FR) o verter a efluentes.

4.1 INYECCIÓN DE AGUA EN COLOMBIA – CASO CAMPO SURIA

Con base en una serie de estudios económicos, geológicos, de yacimientos, estructurales, entre otros, se pensó en la implementación de la inyección de agua, como método de recobro secundario, con una atractiva rentabilidad.

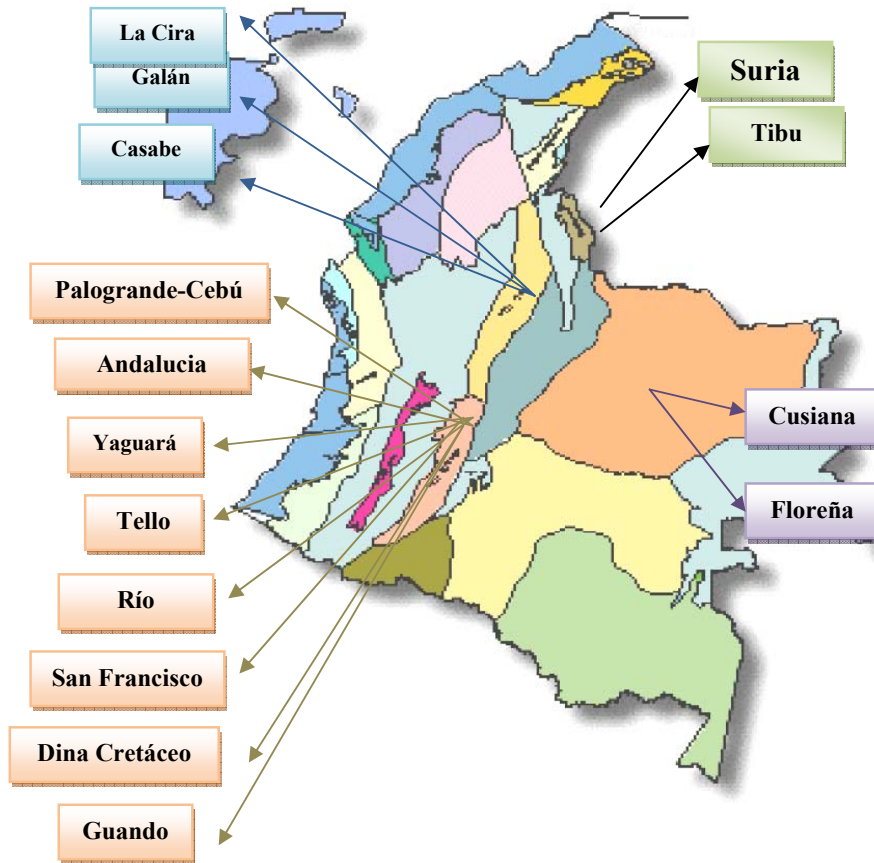
Para el caso Colombia, actualmente se tienen los siguientes campos.

Tabla 16. Campo sometidos a inyección de agua en Colombia

CUENCA	Nº DE CAMPOS	Nº DE CAMPOS CON INYECCION DE AGUA
CATATUMBO	11	1
LLANOS	126	2
PUTUMAYO	31	0
VALLE INFERIOR MAGDALENA	7	0
VALLE MEDIO MAGDALENA	65	3
VALLE SUPERIOR MAGDALENA	50	8
TOTAL PAIS	290	14

Fuente: Tomado de ECOPELROL S.A

Figura 52. Campo sometidos a inyección de agua en Colombia



Fuente: Tomado de ECOPETROL S.A

Tabla 17. Incremento del Factor de Recobro en Colombia

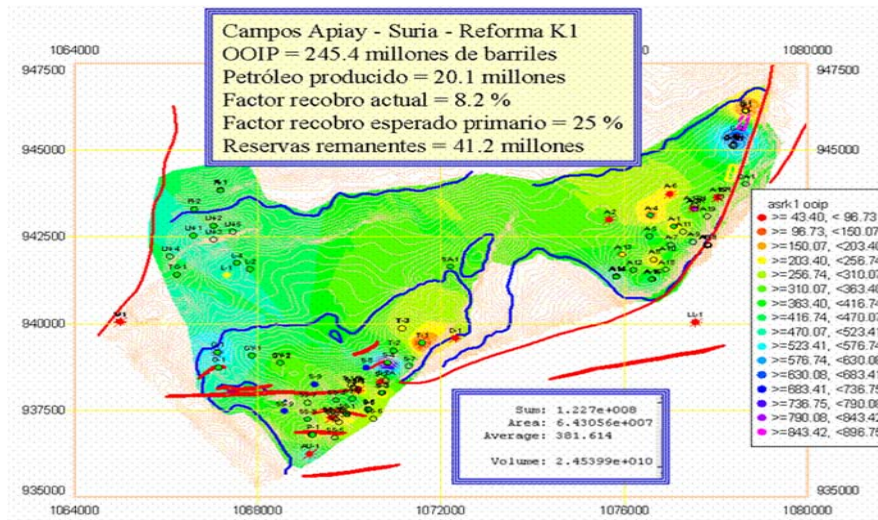
CUENCA	OOiP (MMBO)	Np a Junio de 2007	FR%	Qo a Junio de 2007
CATATUMBO	1678	447	26,64	2835
LLANOS	10413	2940	28,23	347141
PUTUMAYO	1985	327	16,47	14606
VALLE INFERIOR MAGDALENA	343	64	18,66	386
VALLE MEDIO MAGDALENA	10942	2115	19,33	70156
VALLE SUPERIOR MAGDALENA	3212	670	20,66	88372
PAIS	28573	6563	22,97	523496

Fuente: Tomado de ECOPETROL S.A

CAMPO SURIA

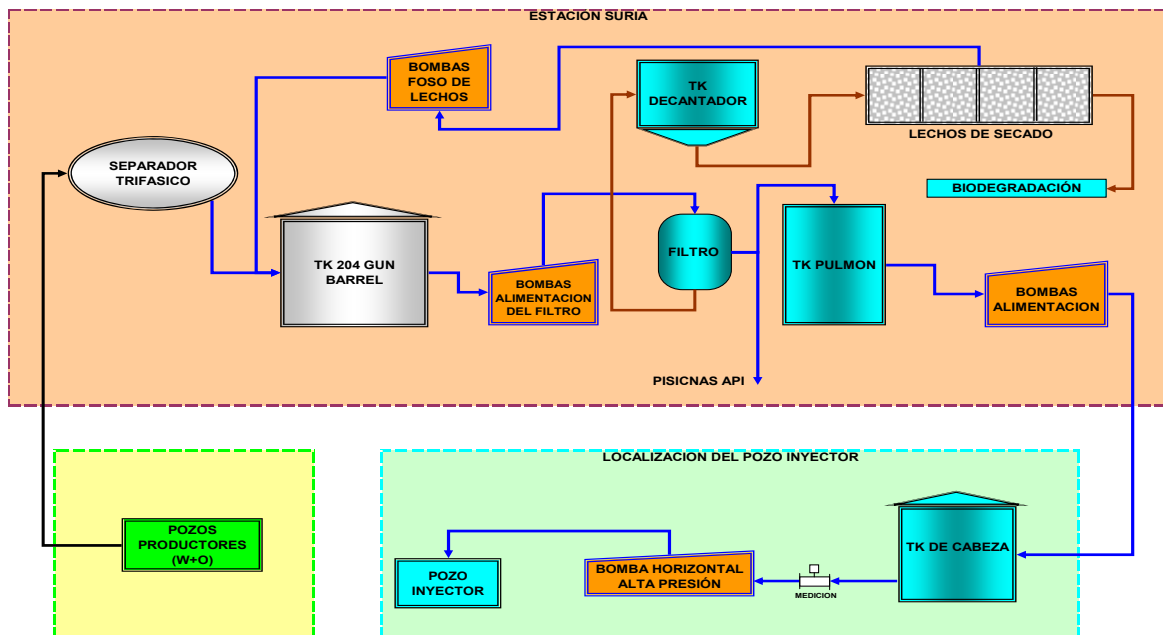
Se probó la factibilidad de recuperar un volumen de reservas probadas no desarrolladas de 5.4 Mbls de petróleo del yacimiento K-1 de Suria; el objetivo es evaluar la viabilidad de extender el piloto al resto del campo Suria y a los campos Apiay y Libertad – Reforma, de acuerdo a los resultados que se obtengan.

Figura 53. Características generales Campo Suria



Fuente: Tomado de Ecopetrol S.A

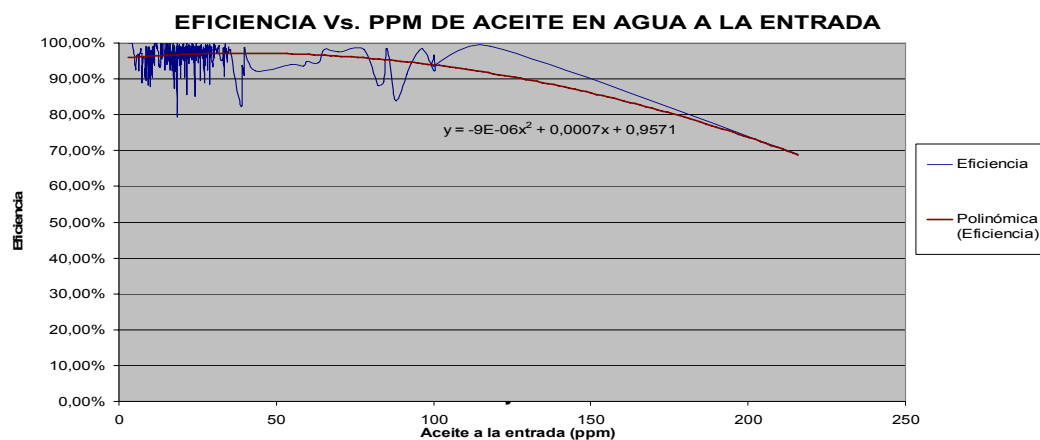
Figura 54. Esquema de Inyección Campo Suria



Fuente: Tomado de Ecopetrol S.A

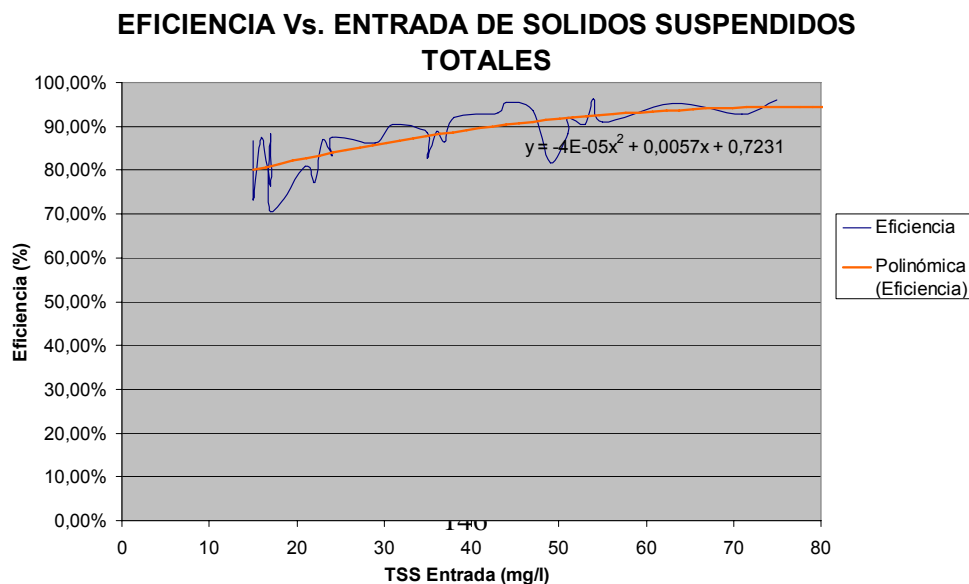
El diagrama de flujo que obedece al sistema de inyección de agua del campo, presenta en el tratamiento del agua de producción el filtro NEW WATER; este equipo arrojó las siguientes eficiencias conforme las funciones que cumple. Estas altas eficiencias obtenidas en la remoción de aceites y sólidos obedecen a las propiedades oleofilicas con que cuenta éste (Figura 69 y 70).

Figura 55. Eficiencia Vs. PPM de aceite en agua a la entrada del filtro New Water



Fuente: Tomado de New Gas & Oil Company

Figura 56. Eficiencia Vs. Entrada de sólidos suspendidos totales al filtro New Water



Con los anteriores resultados se demuestra la gran eficiencia de los equipos nacionales instalados para la inyección y/o vertimiento de la planta de reinyección de aguas residuales de la Estación Suria de ECOPETROL de la superintendencia de operaciones Apiay. Estos resultados pueden mejorar cuando se le adicione un surfactante durante el período de retrolavado, para ayudar a romper la adherencia del aceite con la cáscara de palma africana.

4.2 VERTIMIENTO DE AGUA EN COLOMBIA: CASOS CAMPO ARAUCA Y CAMPO PAYOA

CAMPO ARAUCA

ECOPETROL S.A junto a la compañía NG&O instaló 6 aireadores en el Campo Arauca con el fin de obtener condiciones óptimas y favorables para el vertimiento de aguas residuales (disminución de fenoles sobre el 97% de eficiencia).

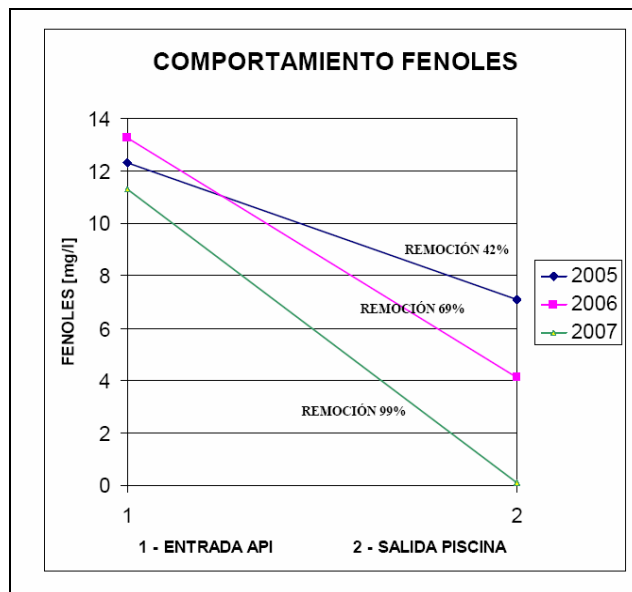
De este modo, y con el apoyo del ICP, ha desarrollado una serie de monitoreos de la calidad del agua industrial, con el objetivo de evidenciar la eficiencia de remoción del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales del Campo, y así dar cumplimiento a la resolución que otorga el permiso de vertimientos industriales. A continuación se presentan los resultados de los monitoreos de fenoles que se han realizado durante los años 2005, 2006 y 2007, así como las graficas promedio.

Tabla 18. Comportamiento de fenoles en las aguas de producción Campo Arauca

AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES CAMPO ARAUCA	Fecha Muestreo	ENTRADA API [mg/L]	SALIDA PISC. DE OXID [mg/L]	% DE REMOCIÓN
FENOLES	01/07/05	11,6	6,55	43,5
	01/08/05	15,1	8,77	41,9
	01/09/05	10,3	5,97	42,0
	01/01/06	9,00	2,43	73,0
	01/05/06	14,7	7,35	50,0
	01/09/06	16,11	2,55	84,2
	30/01/07	10,36	0,274	97,4
	05/02/07	10,31	0,08	99,2
	12/02/07	12,45	0,071	99,4
	19/02/07	10,94	0,091	99,2
	26/02/07	13,34	0,014	99,9
	05/03/07	10,47	0,079	99,2

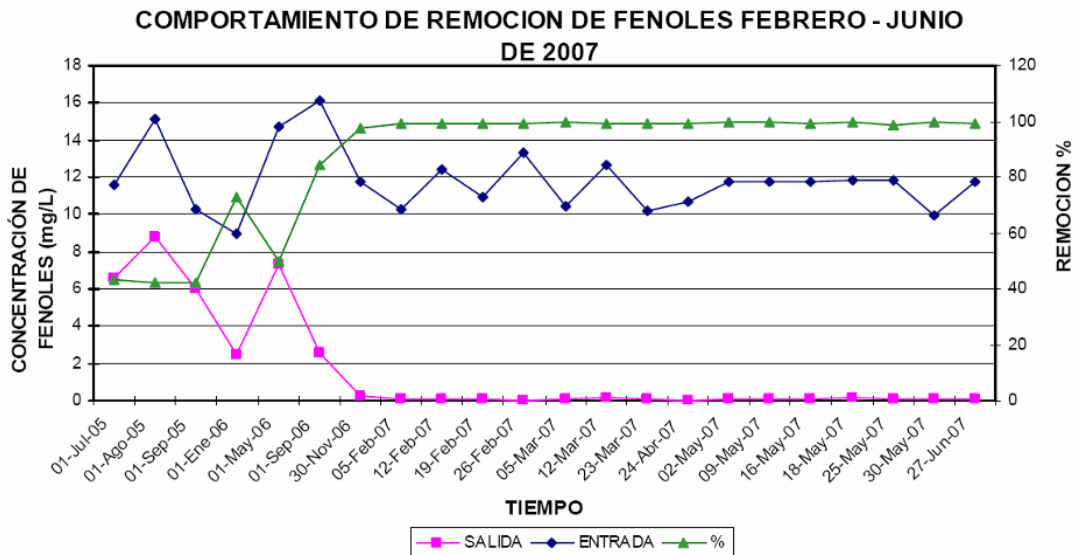
Fuente: Tomado de New Gas & Oil Company

Figura 57. Promedio del comportamiento de fenoles presentes en las aguas industriales Campo Arauca



Fuente: Tomado de New Gas & Oil Company

Figura 58. Eficiencia de remoción de fenoles en el sistema de tratamiento de aguas residuales industriales Campo Arauca, 2005 a 2007



Fuente: Tomado de New Gas & Oil Company

En las anteriores graficas claramente se puede identificar la disminución del contenido de fenoles. Antes de la instalación de los aireadores “NEW AIR”, las concentraciones de fenol durante los años 200 y 2006 son altas, con valores entre 8.77 y 2.55 mg/L, superando la concentración estipulada por la Norma (0.2 mg/L). Posteriormente se alcanzó una concentración mínima de fenoles en el vertimiento industrial igual a 0,014 mg/L, es decir un 93% debajo del valor establecido en el decreto 1594 de 1984 (0,2 mg/L).

CAMPO PAYOA

El Campo Payoa en su afán de estar al día con el gobierno nacional, ha predispuesto unos equipos para tal fin. Este Campo se encuentra ubicado vía Sabana de Torres, por la entrada 15 acceso a Puerto Wilches.

Este sistema de tratamiento busca mejorar la calidad del agua de producción de manera tal que sea apta para vertimiento y/o inyección cumpliendo las especificaciones según el decreto 1594 de 1984 (Capitulo 6, articulo 72).

Para el tratamiento de aguas residuales industriales con contenido de fenoles se utiliza la técnica de biorremediación, constituida por una mezcla de microorganismos degradadores (Fenobiol) de fenoles, la estimulación del proceso se realiza con nutrientes (nutrimon) y aireación constante. Para esta etapa se acondicionó la piscina de oxigenación, la cual cuenta con 2 tabiques soportados con gemoembranas y en los cuales se distribuyen aireadores que permiten mantener la oxigenación permanente a la piscina. La mezcla se diluye hasta formar una solución, se adiciona al agua y se deja aireando por otras 12 horas.

Posteriormente se realiza la descarga a la piscina, dejando el 10% de del volumen total en el tanque para la preparación nuevamente del caldo bacteriano. Los costos de esta tecnología ascienden a \$ 40,000,000 pesos / año.

Con el fin de optimizar el proceso de recolección, almacenamiento y disposición final de aguas aceitosas generadas por diferentes actividades en las Baterías, se instalaron bombas que permiten la disminución del nivel de las cajas API y su recirculación a los tanques de almacenamiento, estos tanques transportan las aguas aceitosas directamente hacia la batería principal y su sistema de tratamiento. Esta alternativa garantiza el ingreso de aguas residuales industriales al sistema de tratamiento y cumplimiento de los parámetros de vertimiento exigidos por la normatividad colombiana.

Figura 59. Recirculación de cajas api hacia tanques de producción



Fuente: Tomado de Petrosantander (Colombia)

Se observan porcentajes de remoción para sólidos suspendidos entre 83 y 89%. El parámetro DBO_5 , reportó remociones entre el 56 y 70%. Los porcentajes de remoción para grasas & aceites, se encuentran en el intervalo comprendido entre el 50 y el 80%.

Por otro lado, Payoa cuenta con una caja en concreto para centralizar los vertimientos procedentes de los tanques de almacenamiento de crudo ubicados en la batería Payoa. Posteriormente, los residuos líquidos son bombeados al TK 005 (5000 Bls).

Figura 60. Caja en concreto para centralizar los vertimientos



Fuente: Tomado de Petrosantander (Colombia)

Figura 61. Estado final de la segunda piscina de tratamiento de la batería Payoa



Fuente: Tomado de Petrosantander (Colombia)

Figura 62. Desnatador por sistema de microburbujas ubicado en inmediaciones del TK 005 de la batería Payoa



Fuente: Tomado de Petrosantander (Colombia)

Figura 63. Filtro con medio de soporte oleofilico para aumentar la eficiencia de remoción de hidrocarburos en el efluente de la batería Payoa



Fuente: Tomado de Petrosantander (Colombia)

COSTOS Y DOSIFICACIONES CAMPO PAYOA

Las dosificaciones de los productos, el consumo mensual y el costo de los mismos para el tratamiento de agua que se esta llevando a cabo en el Campo Payoa son los siguientes:

Tabla 19. Consumo mensual y costos de productos para el tratamiento de agua de producción para vertimiento

Producto	Punto aplicación	Dosificación Diaria	Dosificación Mensual	Precio Tambor 55 Gal (US)	Precio por Gal (US)	Valor Total Consumo Mensual (US)
Rompedor Directo L-1259	Batería Payoa	4.0 Galones	285 Galones	920	16.727	4767.27
	Payoa 11	1.8 Galones				
	Batería Satélite	0.7 Galones				
	Batería salinas	3.0 Galones				
Biocida L-2240 C	Batería Payoa y Salinas	3.5 Galones	105 Galones	307*	20.47	2149
Rompedor Inverso LIPTC-64	Batería Payoa Entrada TK 5	2.0 Galones	105 Galones	560	10.182	1069.09
	Batería Payoa Salida TK 5	1,5 Galones				
Coagulant e- Floculante LAC-005	Batería Payoa	4,0 Galones	120 Galones	512	9.31	1117.09
Floculante P-851	Batería Payoa	700 g	21 kg	186**	7.44 kg	156.24

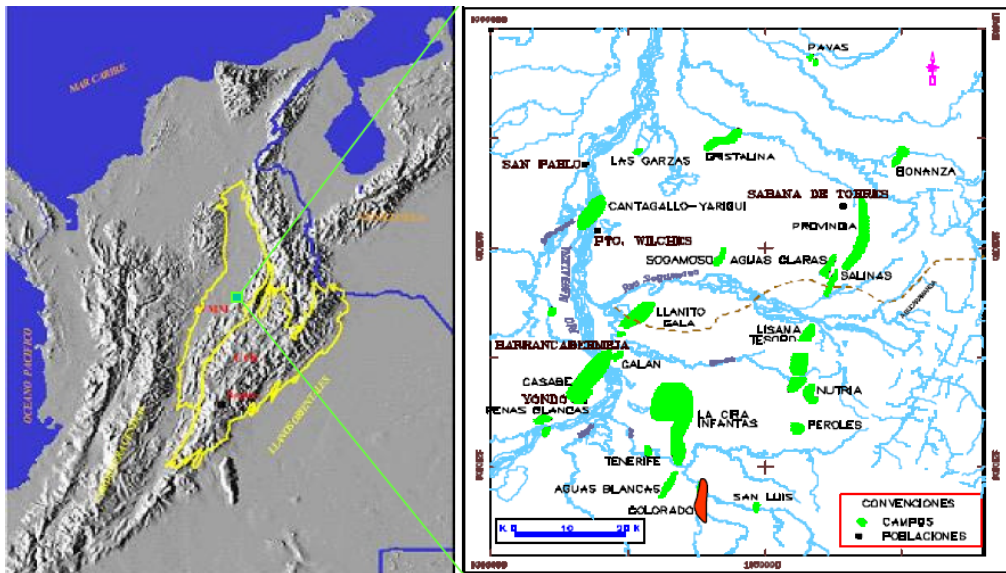
Fuente: Tomado de Petrosantander (Colombia)

5. CAMPO ESCUELA COLORADO

5.1 UBICACIÓN

El Campo Colorado está localizado en la Cuenca del Valle Medio del Magdalena (VMM) en la Provincia Estructural del Piedemonte Occidental de la Cordillera Oriental, al sureste del municipio de Barrancabermeja (Santander) y al sur del Campo La Cira - Infantas, entre coordenadas X= 1'036.000 - 1'040.500 Este y Y = 1'238.000 - 1'247.500 Norte con origen Bogotá, en el área de la antigua concesión De Mares (figura 82)

Figura 64. Ubicación Campo Colorado



Fuente: Tomado Informe 2003. Diagnostico y Estrategias de Recobro.

5.2 BREVE HISTORIA ⁵

La exploración se realizó entre los años de 1923 a 1932 cuando se perforaron 7 pozos, de los cuales todos, excepto el N°7, fueron abandonados por problemas mecánicos. En Febrero 11 de 1932 y con el abandono del pozo C-6 se finalizó la primera fase exploratoria.

Posteriormente se realizaron estudios superficiales; se hicieron levantamientos gravimétricos. El 3 de Septiembre de 1945 se empezó a perforar el pozo C-9 al cual se le realizaron pruebas adecuadas que aportaron resultados satisfactorios, estos alentaron a la Troco a programar perforaciones para el lapso (1945-1946) perforando un total de 8 pozos.

Entre los años de 1953 a 1964 Ecopetrol desarrolló completamente el campo, mediante la perforación de 60 pozos para un total de 75 pozos perforados en la estructura. En el año 1961 alcanzó la máxima producción, con un caudal de 1771 BOPD, declinando rápidamente, hasta llegar a un valor de 467 BOPD en abril de 1966, caracterizándose este periodo por la pérdida de pozos productores debido a diferentes problemas mecánicos como el taponamiento de las líneas por parafinas. El máximo número de pozos activos se alcanzó en 1963 con un total de 44 pozos. A partir de 1966 y hasta el año 1976 se mantuvo con una producción promedia de 670 BOPD. Desde 1976 se empezó a notar un aumento en la declinación, pasando de 692 BOPD en Junio de 1976 a 47 en Junio de 1989. Se han realizado campañas de "Workover" recuperando la producción del área, pero la declinación es igualmente fuerte perdiéndose rápidamente los resultados de los trabajos realizados.

El petróleo del Campo Colorado se extrae principalmente de la Formación Mugrosa (Zonas B y C) y Esmeraldas (Zona D) de edad Oligoceno – Mioceno inferior, depositada en un sistema fluvial meándrico. Las areniscas de la Formación Mugrosa se dividen en cuatro unidades operacionales en el Campo

⁵ DIAGNOSTICO Y ESTRATEGIAS DE RECOBRO PARA OCHO AREAS DE LA GERENCIA CENTRO ORIENTE, 2003

Colorado con una porosidad promedio de 12.9 % para la Zona B1, 13.5% para B2, 15.7% para C1 y 19.6% para C2, con un espesor promedio de arena neta petrolífera de 21.8, 23.2, 24.9 y 42.3 pies, respectivamente.

Las acumulaciones son de aceite liviano y gas con gravedad de 36 a 42 °API. Se tiene reportada una presión inicial de 506 psia en la Zona B @1900 pies MD y 2208 psia en la Zona C. La máxima producción fue de 1765 BOPD @ noviembre de 1961 hasta llegar a un valor de 430 BOPD @ junio de 1966. A diciembre de 2003 se han extraído 8.57 MMBO con un corte de agua mínimo. El mecanismo de producción predominante es empuje por gas en solución.

El campo cuenta con 75 pozos perforados, actualmente tiene 7 pozos activos con una producción entre 20 BOPD y 30 BOPD y una declinación actual de 15% efectivo anual.

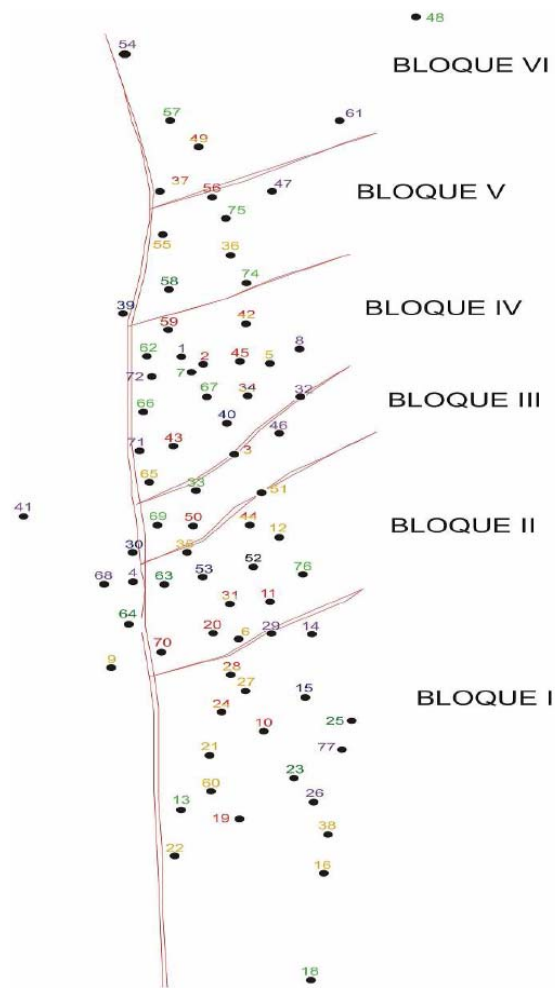
5.3 ESTRUCTURA

La estructura del Campo Colorado está conformada por un anticlinal asimétrico, cuyo flanco mas extenso buza al oriente y el mas corto hacia el occidente con inclinaciones entre 25 a 45°, con eje N-S y cabeceo hacia el norte, ubicado en el bloque colgante de una falla inversa homotética en sentido N-S y buzamiento al Este denominada como la Falla de Colorado.

Esta estructura fue definida principalmente a partir de la correlación de registros de pozo, identificándose un sistema de fallas satélite SW-NE en el bloque colgante de la Falla de Colorado; 6 fallas de tipo inverso y una normal que evidencia relajación del sistema de esfuerzos compresivos dominante, hacia el norte de la estructura.

Se maneja un modelo geológico que el campo esta compartimentalizado dividido por 7 fallas formando 6 bloques como se muestra en la figura 65.

Figura 65. Estado de los pozos.



Fuente: Reporte Campo Escuela Colorado. Marzo de 2006

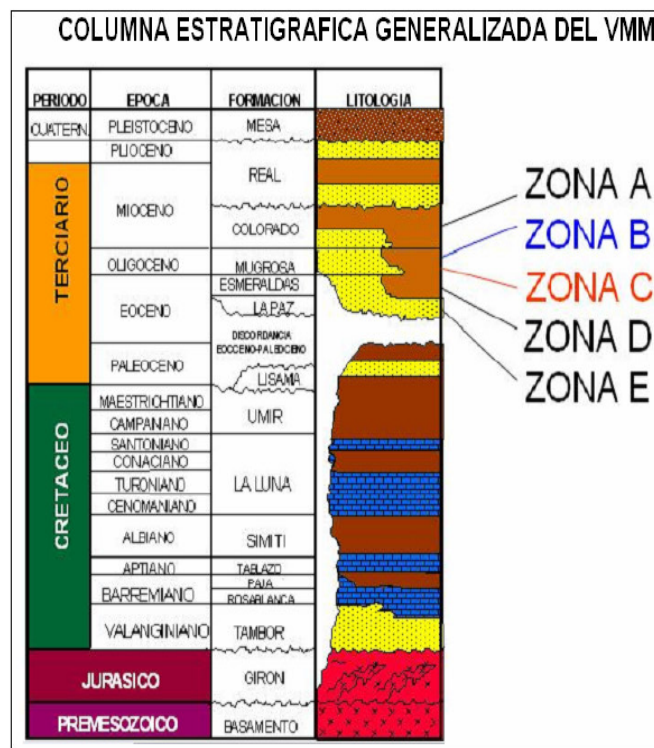
El yacimiento presenta poca continuidad lateral en los cuerpos arenosos, esto unido a la baja energía del yacimiento y sus arenas delgadas (por debajo de los 20 pies de espesor) hace que la producción acumulada de los pozos sea inferior a 300.000 Bls.

El Campo Colorado en su comportamiento Histórico reporta una muy baja producción de agua, inferior al 1%, siendo esto típico de un campo con una influencia mínima o nula de algún tipo de acuífero.

5.4 ESTRATIGRAFÍA

En cuanto a estratigrafía se tiene que en el campo Colorado de base a tope se encuentran las formaciones La Paz, Esmeraldas, Mugrosa y Colorado. Estas formaciones están caracterizadas por intercalaciones de depósitos areniscas y lodolitas continentales que varían lateralmente en un sistema de ríos meándricos, como se muestra en la figura 84.

Figura 66. Columna Estratigráfica generalizada del VMM



Fuente: Estudio de ECOPETROL “Diagnostico y estrategias de recobro para ocho áreas de la gerencia centro oriente”. 2003

5.5 DATOS BÁSICOS DE YACIMIENTO

En el Campo Colorado se han realizado una serie estudios básicos para su desarrollo las cuales se pueden observar en la tabla 32, aunque tiene una gran deficiencia en cuanto a información de fluidos, lo cual hace mas difícil la decisión para procesos de reactivación.

Actualmente existen tres pozos en producción, Col – 38 que produce entre 14-18 bopd, y recientemente tras labores del equipo de trabajo del Campo Escuela Colorado se ha logrado poner en funcionamiento el pozo Col - 37 y Col -70 con una producción total del campo de 25 bopd.

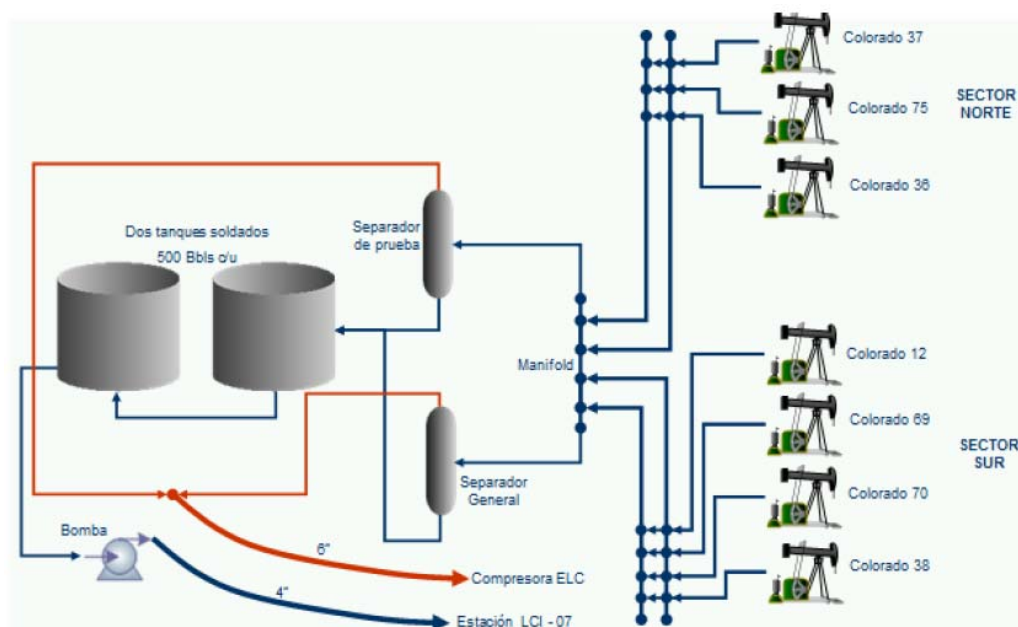
Tabla 20. Datos Básicos de Yacimiento (formación Mugrosa)

CARACTERÍSTICA	UNIDADES	ARENA B	ARENA C
Presión estática *	(psi)	900	3000
Temperatura de Yacimiento	°F	114	174
API promedio	°API	41.2	39.7
Sg Gas en Separador	Fracción (vol)	0.958	0.937
Presión de Burbuja	Psia	648	2078
Viscosidad a Pb	Cp	1.64	0.462
Bo a Pb	Rb/Stb	1.091	1.401
Rs a Pb	Scf/Stb	140	648
Profundidad Promedia	ft	1700	3500
Aceite Original	MM Bls	20.0	37.3
Porosidad promedio	%	13.2	17.6
Espesor promedio arena	ft	22.5	33.6
Area	Acres	634	1083
Producción Prom. / Pozo Perforado	MBbls	112	
Espaciamiento / pozo	Acres	20 - 30	
Reservas Remanentes	MBls	100- 200	
Factor de Recobro	%	14.83	
Pozos Perforados		75	
Pozos Activos		21	
Pozos Produciendo		7	
Pozos Cerrados		54	

Fuente: Estudio de ECOPETROL “diagnostico y estrategias de recobro para ocho áreas de la gerencia centro oriente”. 2003

Los El sistema de producción actual es de levantamiento artificial por Bombeo Mecánico, por lo cual se cuenta con una infraestructura de tuberías, varillas de producción, bombas de subsuelo y unidades de bombeo para la extracción del crudo. (Ver figura 85).

Figura 67 Capacidad de Transporte de crudo Campo Colorado



Fuente: Presentación Geología y Yacimientos UIS 2007

5.5.1 Caracterización del agua de Producción de Campo Colorado

A continuación se presentan los resultados obtenidos de las pruebas realizadas a una muestra de agua de producción obtenida de la estación de recolección del Campo Escuela Colorado.

La muestra para la realización de esta prueba fue tomada el 14 de Octubre de 2008, los análisis fueron realizados por el Laboratorio de Consultas Industriales

de la Escuela de Química de la Universidad industrial de Santander, los cuales fueron entregados el día 29 de Octubre de 2008.

Tabla 21. Caracterización del agua de producción de Campo Colorado

PARAMETRO	RESULTADO	METODO / NORMA
pH (Unidades de pH)	8.37	Potenciométrico/SM 4500-H ⁺ B
Bario (mg Ba/L)	28.1	Absorción Atómica/ SM 3500-Ba
Sulfatos (mg SO ₄ ⁻² / L)	50.4	Espectrofotométrico/SM 4500 E
Calcio (mg Ca/L)	1346	Absorción Atómica/ SM 3500-Ca
Magnesio (mg Mg/L)	54.4	Absorción Atómica/ SM 3500-Mg
Cloruros (mg CL ⁻ /L)	8929	Argentométrico/SM 4500-CL-Mg
Carbonatos (mg CO ₃ ⁻² /L)	192	Titrimétrico/SM 2320 B
Grasa y Aceites (mg/L)	23.3	Extracción Líquido-Líquido/SM 5520 B
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	92	Filtración por membrana/SM 2540D
Turbiedad (NTU)	134	Nefelométrico/SM 2130 B
Salinidad (ppm CaCO ₃)	12210	Conductivimétrico/ SM 2520
Conductividad (µS/cm)	14790	Conductivimétrico/ SM 2510 B
Hidrocarburos Totales (mg/L)	6.74	Extracción Líquido-Líquido/SM 5520F
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	320	Trimétrico /SM 2320B
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	2473	Trimétrico /SM 2340C
Color (UPC)	37	Espectrofotométrico /SM 2120 C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg O ₂ /L)	245	Respirométrico /SM 5210 D
Demanda Química de Oxígeno (mg O ₂ /L)	646.7	Espectrofotométrico /SM 5220 D
Sólidos Totales (mg/L)	378	Gravimétrico /SM 2540 B
Sólidos Disueltos(mg/L)	286	Gravimétrico /SM 2540 C
Sólidos Sedimentables (ml/L)	4.5	Cono Imhoff / SM 2540 F
Fenoles (Mg/L)	0.08	Espectrofotométrico-Extracción con Cloroformo / SM 5530 C

Fuente: Laboratorio Consultas Industriales UIS

6. DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL CAMPO COLORADO

Con base en los conceptos y definiciones dadas en los capítulos anteriores, se procede a plantear diferentes alternativas de diseño que logren ajustar los parámetros que no cumplen la norma legal vigente para vertimiento de agua.

6.1 CONSIDERACIONES PRÁCTICAS PARA LA ETAPA DE DISEÑO

Dado que la prevención es el sistema que logra la calidad, se debe primero establecer los requisitos que debe cumplir el agua a inyectar y/o verter y luego proceder a determinar los procesos, equipos e insumos necesarios para cumplir los requisitos. Esto significa que primero se plantean los resultados que se van a obtener, y después se lleva a cabo lo que se ha decidido.

El primer paso en la etapa de diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales y de producción es conocer las propiedades físico-químicas del agua; esto nos permite establecer los requisitos que debe cumplir el agua para el proyecto sea exitoso.

En la tabla 35 se encuentran los valores más relevantes obtenidos para el agua de producción del Campo Escuela Colorado Vs. Los valores permisibles para vertimientos a cuerpos de agua presentados en el Decreto 1594 de 1984; los primeros de estos fueron facilitados por el laboratorio de consultas industriales de la Facultad de Química de la Universidad Industrial de Santander en el mes de octubre de 2008.

Tabla 22. Reporte de laboratorio caracterización fisicoquímica del agua de producción CEC

AGUA DE PRODUCCION CAMPO ESCUELA COLORADO				
CARACTERISTICA FISICOQUIMICA	VALORES PARA EL AGUA DE PRODUCCION CEC	NORMA	CALIDAD A OBTENER	CUMPLIMIENTO DE NORMA
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	245 mg O ₂ /L	Remoción > 80% en carga	49 mg O ₂ /L	X
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	646.7 mg O ₂ /L	< 5 mg/L	< 5 mg/L	X
Sólidos suspendidos	92 mg/L	Remoción > 80% en carga	18.4 mg O ₂ /L	X
Bario	28.1 mg/L	5 mg/L	5 mg/L	X
Cl ⁻	8929 mg/L	Máx. 500 ppm	500 ppm	X
Salinidad	12210	—	—	X
Fenol	0.08 mg/L	0.2 mg/L	—	SI
Grasas y aceites	23.3 mg/L	Remoción > 80% en carga	4.66 mg/L	X
pH	8.37	5 a 9 unidades	—	SI
Ca ⁺	1346 mg/L	30000 mg/L	—	SI
Temperatura	34°C	< 40°C	— —	SI

X: No cumple la norma legal vigente. **SI:** Cumple la norma legal vigente.

De acuerdo a estos análisis se puede ver que los valores para fenoles, pH, iones Ca⁺ y temperatura se encuentran dentro del rango permitido; caso contrario ocurre con los valores de Ba, iones Cl⁻, salinidad, grasas y aceites, sólidos suspendidos, Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química

de Oxígeno, por tanto se hace necesario tomar medidas correctivas sobre éstos dentro del diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Conociendo estas condiciones, el siguiente paso consiste en hacer el diseño propiamente dicho para el tratamiento del agua, en este caso con fines de vertimiento dado que el caudal de agua de Campo Escuela Colorado es muy bajo (4 BWPD). Por sí solo no es suficiente para ejecutar operaciones de recobro mejorado; además, si se desea combinar con otra fuente de agua (generalmente de algún río) necesariamente se debe ajustar el agua de producción del campo a condiciones de norma ambiental seguida del trámite de licencias ambientales para ello. Sin embargo, existe la posibilidad y el planteamiento a futuro de la inyección de agua como método de recuperación secundaria para aumentar la producción, de aquí la importancia de este proyecto.

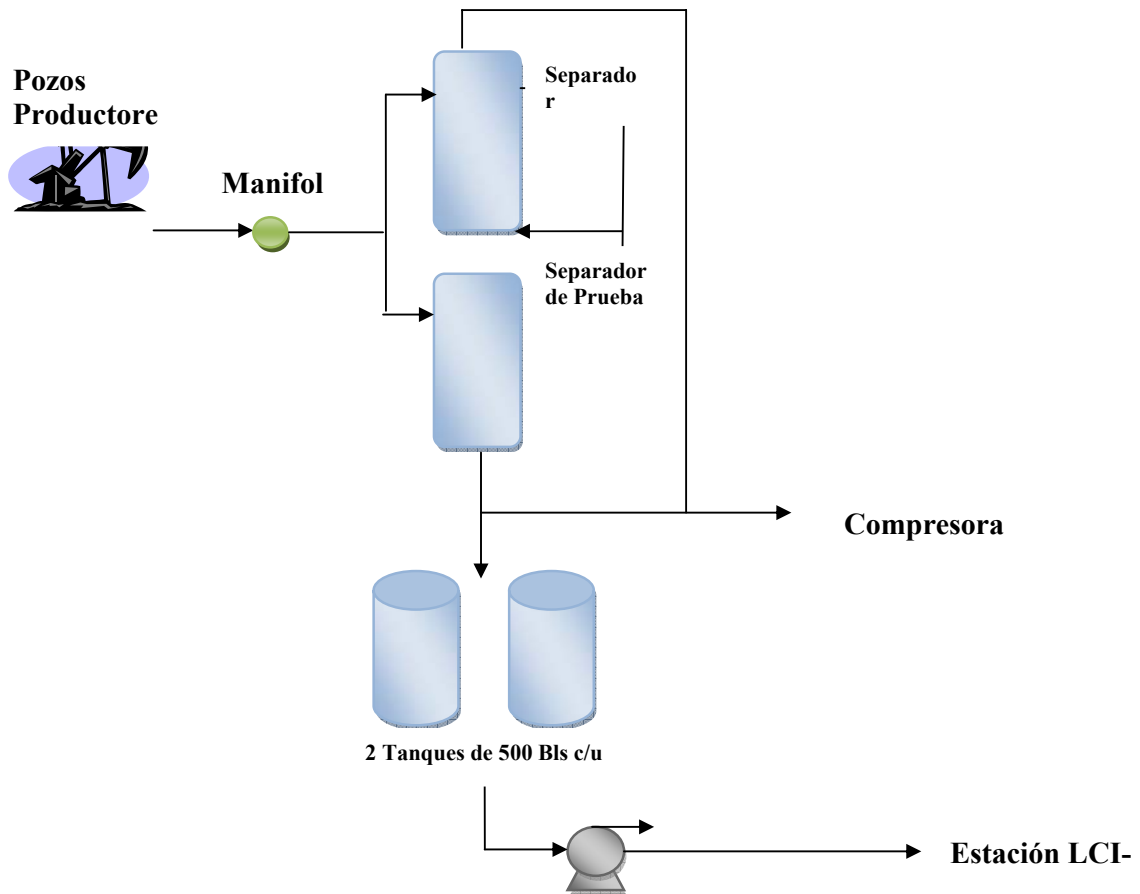
El diseño consiste básicamente en identificar claramente cada uno de los subprocesos y los requisitos, determinando así los equipos y demás insumos de control necesarios para lograr cumplir con los requisitos establecidos por las normas ambientales colombianas para vertimiento a un cuerpo de agua.

6.2 EVALUACION DE LAS FACILIDADES DE SUPERFICIE DE CEC

El agua de producción no presenta ningún tipo de tratamiento previo que este destinado a mejorar las condiciones de ésta para vertimiento a algún efluente.

Gráficamente se tiene:

Figura 68. Evaluación de las facilidades de superficie CEC



Fuente: Las autoras

Por ende, la implementación del sistema de tratamiento del agua residual y de producción debe ser completa, sin omitir ningún paso que imposibilite la probabilidad de vertimiento.

6.3 DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA CEC

El propósito es realizar un tratamiento del agua in situ, por lo que el manejo adecuado de sus características fisicoquímicas que no cumplen la norma es el objetivo principal; básicamente se propondrán 2 posibles diseños para dicha finalidad.

Por otro lado, la planta de tratamiento debe diseñarse con un sobredimensionamiento de sus equipos. Se asumirá entonces una proyección máxima de 22 pozos en mejores condiciones de producción, y se tomará de allí el caudal de agua: El obtenido actualmente de los 7 pozos activos (tomados de la figura 65) mas la producción de 15 posibles pozos mejores, los cuales fueron tomados de los reportes de producción de CEC del año 2006. En total se trabajará entonces con 24 BWPD.

DISEÑO 1 CEC (Campo Escuela Colorado)

Para el caso de la concentración de Bario se propone un adecuado tratamiento químico basado en 0.25 gal/día para un resultado óptimo; su base teórica se fundamenta en la adición de ácido sulfúrico el cual reacciona con el Ba para formar sulfato de Ba, de este modo se precipita formando flóculos que posteriormente se remueven por sedimentación.

En cuanto a la cantidad alta de grasas y aceites y sólidos suspendidos se prevee el uso de una unidad de flotación basada en el principio de inducción de gas con microburbujas (tecnología Nacional NG&O) a la salida del separador liquido-liquido, precedido por el tanque de almacenamiento del CEC; para bajar hasta un grado permisible la concentración de DBO Y DQO se plantea la utilización de piscinas de oxidación (uso de aireadores); y por último, para el manejo de la alta concentración de iones Cl-, y por tanto alta salinidad se

propone como parte del tratamiento una ósmosis inversa, lo que implica el uso de un filtro antes del proceso para evitar el deterioro de las membranas.

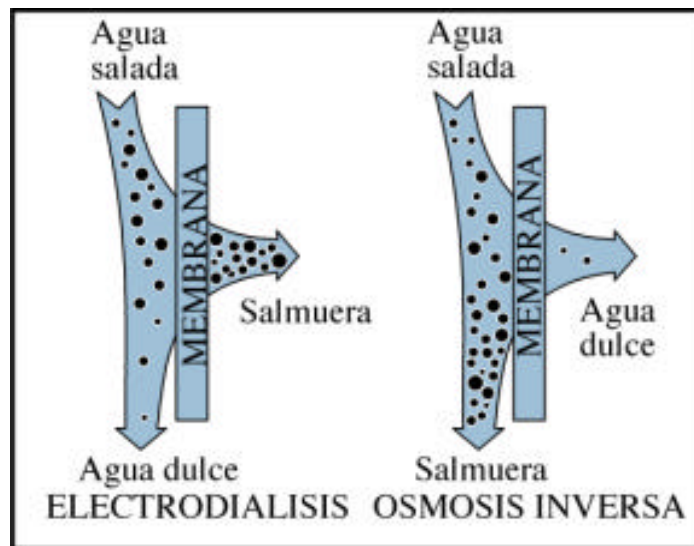
Este ultimo parámetro es el más difícil de ajustar pues la disponibilidad de equipo y el alto costo hace el proceso tedioso. Los distintos métodos de desalinización son numerosos y responden a técnicas muy diversas los cuales pueden dividirse en dos grandes grupos: Grupo 1, El agua cambia de estado en el curso del tratamiento, Grupo 2, El agua no cambia de estado en el curso del tratamiento (procedimientos con membranas)

Para el caso se tendrá en cuenta el grupo 2, dentro del cual se tiene:

- Electrodiálisis, Consiste en el paso de iones a través de membranas permeables selectivas, bajo el efecto de una corriente eléctrica. Se colocan, en forma alternativa, una serie de membranas catiónicas y aniónicas, entre dos electrodos, entre los cuales circula el agua a tratar. Las membranas, permeables sólo a los cationes o los aniones, limitan la migración de los iones entre los dos electrodos, recogándose así, separadamente, una corriente de agua desmineralizada y otra enriquecida en iones.
- Osmosis inversa, Este método se basa en el empleo de membranas semipermeables que permiten el paso del agua, pero no el de las sales disueltas. Si se separan por una membrana semipermeable dos compartimientos abiertos a la atmósfera, uno de los cuales contiene agua pura y el otro una solución acuosa de sales, se comprueba que el agua atraviesa la membrana hacia la solución y que la presión del lado de la solución aumenta hasta alcanzar un cierto valor (presión osmótica) suficiente para anular el caudal de agua que atraviesa la membrana. Este fenómeno constituye la ósmosis directa y se da, en forma general, entre dos soluciones acuosas de diferentes concentraciones.

Se optó por el fenómeno de ósmosis porque es reversible. Por lo tanto, aplicando a la solución una presión suficientemente elevada, no solamente se anula el paso del agua a través de la membrana semipermeable a la solución, sino que se conseguirá un paso de agua prácticamente pura en sentido inverso, desde la solución que se irá empobreciendo en agua, hacia el otro lado de la membrana. A continuación se presenta un esquema general de los principales procesos de desalación.

Figura 69. Electrodiálisis y osmosis inversa

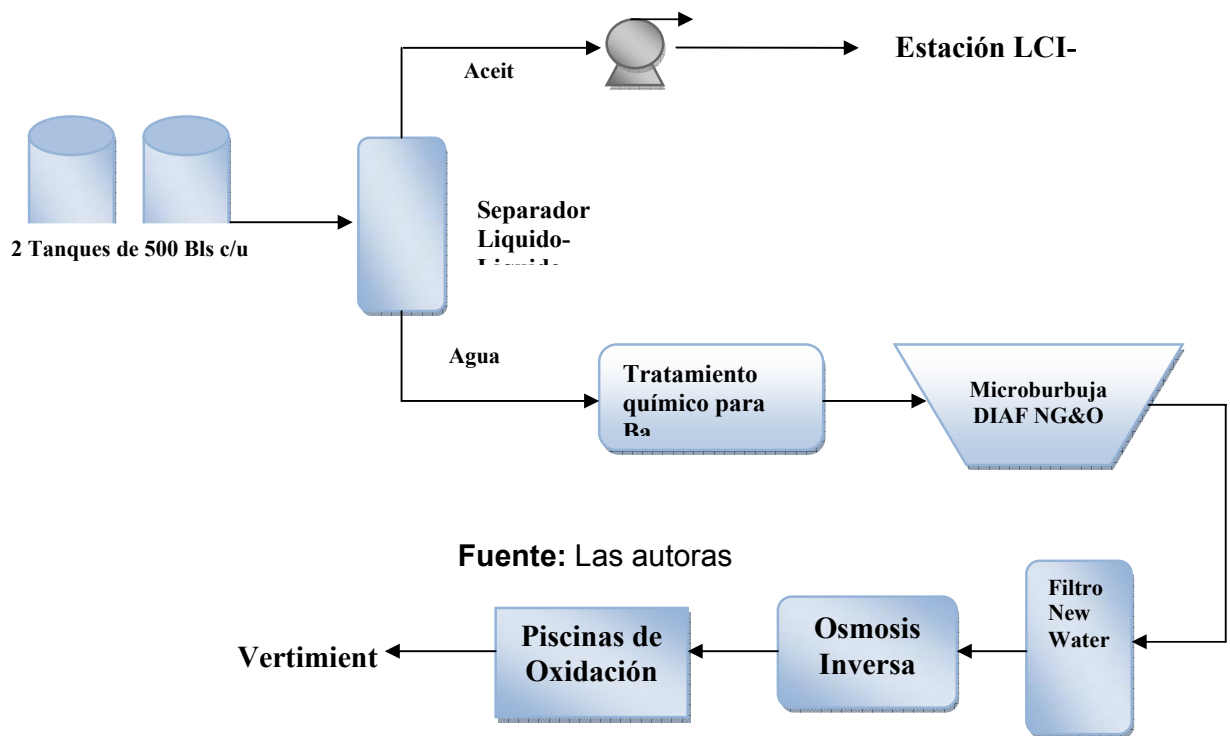


Fuente: www.c-a-m.com/content/pet/index.cfm

Cabe resaltar que el anterior diseño propuesto refiere el adecuado tratamiento del agua para vertimiento en base a las características arrojadas del reporte de laboratorio, sin importar el caudal a manejar; sin embargo, el montaje y operación final del mismo está sujeto al estudio económico que se hará posteriormente, el cual definirá si la propuesta es económicamente viable o no. Además, los equipos fueron escogidos en base a eficiencias presentadas en el Capítulo 3 y teniendo en cuenta la reducción de costos de importación.

A continuación se presenta un esquema donde se muestran las partes básicas del sistema de tratamiento de agua 1 propuesto para el campo colorado.

Figura 70. Diseño 1 propuesto para la planta de tratamiento de agua de CEC



Las dimensiones para estos equipos son:

- Separador liquido- liquido: Tiene un diámetro mínimo comercial de 18", 45.72 cm; y una longitud de 15', 4.57 m.
- Microburbuja DIAF NG&O: Compuesta por un tanque de volumen= 0.212 m³ (tiempo de residencia= 2 horas), y un generador de microburbujas.

$$\text{(Capacidad Tanque) / (BWPD)= Tiempo Residencia} \quad \text{Ec-3}$$

- Filtro New Water: Se trabaja como área efectiva 15 gpm/ ft² , de donde se tiene Qw= 0.7 gpm, 0.0466 ft² , y un diámetro de 7.44 cm.

$$\text{Qw(gpm) / Área efectiva} = (4 \cdot X \text{ft}^2)^{1/2} = \text{Diámetro de filtro (ft)} \quad \text{Ec-4}$$

X: Valor obtenido de Qw/ Area efectiva

De acuerdo a los valores obtenidos se puede deducir que, a medida que las dimensiones de los equipos se hacen más pequeñas, se hace del mismo modo más difícil de diseñar. Además, comercialmente no se encuentran equipos tan pequeños. Por otro lado, en el diseño se plantea una piscina de oxidación la cual por infraestructura del campo y por el bajo caudal de agua no es viable instalar (el buen funcionamiento de los aireadores depende de un nivel de agua mínimo de 1m en la piscina de oxidación).

Sin embargo, el diseño propuesto es el adecuado para un agua de producción que presente características fisicoquímicas similares, pero donde el campo maneje un caudal de agua mucho mayor.

DISEÑO 2 CEC (Campo Escuela Colorado)

El diseño propuesto anteriormente refiere un tratamiento al agua de producción de CEC diario, donde las diferentes unidades del sistema implican también un gasto continuo de energía con tan poco caudal a procesar. El siguiente diseño presenta una alternativa de tratamiento discontinua, sin perder la finalidad inicial: Ajustar el agua a los parámetros permisibles por norma.

Se propone entonces un tanque de almacenamiento de agua después del separador liquido- liquido donde se va a tener ésta provisionalmente por 2 semanas; llegado este tiempo se toma el agua del tanque de almacenamiento y se le realiza el respectivo tratamiento de Ba bajo el mismo principio que el diseño anterior (floculación), pero obviamente con una concentración mayor: 3.5 galones.

La unidad de flotación para este caso no se tendrá en cuenta, puesto que su costo es bastante elevado, y con el tiempo de almacenamiento que el agua tendría en el tanque se podría lograr la remoción de cierto porcentaje de sólidos suspendidos (diferencia de densidades), el restante se podría remover junto con el aceite en el filtro de carbón activo. No se sugiere el uso del filtro New Water debido a que este filtro debe permanecer en constante uso, porque de lo contrario su lecho se puede deteriorar.

La piscina de oxidación tampoco se tendrá en cuenta para el caso, pues el poco caudal de agua hace imposible y técnicamente inviable la instalación de

los aireadores, por lo que se propone una aireación natural donde solo la transferencia de oxígeno con el ambiente alcanzaría para ajustar el parámetro.

Cabe resaltar que el funcionamiento de los equipos y por ende, el gasto de energía se reducirá notablemente al implementar el sistema solo por medio día.

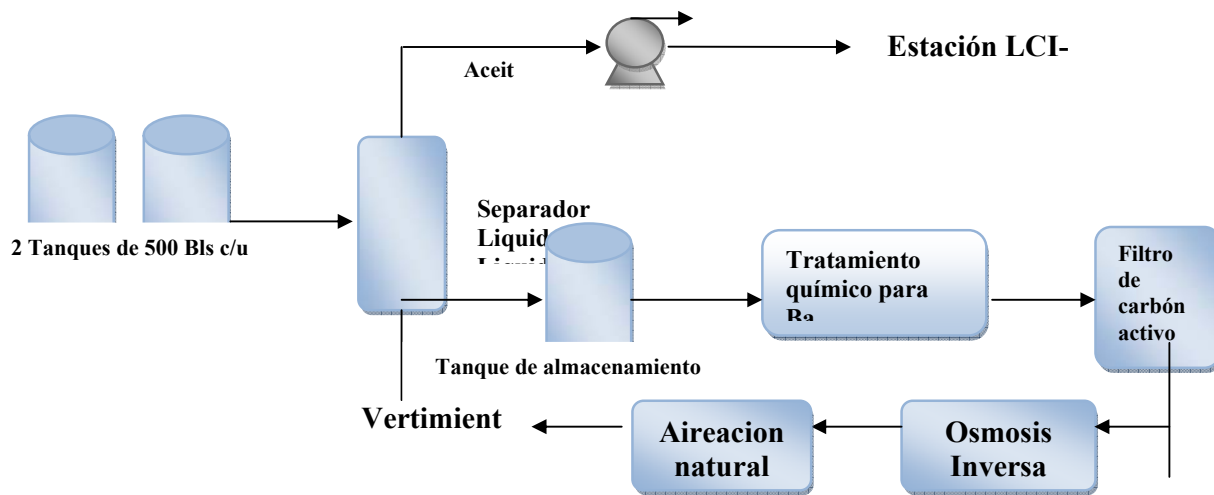
Las dimensiones para estos equipos son:

- Separador liquido- liquido: Tiene un diámetro mínimo comercial de 18", 45.72 cm; y una longitud de 15', 4.57 m.
- Tanque de almacenamiento: Se tendrían 336 Bls, 53.33 m³ (Volumen en 2 semanas) y asumiendo un diámetro de 2 m, h= 17 m.

$$V = (\pi) / 4 * (\text{Diámetro})^2 \quad \text{Ec- 5}$$

- Filtro de carbón activo: Capacidad mínima comercialmente de 1.1 m³, construido en vinilester y protegido interiormente por una funda de polietileno, serie FMC (tomado del Capítulo 3)

Figura 71. Diseño 2 propuesto para la planta de tratamiento de agua de CEC



Fuente: Las autoras

6.4 ANALISIS ECONÓMICO Y DE COSTOS

Al comparar los casos propuestos anteriormente, es importante tener en cuenta al seleccionar cual tiene mayor probabilidad de éxito en la solución del problema tanto desde el punto de vista de tiempo como de costos.

El bombeo de crudo del Campo Escuela se efectúa con el agua de producción al Centro, específicamente a la estación LCI-07, donde el aceite recibe una penalización en el precio de 1.4% sobre la cantidad de barriles enviados; esto es, si la capacidad de almacenamiento del campo es de 1000 Bls (2 tanques de

500 Bls c/u), al momento de bombeo se liquidará el recibido sobre 986 Bls, 14 Bls menos.

Entonces, al tomar los equipos planteados en el diseño del sistema de tratamiento y los respectivos costos de cada uno, incluyendo montaje y puesta en marcha de la planta, se decide no tener en cuenta POR AHORA la infraestructura de tratamiento planteada para tratar el agua residual in situ, pues la inversión y gastos no amerita el porcentaje castigado en la cantidad de HC bombeado. Sin embargo, este proyecto recobra importancia en el instante de un aumento de la producción del campo donde ya no sean solo 4 BWPD a tratar.

Las anteriores razones se sustentan numéricamente a continuación en las tablas 23 y 24 para el diseño 1, y tablas 25 y 26 para el diseño 2.

Tabla 23. Costos de inversión de equipos incluidos en el sistema de tratamiento del agua residual de CEC Diseño 1

COSTOS GENERALES DEL DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE CEC: Diseño 1			
EQUIPO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (US)	VALOR TOTAL (US)
Separador Liquido- Liquido	1	75000	75000
Microburbuja DIAF	1	18000	18000
Filtro New Water	1	10500	10500
Osmosis Inversa	1	64860	64860
Aireador New Air	1	11000	11000

*Los valores descritos anteriormente incluyen IVA

** Tasa representativa del U\$= 1850, Noviembre 2008

*** Tasa representativa del BI Petroleo= U\$ 76, Noviembre de 2008

Fuente: Las autoras

El tratamiento químico que se debe realizar al Bario (generalmente precipitación de éste) para bajar su concentración, y cumplir por ende con la norma ambiental, esta sobre U\$ 20 diarios; este valor depende de la cantidad de agua a tratar y galones de químico a utilizar por día.

Finalmente, los costos totales del proyecto ascienden a U\$ 197400, lo que no lo hace económicamente viable bajo las circunstancias en las que se encuentra en este instante el Campo Escuela Colorado (Ver RBC, sección 6.5)

Tabla 24. Costo total de la Planta de Tratamiento de aguas residuales de CEC Diseño 1

COSTO TOTAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE CEC	
PARAMETRO	VALOR TOTAL (U\$)
Diseño de la Planta	18000
Equipos	179360
Tratamiento Químico de Ba	20
TOTAL	197380

*Los valores descritos anteriormente incluyen IVA

** Tasa representativa del U\$= 1850, Noviembre 2008

*** Tasa representativa del BI Petroleo= U\$ 76, Noviembre de 2008

Fuente: Las autoras

Tabla 25. Costos de inversión de equipos incluidos en el sistema de tratamiento del agua residual de CEC Diseño 2

COSTOS GENERALES DEL DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE CEC: Diseño 2			
EQUIPO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (U\$)	VALOR TOTAL (U\$)
Separador Liquido- Liquido	1	75000	75000
Tanque de Almacenamiento	1	16216	16216
Filtro de carbón activo	1	8108	8108
Osmosis Inversa	1	64860	64860

*Los valores descritos anteriormente incluyen IVA

** Tasa representativa del U\$= 1850, Noviembre 2008

*** Tasa representativa del BI Petroleo= U\$ 76, Noviembre de 2008

Fuente: Las autoras

Para el caso de diseño 2, el tratamiento químico para el Bario, como ya se especifico anteriormente, depende de la cantidad de agua a tratar y galones de químico a utilizar por día; por tanto su valor es U\$ 280 (Valor acumulado).

Finalmente, los costos totales del proyecto para el caso del Diseño 2 ascienden a U\$ 182464, lo que tampoco hace económicamente viable el proyecto bajo las circunstancias en las que se encuentra en este instante el Campo Escuela Colorado (Ver RBC, sección 6.5).

Tabla 26. Costo total de la Planta de Tratamiento de aguas residuales de CEC

COSTO TOTAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE CEC.Diseño 2	
PARAMETRO	VALOR TOTAL (U\$)
Diseño de la Planta	18000
Equipos	164184
Tratamiento Químico de Ba	280
TOTAL	182464

*Los valores descritos anteriormente incluyen IVA

** Tasa representativa del U\$= 1850, Noviembre 2008

*** Tasa representativa del BI Petroleo= U\$ 76, Noviembre de 2008

Fuente: Las autoras

6.5 RELACIÓN BENEFICIO- COSTO (RBC)

La relación Beneficio- Costo refleja las ganancias extras en dinero de hoy que se producen por encima de la tasa de oportunidad por cada dólar invertido. Y se calcula de la siguiente manera:

- Se calcula el valor presente de los ingresos asociados con el proyecto en cuestión.
- Se calcula el valor presente de los egresos del proyecto.
- Se establece una relación entre el VPN (Valor Presente Neto) de los ingresos y el VPN de los egresos, al dividir la primera cantidad por la segunda se obtiene el valor del RBC que se representa como:

$$\text{RBC} = (\text{VPN DE LOS INGRESOS}) / (\text{VPN DE LOS EGRESOS}) \quad \text{Ec- 6}$$

- Cuando el RBC es > 1 → El VPN es > 0 El proyecto es atractivo y el TIR (Tasa Interna de Retorno) es $>$ a la Tasa de Oportunidad
- Cuando el RBC es $= 1$ → El VPN es $= 0$ El proyecto es indiferente y el TIR es $=$ a la Tasa de Oportunidad
- Cuando el RBC es < 1 → El VPN es < 0 El proyecto no es atractivo y el TIR es $<$ a la Tasa de Oportunidad

Para el caso, los costos de las Plantas de tratamiento de aguas residuales de CEC propuestas, U\$ 197380 y U\$ 182464 respectivamente, serían los egresos del proyecto; y por su parte, los beneficios a obtener en caso de implementarla (Eliminación de Penalización y Multas)= U\$ 65928 se tomarían como los ingresos.

Entonces:

- Diseño 1:

$$\text{RBC} = 65928 / 197380 = 0.33$$

- Diseño 2:

$$\text{RBC} = 65928 / 182464 = 0.36$$

*Se tomó como referencia el valor máximo permitido en el rango de las multas= 120 millones de pesos

BIBLIOGRAFIA

- Tratamiento de aguas residuales Eduardo Ospina y Cia S.A.2000
- Programa de capacitación personal de producción Modulo 2: Circuito del agua. PERENCO COLOMBIA LTD.2000
- AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. Monographs on Refinery Environmental Control, Management of Water Discharges. API 421.
- www.veoliawaterst.com/solutions
- www.natcogropup.com
- www.c-a-m.com/content/pet/index.cfm
- www.glr solutions.com/articles/cache/php

ANEXO 1
DECRETO 1594 DE 1984

DECRETO 1594 DE 1984
Usos del agua y residuos líquidos

Artículo 1: Cuando quiera que el presente Decreto se refiera a recurso, se entenderá por tal las aguas superficiales, subterráneas, marinas y estuarinas, incluidas las aguas servidas.

Artículo 2: La sigla EMAR utilizada en el presente Decreto, corresponde a entidad encargada del manejo y administración del recurso.

Artículo 3: Entiéndese por entidad encargada del manejo y administración del recurso (EMAR), aquella que tenga asignadas esas funciones por la ley o por delegación, como el INDERENA, el HIMAT en los distritos de riego, las Corporaciones Autónomas Regionales de Desarrollo y la Dirección Marítima y Portuaria, DIMAR.

Artículo 4: Los criterios de calidad establecidos en el presente Decreto, son guías para ser utilizados como base de decisión en el ordenamiento, asignación de usos al recurso y determinación de las características del agua para cada uso.

Artículo 5: Entiéndese por tratamiento convencional para potabilizar las aguas, los siguientes procesos y operaciones: coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección.

Artículo 6: Entiéndese por vertimiento líquido cualquier descarga líquida hecha a un cuerpo de agua o a un alcantarillado.

Artículo 7: Es usuario toda persona natural o jurídica de derecho público o privado, que utilice agua tomada directamente del recurso o de un acueducto, o cuya actividad pueda producir vertimiento directo o indirecto al recurso.

Artículo 8: Entiéndese por usuario nuevo aquella cuya actividad se inicie después de la fecha de entrada en vigencia del presente Decreto.

Artículo 9: Entiéndese por usuario existente aquel cuya actividad ha venido realizándose con anterioridad a la fecha de entrada en vigencia del presente Decreto.

Artículo 10: Entiéndese por zona de mezcla, el área técnicamente determinada a partir del sitio de vertimiento, indispensable para que se produzca mezcla homogénea de este con el cuerpo receptor; en la zona de mezcla se permite sobrepasar los criterios de calidad de agua para el uso asignado, siempre y cuando se cumplan las normas de vertimiento.

Artículo 11: Denomínase vertimiento no puntual aquel en el cual no se puede precisar el punto exacto de descarga al recurso, tal es el caso de vertimientos provenientes de escorrentía, aplicación de agroquímicos u otros similares.

Artículo 12: Denomínase lodo a la suspensión de un sólido en un líquido proveniente de tratamiento de aguas, residuos líquidos u otros similares.

Artículo 13: Denomínase concentración de una sustancia, elemento o compuesto en un líquido, la relación existente entre su peso y el volumen del líquido que lo contiene.

Artículo 14: Denomínase carga al producto de la concentración promedio por el caudal promedio determinado en el mismo sitio; se expresa en kilogramos por día (Kg/d).

Artículo 15: Denomínase bioensayo acuático al procedimiento por el cual la presencia o efectos de una o más sustancias, elementos, compuestos, desechos o factores ambientales solos o en combinación.

Artículo 16: Denomínase toxicidad la propiedad que tiene una sustancia, elemento o compuesto. de causar daños en la salud humana o la muerte de un organismo vivo.

Artículo 17: Denomínase toxicidad aguda la propiedad de una sustancia, elemento, compuesto, desecho, o factor ambiental, de causar efecto letal u otro efecto nocivo en cuatro (4) días o menos a los organismos utilizados para el bioensayo acuático.

Artículo 18: Denomínase toxicidad crónica la propiedad de una sustancia, elemento, compuesto, desecho o factor ambiental, de causar cambios en el apetito, crecimiento, metabolismo, reproducción, movilidad o la muerte o producir mutaciones después de cuatro (4) días a los organismos utilizados por el bioensayo acuático.

Artículo 19: Denomínase $CL_{96\ 50}$ a la concentración de una sustancia, elemento o compuesto, solos o en combinación, que produce la muerte al cincuenta por ciento (50%) de los organismos sometidos a bioensayos en un período de noventa y seis (96) horas.

Artículo 20: Consideranse sustancias de interés sanitario las siguientes:

Arsénico	Plomo
Bario	Selenio
Cadmio	Acenafteno
Cianuro	Acroleína
Cobre	Acrilonitrilo
Cromo	Benceno
Mercurio	Bencidina
Níquel	Tetracloruro de Carbono (Tetraclorometano)
Bencenos clorados diferentes a los diclorobencenos	

Clorobenceno
1,2,4 - Triclorobenceno
Hexaclorobenceno

Etanos clorados

1,2 - Dicloroetano

1,1,1 – Tricloroetano

Hexacloroetano

1,1 - Dicloroetano

1,1,2 - Tricloroetano

1,1,2,2 – Tetracloroetano

Cloroetano

Cloroalkil éteres

Bis (clorometil) éter

Bis (2-cloroetil) éter

1 - cloroetil vinil éter (mezclado)

Nafatalenos clorados

2 - Cloronaftaleno

Fenoles clorados diferentes a otros de la lista, incluye cresoles clorados

2,4,6 – Triclorofenol

Paracloromecresol

Cloroformo (Triclorometano)

2 – Clorfenol

Disclorobencenos

1,2 - Diclorobenceno

1,3 - Diclorobenceno

1,4 – Diclorobenceno

Diclorobencidina

3,3' - Diclorobencidina

Dicloroetilenos

1,1 - Dicloroetileno

1,2 - Trans-dicloroetileno

2,4 – Diclorofenol

Dicloropropano y Dicloropropeno

1,2 - Dicloropropano

1,2 - Dicloropropileno (1, 3 - Dicloropropeno)

2,4 – Dimetilfeno

Dinitrotolueno

2,4 - Dinitrotolueno

2,6 - Dinitrotolueno

1,2 – Difenilhidracina

Etilbenceno

Fluoranteno

Haloéteres (diferentes a otro en la lista)

4 - Clorofenil fenil éter
4 - Bromofenil fenil éter
Bis (2 - Cloroisopropil) éter
Bis (2 - Cloroetoxi) metano
Halometanso (diferentes a otro en la lista)
Metilen cloruro (Diclorometano)
Metil cloruro (Clorometano)
Metil Bromuro (Bromometano)
Bromoformo (Tribromometano)
Diclorobrometano
Triclorofluorometano
Diclorodibfluorometano
Clorodibromometano
Hexaclorociclopentadieno
Isoforón Naftaleno
Nitrobenzeno
Nitrofenoles
2 - Nitrofenol
4 - Nitrofenol
2,4 - Dinitrofenol
4,6 - Dinitro - o - Cresol
Nitrosaminas
N - Nitrosodifenilamina
N - Nitrosodi - n - Propilamina
Pentaclorfenol
Fenol
N - Nitrosodimetilamina
Ftalato esteris
Bis (2 - etilhexil) Ftalato
Butil benzil ftalato
Di - n - butil ftalato
Di - n - octil ftalato
Dietil ftalato
Dimetil ftalato
Hidrocarburos aromáticos polinucleares
Benzo (a) antraceno (1,2 - benzantraceno)
Benzo (a) pireno (3, 4 - benzopireno)
3,4 - benzofluoranteno
Benzo (k) fluoranteno (11, 12 - benzofluoranteno)
Criseno
Acenaftileno
Antraceno
Benzo (ghi) perileno (1,12 - benzoperileno)
Fluoreno
Fenantreno
Dibenzo (a, h) Antraceno (1,2,5,5 - dibenzoantraceno)
Indeno (1,2,3 - de) pireno (2,3 - o -fenil enepireno)
Pireno Tetracloroetileno
Tolueno
Tricloroetileno

Vinil Cloruro (Cloroetileno)
Pesticidas y metabolitos
Aldrín
Dieldrín
Clordano
DDT y metabolitos
4,4'- DDT
4,4'- DDE (p,p'- DDX)
4,4'- DDD (p,p'- TDE)
Endosulfan y metabolitos
Endrín
Endrán aldehido
Heptacloroepóxido
6
Hexaclorociclohexano (todos los isómeros)
a - BHC - Alpha
b - BHC - Beta
r - BHC (lindano) - Gamma
g - BHC Delta
Bifenil policlorados
PCB -1242 (Arocloro 1242)
PCB - 1254 (Arocloro 1254)
PCB - 1221 (Arocloro 1221)
PCB - 1232 (Arocloro 1232)
PCB - 1260 (Arocloro 1260)
PCB - 1016 (Arocloro 1016)
Toxafeno
Antimonio
(total)
Asbesto (fibras)
Berilio
Cinc
2,3,7,8 - Tetraclorodibenzo - p - dioxin (TCDD)
Compuestos adicionales
Acido abiético
Acido dehidroabiético
Acido isopimárico
Acido pimárico
Acido oleico
Acido linoleico
Acido linolénico
9, 10 - Acido epoxisteárico
9, 10 - Acido diclorosteárico
Acido monoclorodehidroabiético
Acido diclorohidroabiético
3,4,5 - Tricloroguayacol
Tetraclorguayacol
Carbamatos
Compuestos fenólicos
Difenil policlorados

Sustancias de carácter explosivo, radiactivo, patógeno.

Parágrafo: El Ministerio de Salud podrá considerar como de interés sanitario sustancias diferentes a las relacionadas en el presente artículo.

Artículo 21: Entiéndese por usuario de interés sanitario aquel cuyos vertimientos contengan las sustancias señaladas en el artículo anterior.

CAPITULO II DEL ORDENAMIENTO DEL RECURSO

Artículo 22: Para destinar las aguas en forma genérica a los diferentes usos de que trata el artículo 29 del presente decreto, se deberá desarrollar un plan de ordenamiento del recurso por parte de las EMAR o del Ministerio de Salud en donde aquellas no existan.

Artículo 23: Para el ordenamiento de que trata el artículo anterior deberá tenerse en cuenta:

- a) Los factores pertinentes señalados en los Decretos 2811 de 1974, 2857 de 1981, 1875 de 1979 y 1541 de 1978.
- b) Los usos existentes.
- c) Las proyecciones de usos de agua por aumento de demanda y por usuarios nuevos.
- d) El establecimiento de los modelos de simulación de calidad que permitan determinar la capacidad asimilativa de sustancias biodegradables o acumulativas y la capacidad de dilución de sustancias no biodegradables.
- e) Los criterios de calidad y normas de vertimiento establecidos, vigentes en el momento del ordenamiento.
- f) La preservación de las características naturales del recurso.
- g) La conservación de límites acordes con las necesidades del consumo y con el grado de desarrollo de las características del recurso hasta alcanzar la calidad para el consumo humano y las metas propuestas para un conveniente desarrollo en el área de influencia.

Artículo 24: Para el establecimiento de los modelos de simulación de calidad de que trata el literal d del artículo anterior la EMAR deberá realizar periódicamente, a partir de la vigencia del presente decreto los análisis pertinentes para obtener, por lo menos, la siguiente información:

- a) DBO: Demanda bioquímica de oxígeno a cinco (5) días.
- b) DQO: Demanda química de oxígeno.
- c) SS: Sólidos suspendidos.
- d) pH: Potencial del ion hidronio, H⁺.
- e) T: Temperatura.
- f) OD: Oxígeno disuelto.
- g) Q: Caudal.
- h) Datos Hidrobiológicos

i) Coliformes (NMP)

Artículo 25: El Ministerio de Salud o su entidad delegada y la EMAR determinarán

cuales de las sustancias de interés sanitario requieren análisis con carácter prioritario.

Artículo 26: A solicitud del Ministerio de Salud o de su entidad delegada, la EMAR deberá informar los resultados de acuerdo a lo establecido en los dos artículos del presente Decreto.

Artículo 27: Hasta cuando se lleve a cabo el ordenamiento del recurso, para la aplicación de los criterios de calidad y normas de vertimiento, se tendrá en cuenta la destinación genérica del recurso al momento de vigencia del presente Decreto, hecha por las entidades competentes para su manejo.

CAPITULO III DE LA DESTINACION GENERICA DE LAS AGUAS SUPERFICIALES, SUBTERRANEAS, MARITIMAS, ESTUARIAS Y SERVIDAS

Artículo 28: Para la administración y manejo del recurso agua, la EMAR deberá tener en cuenta, además de las disposiciones del presente Decreto, las contenidas en los Decretos 1541 de 1978, 2857 de 1981 y demás normas que rigen la materia.

Artículo 29: Para los efectos del presente Decreto se tendrán en cuenta los siguientes usos del agua, sin que su enunciado indique orden de prioridad:

- a. Consumo humano y doméstico;
- b. Preservación de flora y fauna;
- c. Agrícola;
- d. Pecuario;
- e. Recreativo;
- f. Industrial;
- g. Transporte.

Parágrafo: Cuando quiera que el agua se utilice para fines distintos de las opciones previstas en el presente Decreto, el Ministerio de Salud, para efectos del control sanitario y la EMAR por razones de administración del recurso, establecerán la denominación para su uso y definirán el contenido o alcance del mismo. Así por ejemplo, el empleo del agua para la recepción de vertimientos, siempre y cuando ello no impida la utilización posterior del recurso de acuerdo con el ordenamiento previo del mismo, se denominará dilución y asimilación, su uso para contribuir a la armonización y embellecimiento del paisaje, se denominará estético.

Artículo 30: Se entiende por uso del agua para consumo humano y doméstico su empleo en actividades tales como:

- a. Fabricación o procesamiento de alimentos en general y en especial los destinados a su comercialización o distribución.
- b. Bebida directa y preparación de alimentos para consumo inmediato.
- c. Satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como

higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios.

d. Fabricación o procesamiento de drogas, medicamentos, cosméticos, aditivos y productos similares.

Artículo 31: Se entiende por uso del agua para preservación de flora y fauna, su empleo en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas acuáticos y terrestres y de sus ecosistemas asociados, sin causar alteraciones sensibles en ellos, o para actividades que permitan la reproducción supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de especies hidrobiológicas en cualquiera de sus formas, tal como en los casos de pesca y acuicultura.

Artículo 32: Se entiende por uso agrícola del agua, su empleo para irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias, que el Ministerio de Salud o la EMAR establezcan.

Artículo 33: Se entiende por uso pecuario del agua, su empleo para el consumo del ganado en sus diferentes especies y demás animales, así como para otras actividades conexas y complementarias que el Ministerio de Salud o la EMAR establezcan.

Artículo 34: Se entiende por uso del agua para fines recreativos, su utilización, cuando se produce:

a. Contacto primario, como en la natación y el buceo.

b. Contacto secundario, como en los deportes náuticos y la pesca.

Parágrafo: Por extensión, dentro de los usos del agua a que se refiere el presente artículo, se incluyen los baños medicinales.

Artículo 35: Se entiende por uso agrícola del agua, su empleo en actividades tales como:

a. Procesos manufactureros de transformación o explotación, así como aquellos conexas y complementarios, que el Ministerio de Salud o la EMAR establezcan.

b. Generación de energía.

c. Minería.

Artículo 36: Se entiende por uso del agua para transporte su empleo para la navegación de cualquier tipo de embarcación o para la movilización de materiales por contacto directo.

CAPITULO IV DE LOS CRITERIOS DE CALIDAD PARA DESTINACION DEL RECURSO

Artículo 37: Los valores asignados a las referencias indicadas en el presente Capítulo se entenderán expresados en miligramos por litro, mg/L, excepto cuando se indiquen otras unidades.

Artículo 38: Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso

humano y doméstico son los que se relacionan a continuación, e indican que para su potabilización se requiere solamente tratamiento convencional:

Referencia Expresado como Valor
Amoníaco N 1.0
Arsénico As 0.05
Bario Ba 1.0
Cadmio Cd 0.01
Cianuro CN- 0.2
Cinc Zn 15.0
Cloruros Cl- 250.0
Cobre Cu 1.0
Color Color real 75 unidades, escala
Platino - cobalto
Compuestos Fenólicos Fenol 0.002
Cromo Cr + 6 0.05
Difenil Policlorados Concentración
de agente activo No detectable
Mercurio Hg 0.002
Nitratos N 10.0
Nitritos N 10.
pH Unidades 5.0 - 9.0 unidades
Plata Ag 0.05
Plomo Pb 0.05
Selenio Se 0.01
Sulfatos SO_4 400.0
Tensoactivos Sustancias activas al
Azul de metileno 0.5
Coliformes totales NMP 20.000
microorganismos/100ml.
Coliformes fecales NMP 2.000
microorganismos/100ml.

Parágrafo 1: La condición de valor “no detectable” se entenderá que es la establecida por el método aprobado por el Ministerio de Salud.

Parágrafo 2: No se aceptará película visible de grasas y aceites flotantes, materiales flotantes, radioisótopos y otros no removibles por tratamiento convencional que puedan afectar la salud humana.

Artículo 39: Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico son los que se relacionan a continuación, e indican que para su potabilización se requiere solo desinfección:

Referencia Expresado como Valor
Amoníaco N 1.0
Arsénico As 0.05
Bario Ba 1.0
Cadmio Cd 0.01

Cianuro CN- 0.2
Cinc Zn 15.0
Cloruros Cl- 250.0
Cobre Cu 1.0
Color Color real 20 unidades, escala
Platino - cobalto
Compuestos Fenólicos Fenol 0.002
Cromo Cr + 6 0.05
Difenil Policlorados Concentración de agente activo No detectable
Mercurio Hg 0.002
Nitratos N 10.0
Nitritos N 10.
pH Unidades 6.5 - 8.5 unidades
Plata Ag 0.05
Plomo Pb 0.05
Selenio Se 0.01
Sulfatos SO₄ 400.0
Tensoactivos Sustancias activas al azul de metileno 0.5
Turbiedad UJT 10 unidades Jackson de turbiedad, UJT.
Coliformes totales NMP 1.000 microorganismos/100 ml.

Parágrafo: No se aceptará película visible de grasas y aceites flotantes, materiales flotantes provenientes de actividad humana, radioisótopos y otros no removibles por desinfección, que puedan afectar la salud humana.

Artículo 40: Los criterios admisibles para la destinación del recurso para uso agrícola son los siguientes:

Referencia	Expresado como Valor
Aluminio Al	5.0
Arsénico As	0.1
Berilio Be	0.1
Cadmio Cd	0.01
Cinc Zn	2.0
Cobalto Co	0.05
Cobre Cu	0.2
Cromo Cr + 6	0.1
Fluor F	1.0
Hierro Fe	5.0
Litio Li	2.5
Manganeso Mn	0.2
Molibdeno Mo	0.01
Níquel Ni	0.2
pH Unidades	4.5 - 9.0 unidades
Plomo Pb	5.0
Selenio Se	0.02

Vanadio V 0.1

Parágrafo 1: Además de los criterios establecidos en el presente artículo, se adoptan los siguientes:

- a. El boro, expresado como B, deberá estar entre 0.3 y 4.0 mg/L dependiendo del tipo de suelo y del cultivo.
- b. El NMP de coliformes totales no deberá exceder de 5.000 cuando se use el recurso para riego de frutas que se consuman sin quitar la cáscara y para hortalizas de tallo corto.
- c. El NMP de coliformes fecales no deberá exceder 1.000 cuando se use el recurso para el mismo fin del literal anterior.

Parágrafo 2: Deberán hacerse mediciones sobre las siguientes características:

- a. Conductividad.
- b. Relación de absorción de sodio (RAS).
- c. Porcentaje de sodio posible (PSP).
- d. Salinidad efectiva y potencial.
- e. Carbonato de sodio residual.
- f. Radionucleídos.

Artículo 41: Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso pecuario, son los siguientes:

Referencia Expresado como Valor

Aluminio Al 5.0
Arsénico As 0.2
Boro B 5.0
Cadmio Cd 0.05
Cinc Zn 25.0
Cobre Cu 0.5
Cromo Cr + 6 1.0
Mercurio Hg 0.01
Nitratos + Nitritos N 100.0
Nitrito N 10.0
Plomo Pb 0.1
Contenido de sales Peso total 3.000

Artículo 42: Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para fines recreativos mediante contacto primario, son los siguientes:

Referencia Expresado como Valor

Coliformes fecales NMP 200
microorganismos/100 ml.
Coliformes totales NMP 1.000
microorganismos/100 ml.
Compuestos Fenólicos Fenol 0.002
Oxígeno disuelto 70% concentración de saturación
pH Unidades 5.0 - 9.0 unidades
Tensoactivos Sustancias activas al azul de metileno 0.5

Parágrafo 1: No se aceptará en el recurso película visible de grasas y aceites flotantes, presencia de material flotante proveniente de actividad humana; sustancias tóxicas o irritantes cuya acción por contacto, ingestión o inhalación, produzcan reacciones adversas sobre la salud humana.

Parágrafo 2: El nitrógeno y el fósforo deberán estar en proporción que no ocasionen eutroficación.

Artículo 43: Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para fines recreativos mediante contacto secundario, serán los siguientes:

Referencia	Expresado como Valor
Coloformes totales	NMP 5.000
microorganismos/100 ml.	
Oxígeno disuelto	70% concentración de saturación
pH	Unidades 5.0 - 9.0 unidades
Tensoactivos	Sustancias activas al
Azul de metileno	0.5

Parágrafo: Además de los criterios del presente artículo se tendrán en cuenta los establecidos en los párrafos 1 y 2 del artículo anterior.

Artículo 44: Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso estético son los siguientes:

1. Ausencia de material flotante y de espumas, provenientes de actividad humana.
- b. Ausencia de grasas y aceites que formen película visible.
- c. Ausencia de sustancias que produzcan olor.

Artículo 45: Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para preservación de flora y fauna, en aguas dulces, frías o cálidas y en aguas marinas o estuarias son los siguientes:

Referencia	Expresado como Valor	
Agua fría	Agua cálida	Agua marina
dulce	dulce	y estuaria
Clorofenoles	Clorofenol	0.5 0.5 0.5
Difenil	Concentración	
de agente		
activo	0.0001	0.0001 0.0001
Oxígeno disuelto	5.0	4.0 4.0
pH	Unidades 6.5 - 9.0	4.5 - 9.0 6.5 - 8.5
Sulfuro de Hidrógeno		
ionizado H ₂ S	0.0002	0.0002
	0.0002	
Amoníaco NH ₃	0.1	CL ₉₆
	50 0.1	CL ₉₆
	50 0.1	CL ₉₆
	50	
Arsénico As	0.1	CL ₉₆

50 0.1 CL₉₆
50 0.1 CL₉₆
Bario Ba 0.1 CL₉₆
50 0.1 CL₉₆
50 0.1 CL₉₆
Berilio Be 0.1 CL₉₆
50 0.1 CL₉₆
50 0.1 CL₉₆
Cadmio Cd 0.01 CL₉₆
50 0.01 CL₉₆
50 0.01
CL₉₆
Cianuro libre CN- 0.05 CL₉₆
50 0.05 CL₉₆
50 0.05 CL₉₆
Cinc Zn 0.01 CL₉₆
50 0.01 CL₉₆
50 0.01 CL₉₆
Cloro total residual Cl₂ 0.1 CL₉₆
50 0.1 CL₉₆
50 0.1 CL₉₆
Cobre Cu 0.1 CL₉₆
50 0.1 CL₉₆
50 0.1 CL₉₆
Cromo Hexavalente Cr⁺⁶ 0.01 CL₉₆
50 0.01 CL₉₆
50 0.01
CL₉₆
Fenoles monohídricos Fenoles 1.0 CL₉₆
50 1.0 CL₉₆
50 1.0
CL₉₆
Grasas y aceites Grasas como
porcentaje de
sólidos secos 0.01 CL₉₆
50 0.01 CL₉₆
50 0.01
CL₉₆
50
Hierro Fe 0.1 CL₉₆
50 0.1 CL₉₆
50 0.1 CL₉₆
Manganeso Mn 0.1 CL₉₆
50 0.1 CL₉₆
50 0.1 CL₉₆
Mercurio Hg 0.01 CL₉₆
50 0.01 CL₉₆
50 0.01 CL₉₆
Níquel Ni 0.01 CL₉₆
50 0.01 CL₉₆
50 0.01 CL₉₆

Plaguicidas organoclorados Concentración de
(cada variedad) agente activo 0.001 CL₉₆
50 0.001 CL₉₆
0.001 CL₉₆
Plaguicidas organofosforados Concentración de (cada variedad) agente activo
0.05 CL₉₆
50 0.05 CL₉₆
0.05 CL₉₆
Plata Ag 0.01 CL₉₆
50 0.01 CL₉₆
50 0.01 CL₉₆
Plomo Pb 0.01 CL₉₆
50 0.01 CL₉₆
50 0.01 CL₉₆
Selenio Se 0.01 CL₉₆
50 0.01 CL₉₆
50 0.01
CL₉₆
Tensoactivos Sustancias activas
al azul de
metileno 0.143 CL₉₆
50 0.143 CL₉₆
50 0.143 CL₉₆

Parágrafo: Como criterios adicionales de calidad para los usos de que trata el presente artículo, no deben presentarse sustancias que impartan olor o sabor a los tejidos de los organismos acuáticos, ni turbiedad o color que interfieran con la actividad fotosintética.

Artículo 46: Corresponde a la EMAR la realización de bioensayos que permitan establecer los valores de la CL₉₆ 50 de los parámetros contemplados en el artículo anterior, como también el establecimiento del NMP de coliformes totales para acuicultura y los valores para temperaturas según las diversas situaciones.

Artículo 47: Para los usos referentes a transporte, dilución y asimilación no se establecen criterios de calidad, sin perjuicio del control de vertimientos correspondiente.

Artículo 48: Para el uso industrial no se establecen criterios de calidad, con excepción de las actividades relacionadas con explotación de cauces, playas y lechos, para las cuales se deberán tener en cuenta los criterios contemplados en el parágrafos 1 del artículo 42 y en el artículo 43 en lo referente a sustancias tóxicas o irritantes, pH, grasas y aceites flotantes, materiales flotantes provenientes de actividad humana y coliformes totales.

Parágrafo: Los criterios de calidad a que hace referencia el presente artículo se aplicarán únicamente cuando haya contacto directo.

Artículo 49: En los sitios en donde se asignen usos múltiples, los criterios de

calidad para la destinación del recurso, corresponderán a los valores más restrictivos de cada referencia.

Artículo 50: El Ministerio de Salud o la EMAR podrán complementar o modificar los criterios de calidad de agua para los distintos usos contenidos en el presente Decreto, cuando por razones de protección de los recursos naturales y de la salud humana se requiera, de acuerdo a los procedimientos establecidos en el Capítulo XI del presente Decreto.

CAPITULO V DE LAS CONCESIONES

Artículo 51: Todo usuario del agua que no haya legalizado su uso de conformidad con el Decreto 1541 de 1978 y con las disposiciones de la EMAR, deberá solicitar ante esta la correspondiente concesión de agua, para cuya expedición se tendrá en cuenta las disposiciones del presente Decreto.

La disposición del inciso anterior será también aplicable a los responsables de la administración de los acueductos urbanos o rurales y de la exploración y explotación petrolífera, de gas natural y minera, que utilicen agua.

Artículo 52: Las concesiones de agua para consumo humano y doméstico o su revocación, así como las relacionadas con el uso agrícola de aguas servidas, requieren autorización previa del Ministerio de Salud o de la entidad en quien este delegue, sin perjuicio de la competencia que le confiere el artículo 4 de la Ley 9 de 1979.

También se requiere dicha autorización cuando los usos a que se refiere el inciso anterior formen parte de uno múltiple.

Parágrafo: Las concesiones de agua para consumo humano y doméstico o su revocación, con caudal inferior a 0.1 litro por segundo no requieren autorización del Ministerio de Salud.

Artículo 53: El Ministerio de Salud podrá señalar otros usos del agua que requieran autorización previa para el otorgamiento de una concesión, cuando las situaciones de salud lo ameriten.

Artículo 54: Las concesiones de agua para usuarios nuevos que requieran autorización sanitaria - parte agua para verter, deberán presentar constancia de que el permiso de instalación se encuentra en trámite de acuerdo con lo establecido en el presente Decreto.

Artículo 55: Para efectos del otorgamiento de una concesión de agua por parte de la EMAR, el Ministerio de Salud o su entidad delegada podrán realizar o exigir una nueva evaluación o verificación de cualesquiera de los criterios de calidad.

Artículo 56: Cuando al hacer nueva evaluación o verificación de los criterios de calidad de que trata el artículo anterior se compruebe que se están excediendo los valores establecidos en el artículo 38 del presente Decreto, el Ministerio de Salud, su entidad delegada o la EMAR, identificarán a los usuarios públicos o privados cuyos vertimientos causen dicha situación y los incorporarán en un

programa de control especial el cual se adelantará teniendo en cuenta las prioridades existentes.

Artículo 57: Toda solicitud de concesión de agua, para consumo humano y doméstico o su renovación, deberá presentarse por duplicado ante la EMAR, la cual deberá hacer llegar copia de la misma al Ministerio de Salud o a la entidad en quien este delegue, dentro de los treinta (30) días siguientes a su radicación. Para que el mismo, o su entidad delegada emita concepto previo al otorgamiento o renovación de una concesión de agua para consumo humano y doméstico, la EMAR deberá presentar la siguiente información:

- a. Caracterización representativa de la fuente de agua, en el tramo que considere la EMAR y en los términos establecidos por los artículos 159 y 160 del presente Decreto.
- b. Relación de los vertimientos hechos al recurso en el tramo de interés. El mismo o su entidad delegada podrán solicitar ampliación del tramo en cuestión.

Parágrafo: Las solicitudes de concesión a que se refiere el presente artículo, deberán cumplir, además de las exigencias en él señaladas, la totalidad de los requisitos establecidos por la EMAR.

Artículo 58: La información básica requerida en el artículo anterior deberá ser suministrada a la EMAR correspondiente por la entidad administradora del sistema de suministro de agua, en el caso de que ello sea de su responsabilidad, o por la persona responsable o interesada en los demás casos.

Cuando quiera que la EMAR encuentre que la información es completa, procederá a remitirla al Ministerio de Salud, en los términos señalados en el artículo anterior.

Artículo 59: El Ministerio de Salud o su entidad delegada, se pronunciarán con respecto a la autorización previa a la concesión, dentro de los sesenta (60) días siguientes a la fecha de radicación de la remisión de la información por parte de la EMAR.

CAPITULO VI DEL VERTIMIENTO DE LOS RESIDUOS LIQUIDOS

Artículo 60: Se prohíbe todo vertimiento de residuos líquidos a las calles, calzadas y canales o sistemas de alcantarillado para aguas lluvias, cuando quiera que existan en forma separada o tengan esta única destinación.

Artículo 61: Se prohíbe la inyección de residuos líquidos a un acuífero, salvo que se trate de la reinyección de las aguas provenientes de la exploración y explotación petrolífera y de gas natural, siempre y cuando no se impida el uso actual o potencial del acuífero.

Artículo 62: Se prohíbe la utilización de aguas del recurso, del acueducto público o privado y las de almacenamiento de aguas lluvias, con el propósito de diluir los vertimientos, con anterioridad a la descarga al cuerpo receptor.

Artículo 63: Se permite la infiltración de residuos líquidos siempre y cuando no se afecte la calidad del agua del acuífero en condiciones tales que impida los usos actuales o potenciales.

Artículo 64: Cuando en el presente Decreto se haga referencia a normas de vertimiento, se entenderá por tales las contenidas en este Capítulo con las modificaciones o adiciones que el Ministerio de Salud o la EMAR, establezcan de acuerdo con los procedimientos señalados en el Capítulo XI de este Decreto.

Artículo 65: **Declarado nulo por el Consejo de Estado en Sentencia del 14 de agosto de 1992.** Con fundamento en las disposiciones de este Decreto y las demás vigentes sobre la materia, la EMAR fijará en cada caso las normas que deben cumplir los vertimientos a un cuerpo de agua o a un alcantarillado, previamente a la instalación, modificación, ampliación de una fuente contaminante, o desarrollo de un plan de cumplimiento por parte de cualquier usuario.

Cuando se trate de normas específicas de vertimiento para protección de los recursos naturales, estas deberán ser fijadas por la EMAR.

Artículo 66: Las normas de vertimiento serán fijadas teniendo en cuenta los criterios de calidad establecidos para el uso o los usos asignados al recurso. En los tramos en donde se asignen usos múltiples, las normas de vertimiento se establecerán teniendo en cuenta los valores más restrictivos de cada uno de los parámetros fijados para cada uso.

El control de los criterios de calidad se hará por fuera de la zona de mezcla, la cual será determinada para cada situación específica por la EMAR.

Artículo 67: Para el control del cumplimiento de las normas de vertimiento por parte de cada usuario, se deberá tener en cuenta que cuando la captación y la descarga se realicen en un mismo cuerpo de agua, en las mediciones se descontarán las cargas de los contaminantes existentes en el punto de captación.

Artículo 68: Los usuarios existentes que amplíen su producción, serán considerados como usuarios nuevos con respecto al control de los vertimientos que correspondan al grado de ampliación.

Artículo 69: Los responsables de todo sistema de alcantarillado deberán dar cumplimiento a las normas de vertimiento contenidas en el presente Decreto.

Artículo 70: Los sedimentos, lodos, y sustancias sólidas provenientes de sistemas de tratamiento de agua o equipos de contaminación ambiental, y otras tales como cenizas, cachaza y bagazo, no podrán disponerse en cuerpos de aguas superficiales, subterráneas, marinas, estuarinas o sistemas de

alcantarillado, y para su disposición deberá cumplirse con las normas legales en materia de residuos sólidos.

Artículo 71: Para efectos del control de la contaminación del agua por la aplicación de agroquímicos, se tendrá en cuenta:

- a. Se prohíbe la aplicación manual de agroquímicos dentro de una franja de tres (3) metros, medida desde las orillas de todo cuerpo de agua.
- b. Se prohíbe la aplicación aérea de agroquímicos dentro de una franja de treinta (30) metros, medida desde las orillas de todo cuerpo de agua.
- c. La aplicación de agroquímicos en cultivos que requieran áreas anegadas artificialmente requerirá concepto previo del Ministerio de Salud o de su entidad delegada y de la EMAR.
- d. Además de las normas contenidas en el presente artículo sobre aplicación de agroquímicos, se deberán tener en cuenta las demás disposiciones legales y reglamentarias sobre la materia.

DE LAS NORMAS DE VERTIMIENTO

Artículo 72: Todo vertimiento a un cuerpo de agua deberá cumplir, por lo menos, con las siguientes normas:

Referencia Usuario Existente Usuario Nuevo

pH 5 a 9 unidades 5 a 9 unidades

Temperatura < 40°C < 40°C

Material flotante Ausente Ausente

Grasas y aceites Remoción > 80% en carga Remoción > 80% en carga

Sólidos suspendidos,

domésticos o industriales Remoción > 50% en carga Remoción > 80% en carga

Demanda bioquímica de oxígeno:

Para desechos domésticos Remoción > 30% en carga Remoción > 80% en carga

Para desechos industriales Remoción > 20% en carga Remoción > 80% en carga

Carga máxima permisible (CMP), de acuerdo con lo establecido en los artículos 74 y 75 del presente Decreto.

Parágrafo: **Declarado nulo por el Consejo de Estado en Sentencia del 14 de agosto de 1992.** De acuerdo con las características del cuerpo receptor y del vertimiento, la EMAR decidirá cuál o cuáles de las normas de control de vertimiento señaladas en este artículo podrán excluirse.

Artículo 73: Todo vertimiento a un alcantarillado público deberá cumplir, por lo menos, con las siguientes normas:

Referencia Valor

pH 5 a 9 unidades

Temperatura < 40°C

Acidos, bases o soluciones ácidas o básicas que puedan causar

contaminación; sustancias explosivas o inflamables. Ausentes
Sólidos sedimentables 10 ml/l
Sustancias solubles en hexano 100 mg/l
Referencia Usuario Existente Usuario Nuevo
Sólidos suspendidos para desechos domésticos e industriales Remoción > 50% en carga Remoción > 80% en carga
Demanda bioquímica de oxígeno:
Para desechos domésticos Remoción > 30% en carga Remoción > 80% en carga
Para desechos industriales Remoción > 20% en carga Remoción > 80% en carga
Caudal máximo 1.5 veces el caudal promedio horario
Carga máxima permisible (CMP) de acuerdo a lo establecido en los artículos 74 y 75 del presente Decreto.

Parágrafo: **Declarado nulo por el Consejo de Estado en Sentencia del 14 de agosto de 1992.** De acuerdo con las características del cuerpo receptor y del vertimiento, la EMAR decidirá cuál o cuáles de las normas de control de vertimiento anotadas, podrán excluirse.

Artículo 74: Las concentraciones para el control de la carga de las siguientes sustancias de interés sanitario, son:

Sustancia Expresada como Concentración (mg/l)

Arsénico As 0.5
Bario Ba 5.0
Cadmio Cd 0.1
Cobre Cu 3.0
Cromo Cr⁺⁶ 0.5
Compuestos fenólicos Fenol 0.2
Mercurio Hg 0.02
Níquel Ni 2.0
Plata Ag 0.5
Plomo Pb 0.5
Selenio Se 0.5
Cianuro CN⁻ 1.0
Difenil policlorados Concentración de agente activo No detectable
Mercurio orgánico Hg No detectable
Tricloroetileno Tricloroetileno 1.0
Cloroformo Extracto Carbón
Cloroformo (ECC) 1.0
Tetracloruro de carbono Tetracloruro de Carbono 1.0
Dicloroetileno Dicloroetileno 1.0
Sulfuro de carbono Sulfuro de carbono 1.0

Otros compuestos organoclorados, Concentración de cada variedad agente activo 0.05

Compuestos organofosforados, Concentración de cada variedad agente activo 0.1

Carbamatos 0.1

Parágrafo: Cuando los usuarios, aún cumpliendo con las normas de vertimiento,

produzcan concentraciones en el cuerpo receptor que excedan los criterios de calidad para el uso o usos asignados al recurso, el Ministerio de Salud o las EMAR podrán exigirles valores más restrictivos en el vertimiento.

Artículo 75: La carga de control de un vertimiento que contenga las sustancias de que trata el artículo anterior, se calculará mediante la aplicación de las siguientes ecuaciones:

$$A = (Q) (CDC) (0.0864)$$

$$B = (Q) (.CV) (0.0864)$$

Parágrafo: Para los efectos de las ecuaciones a que se refiere el presente artículo adoptanse las siguientes convenciones:

A: Carga de control, kg/día.

Q: Caudal promedio del vertimiento, l/seg.

B: Carga en el vertimiento, kg/día.

CDC: Concentración de control, mg/l.

CV: Concentración en el vertimiento, mg/l.

0.0864: Factor de conversión.

Parágrafo 2: La carga máxima permisible (CMP) será el menor de los valores entre A y B.

Artículo 76: Cuando la carga real en el vertimiento sea mayor que la carga máxima permisible (CMP), aquella se deberá reducir en condiciones que no sobrepase la carga máxima permisible.

Artículo 77: Cuando el caudal promedio del vertimiento se reduzca y por consiguiente la concentración de cualesquiera de las sustancias previstas en el artículo 74 se aumente, la carga máxima permisible (CMP) continuará siendo la fijada según el parágrafo 2 del artículo 75 del presente Decreto.

Artículo 78: El control del pH, temperatura (T), material flotante, sólidos sedimentables, caudal y sustancias solubles en hexano, en el vertimiento, se hará con base en unidades y en concentraciones. El de los sólidos suspendidos y el de la demanda bioquímica de oxígeno con base en la carga máxima permisible (CMP), de acuerdo con las regulaciones que establezca la EMAR.

Artículo 79: Las normas de vertimiento correspondiente a las ampliaciones que hagan los usuarios del recurso se calcularán de acuerdo con lo establecido en los artículos 75, 76, 77 y 78 del presente Decreto.

Artículo 80: El control de vertimientos para las ampliaciones deberá efectuarse

simultáneamente con la iniciación de las operaciones de ampliación o modificación.

Artículo 81: Las ampliaciones deberán disponer de sitios adecuados para la caracterización y aforo de sus efluentes.

Artículo 82: De acuerdo con su caracterización, todo vertimiento puntual o no puntual, además de las disposiciones del presente Decreto deberá cumplir con las normas de vertimiento que establezca la EMAR.

Artículo 83: Los usuarios que a la fecha de expedición del presente Decreto estén desarrollando obras conforme a las exigencias de la EMAR respectiva o del 23 Ministerio de Salud, deberán cumplir con las normas de vertimiento establecidas en los plazos convenidos.

Parágrafo: Los usuarios a que hace referencia el presente artículo, una vez expirados los plazos de los permisos o autorizaciones correspondientes, deberán cumplir con las normas contenidas en el presente Decreto o cualesquiera otras que en desarrollo del mismo establezca la EMAR.

Artículo 84: Los residuos líquidos provenientes de usuarios tales como hospitales, lavanderías, laboratorios, clínicas, mataderos, así como los provenientes de preparación y utilización de agroquímicos, garrapaticidas y similares, deberán ser sometidos a tratamiento especial de acuerdo con las disposiciones del presente Decreto y aquellas que en desarrollo del mismo o con fundamento en la ley establezcan el mismo y la EMAR.

Artículo 85: El Ministerio de Salud y la EMAR establecerán las normas que deberán cumplir los vertimientos de residuos líquidos radiactivos.

Artículo 86: Toda edificación, concentración de edificaciones o desarrollo urbanístico, turístico o industrial fuera del área de cobertura del sistema de alcantarillado público, deberá dotarse de sistemas de recolección y tratamiento de residuos líquidos conforme a las normas especiales que para cada caso señalen el mismo y la EMAR correspondiente.

Artículo 87: Se prohíbe el vertimiento de residuos líquidos no tratados provenientes de embarcaciones, buques, naves u otros medios de transporte marítimo, fluvial o lacustre, en aguas superficiales dulces, marinas y estuarinas.
Parágrafo: La EMAR fijará las normas de vertimiento para el caso contemplado en este artículo teniendo en cuenta lo establecido en el presente Decreto.

Artículo 88: Los puertos deberán contar con un sistema de recolección y manejo para los residuos líquidos provenientes de embarcaciones, buques, naves y otros medios de transporte. Dichos sistemas deberán cumplir con las normas de vertimiento.

Artículo 89: Las disposiciones del presente Decreto también se aplicarán a las exploraciones y explotaciones petroleras o de gas natural, el beneficio del café, los galpones, las porquerizas, los establos y similares.

Artículo 90: En ningún caso se permitirán vertimientos de residuos líquidos que alteren las características existentes en un cuerpo de agua que lo hacen apto para todos los usos señalados en el presente Decreto.

Artículo 91: No se admite ningún tipo de vertimiento:

- a. En las cabeceras de las fuentes de agua.
- b. En un sector aguas arriba de las bocatomas para agua potable, en extensión que determinará, en cada caso, la EMAR conjuntamente con el Ministerio de Salud.
- c. En aquellos cuerpos de agua que la EMAR y el Ministerio de Salud, total o parcialmente declaren especialmente protegidos.

Artículo 92: El Ministerio de Salud o su entidad delegada, así como la EMAR, establecerán el sitio de toma de muestras para la evaluación de las concentraciones de sustancias de interés sanitario en un vertimiento.

Artículo 93: Cuando en un cuerpo de aguas se presenten vertimientos accidentales o por fuerza mayor o caso fortuito, tales como de petróleo, hidrocarburos y otras sustancias, que originen situaciones de emergencia, el Ministerio de Salud coordinará con las EMAR los procedimientos tendientes a controlar dicha situación.

Artículo 94: Se prohíbe el lavado de vehículos de transporte aéreo y terrestre en las orillas y en los cuerpos de agua, así como el de aplicadores manuales y aéreos de agroquímicos y otras sustancias tóxicas y sus envases, recipientes o empaque.

Artículo 95: Se prohíbe el vertimiento de residuos líquidos sin tratar, provenientes del lavado de vehículos aéreos y terrestres, así como el de aplicadores manuales y aéreos, recipientes, empaques y envases que contengan o hayan contenido agroquímicos u otras sustancias tóxicas.

Parágrafo: Los residuos líquidos provenientes de embarcaciones, buques, naves o medios de transporte similares, se dispondrán de conformidad con el artículo 88 de este Decreto.

Artículo 96: Los usuarios que exploren, exploten, manufacturen, refinen, transformen, procesen, transporten o almacenen hidrocarburos o sustancias nocivas para la salud y para los recursos hidrobiológicos, deberán estar provistos de un plan de contingencia para la prevención y control de derrames, el cual deberán contar con la aprobación de la EMAR y el Ministerio de Salud o su entidad delegada.

Artículo 97: El Ministerio de Salud o la EMAR podrán prohibir el vertimiento de residuos líquidos que ocasionen altos riesgos para la salud o para los recursos hidrobiológicos, o exigir la ejecución de un programa de control de emergencia.

CAPITULO VII DE LOS REGISTROS DE LOS VERTIMIENTOS

Artículo 98: Los usuarios que de conformidad con este Decreto y demás disposiciones sobre la materia, deban solicitar concesiones de agua y que produzcan vertimientos, deberán registrar estos vertimientos ante la EMAR correspondiente dentro del plazo que esta señale.

Parágrafo: Se exceptúan del requerimiento del presente artículo los vertimientos residenciales y comerciales que estén conectados a los sistemas de alcantarillado público.

Artículo 99: Los usuarios que produzcan vertimientos que contengan sustancias de interés sanitario en concentraciones superiores a las contempladas en el artículo 74 del presente Decreto, deberán registrarse ante el Ministerio de Salud o su entidad delegada y ante la EMAR, dentro de los seis (6) meses siguientes a la fecha de expedición del presente Decreto.

Parágrafo: El Ministerio de Salud o su entidad delegada y la EMAR podrán exigir a cualquier usuario el registro a que se refiere el artículo anterior, antes del vencimiento de los términos señalados, de acuerdo con las prioridades que el Ministerio de Salud establezca.

CAPITULO VIII DE LA OBTENCION DE LOS PERMISOS DE VERTIMIENTO Y DE LOS PLANES DE CUMPLIMIENTO PARA USUARIOS EXISTENTES

Artículo 100: **Declarado nulo por el Consejo de Estado en Sentencia del 14 de agosto de 1992.** Las EMAR podrán exigir a cualquier usuario la caracterización de sus residuos líquidos, indicando las referencias a medir, la frecuencia y demás aspectos que consideren necesarios.

Parágrafo: **Declarado nulo por el Consejo de Estado en Sentencia del 14 de agosto de 1992.** Los usuarios tendrán, a partir de la vigencia de este Decreto un plazo de seis (6) meses para la presentación ante la EMAR correspondiente, de la caracterización exigida. Cada año el usuario deberá actualizar la caracterización del vertimiento.

Artículo 101: **Declarado nulo por el Consejo de Estado en Sentencia del 14 de agosto de 1992.** Con base en la información proveniente del registro y de la caracterización exigida al usuario, las cuales deberán presentarse por duplicado, y previa inspección técnica, las EMAR determinarán si es del caso otorgar el permiso definitivo de vertimientos sin que sea necesario llevar a cabo planes de cumplimiento.

Artículo 102: Si la información proveniente del registro y la caracterización del vertimiento, así como los resultados de la inspección técnica a que se refiere el

artículo anterior, no permiten el otorgamiento de un permiso definitivo de vertimiento, las EMAR podrán exigir a cualquier usuario, dentro del lapso que ellas señalen, la presentación del plan de cumplimiento a que se refiere el presente Capítulo.

Parágrafo: En la providencia mediante la cual se haga la exigencia a que se refiere el presente artículo, se deberán fijar las normas de vertimiento que deben cumplirse, así como los plazos para presentar la primera etapa del plan de cumplimiento.

Artículo 103: En los planes de cumplimiento se exigirá, por lo menos el siguiente desarrollo:

Primera etapa: Elaboración del programa de ingeniería y cronograma de trabajo o actividades, presentados de acuerdo con los procedimientos establecidos por la EMAR.

Segunda etapa: Ejecución de las obras de acuerdo con el cronograma presentado y aprobado.

Tercera etapa: Verificación del cumplimiento de las normas de vertimiento.

Artículo 104: Los plazos que podrán concederse para el desarrollo de planes de cumplimiento, para cada una de las etapas, son los siguientes:

Primera etapa: Hasta dieciocho (18) meses.

Segunda etapa: Hasta treinta (30) meses.

Tercera etapa: Hasta seis (6) meses.

Parágrafo: Los plazos señalados en el presente artículo podrán ser prorrogados por las EMAR, a solicitud y con justificación de los usuarios sin que, salvo fuerza mayor o caso fortuito, dicha prórroga exceda de la mitad del tiempo señalado para la correspondiente etapa.

Artículo 105: La información y documentación mínimas indispensables para que las EMAR autoricen el desarrollo de la primera etapa de un plan de cumplimiento comprenden:

- a. Nombre o razón social de los interesados;
- b. Ubicación de los vertimientos;
- c. Número de puntos de vertimiento de los residuos líquidos;
- d. Sistemas de control existentes, su ubicación y eficiencia de diseño;
- e. Procesos de producción. Flujograma adjunto con sus puntos de vertimiento;
- f. Producción actual, proyectos de expansión y proyecciones de producción a cinco (5) años;
- g. Materias primas y otros suministros utilizados;
- h. Cuerpos receptores de los vertimientos;
- i. Concesiones otorgadas o identificación de la cuenta en el acueducto correspondiente.

Parágrafo: Cuando quiera que en desarrollo del presente artículo las EMAR o el Ministerio de Salud deban conocer los procesos de producción de una

empresa, tomarán las medidas indispensables para que se mantenga el carácter confidencial de la información suministrada.

Artículo 106: **Declarado nulo por el Consejo de Estado en Sentencia del 14 de agosto de 1992.** En función de las etapas de los planes de cumplimiento, las EMAR podrán otorgar los siguientes permisos de vertimiento:

- a. Permiso de instalación.
- b. Permiso provisional.
- c. Permiso definitivo.

Artículo 107: **Declarado nulo por el Consejo de Estado en Sentencia del 14 de agosto de 1992.** Cuando quiera que a los usuarios existentes le sea aprobada la primera etapa de un plan de cumplimiento, las EMAR podrán otorgarles permiso provisional de vertimiento, vigente durante el tiempo señalado para su desarrollo.

Parágrafo: El permiso provisional de vertimiento podrá ser revocado en cualquier tiempo si no se cumplen las características señaladas para el desarrollo de las distintas etapas.

Artículo 108: Cuando las EMAR no aprueben la primera etapa de un plan de cumplimiento, se indicarán las razones para ello y se fijará a los interesados un plazo para su modificación, el cual si fuere incumplido dará lugar a la imposición de las medidas de seguridad y sanciones legales a que haya lugar.

Artículo 109: Para los usuarios existentes que operan dos (2) o más procesos no similares, los planes de cumplimiento podrán aceptarse en cuanto a su período de desarrollo, de acuerdo con la siguiente aplicación:

- a. La EMAR señalará el plan de cumplimiento que deba adelantarse prioritariamente y el orden en que se llevarán a cabo los demás.
- b. Los planes de cumplimiento podrán aceptarse desfasados hasta en cuatro años.

Artículo 110: Cuando los usuarios no desarrollen los planes de cumplimiento en los términos y bajo las condiciones que los caracterizan, las EMAR podrán imponer las sanciones legales a que haya lugar.

Artículo 111: Con el objeto de vigilar y verificar el normal desarrollo de los planes de cumplimiento a los montajes y operación de los sistemas de control así como sus ajustes, según el caso, las EMAR, efectuarán inspecciones periódicas a las empresas o lugares que consideren convenientes. La oposición por parte de los usuarios, a tales inspecciones, dará lugar a la aplicación de las sanciones legales pertinentes.

Artículo 112: Los usuarios existentes que no dispongan de área apropiada para la construcción de sistemas de contaminación y que no puedan cumplir con las normas de vertimiento, deberán reubicar sus instalaciones, salvo que mediante estudio de efecto ambiental o de impacto ambiental, de acuerdo con los términos de referencia establecidos por la EMAR y el Ministerio de Salud,

demuestren que la reubicación no es indispensable por cuanto la actividad que se realiza no representa riesgo para la salud humana y los recursos naturales.

Artículo 113: Las personas naturales o jurídicas que recolecten, transporten y dispongan residuos líquidos provenientes de terceros, deberán cumplir con las normas de vertimiento y obtener el permiso correspondiente. El generador de los residuos líquidos no queda eximido de la presente disposición y deberá responder conjunta y solidariamente con las personas naturales o jurídicas que efectúen las acciones referidas.

Parágrafo: El Ministerio de Salud y las EMAR fijarán al usuario, en cada caso, los requisitos y condiciones necesarios para la obtención del respectivo permiso de vertimiento a que hace referencia este artículo.

Artículo 114: **Declarado nulo por el Consejo de Estado en Sentencia del 14 de agosto de 1992.** En las providencias mediante las cuales las EMAR otorguen permisos definitivos o provisionales de vertimiento, deberá advertirse claramente que los usuarios no podrán hacer uso de ellas sin haber obtenido antes la autorización sanitaria de funcionamiento - parte agua expedida por el Ministerio de Salud o por la entidad en la cual este delegue esa función.

Artículo 115: **Declarado nulo por el Consejo de Estado en Sentencia del 14 de agosto de 1992.** A partir de la fecha de ejecutoria de las providencias que otorguen los permisos definitivos o provisionales de vertimiento a que se refiere el artículo anterior, los usuarios deberán hacer llegar a la correspondiente EMAR la autorización sanitaria de funcionamiento - parte residuos sólidos o la constancia del trámite de la misma, expedida por el Ministerio de Salud o por su entidad delegada.

Parágrafo: **Declarado nulo por el Consejo de Estado en Sentencia del 14 de agosto de 1992.** Una vez que se haya recibido la autorización a que se refiere el presente artículo, la EMAR conjuntamente con copia de la providencia mediante la cual se otorgue el permiso definitivo o provisional de vertimiento y la información constitutiva de los antecedentes contenida en el artículo 102 de este Decreto, los remitirá a la entidad a la cual corresponda el otorgamiento de la autorización sanitaria de funcionamiento - parte de agua - a fin de que proceda de conformidad con las disposiciones del Capítulo X de este Decreto.

Artículo 116: Cuando quiera que se presenten modificaciones sustanciales bajo las cuales se iniciaron los trámites para obtener el permiso de vertimiento o variaciones en la información suministrada, el usuario deberá dar aviso de inmediato y por escrito a la EMAR, incluyendo los planos y diagramas correspondientes.

Artículo 117: Toda modificación ya sea en el proceso de producción, o en el sistema de tratamiento por parte de un usuario, que incida sobre el vertimiento, deberá ser sometida a aprobación previa por parte de la EMAR.

Artículo 118: **Declarado nulo por el Consejo de Estado en Sentencia del 14 de agosto de 1992.** Las solicitudes para renovación o prórroga del permiso de vertimiento deberán ser presentadas ante las EMAR dentro del primer trimestre

del último año de vigencia. La tramitación correspondiente se adelantará antes de que se produzca el vencimiento del permiso respectivo.

Parágrafo: **Declarado nulo por el Consejo de Estado en Sentencia del 14 de agosto de 1992.** Dentro de los treinta (30) días siguientes a la ejecutoria de la providencia mediante la cual se renueve o prorrogue un permiso de vertimiento, las EMAR procederán a remitir al Ministerio de Salud o a su entidad delegada la documentación pertinente, a fin de que se tramite la renovación o prórroga de la autorización sanitaria - parte agua a que haya lugar.

Artículo 119: Con sesenta (60) días, por lo menos, de antelación a la fecha en que expire la vigencia de un permiso de instalación o provisional, el usuario deberá tramitar ante la EMAR correspondiente el permiso definitivo.

Parágrafo: Dentro de los quince (15) días siguientes a la ejecutoria de la providencia mediante la cual se otorgue el permiso definitivo, las EMAR procederán a remitir al Ministerio de Salud o a su entidad delegada, la documentación pertinente, a fin de que se tramite la autorización sanitaria de funcionamiento - parte agua.

Artículo 120: Los siguientes usuarios, entre otros, también deberán obtener los permisos de vertimiento y autorizaciones sanitarias correspondientes:

- a. Todas las municipalidades;
- b. Los responsables de vertimientos líquidos no puntuales;
- c. Los responsables de vertimientos líquidos provenientes del lavado de instalaciones y naves aéreas de fumigación;
- d. Los responsables de vertimientos líquidos provenientes de sitios de disposición final de residuos sólidos;
- e. Los responsables de vertimientos líquidos provenientes de puertos aéreos, marítimos, fluviales y lacustres, así como de clubes náuticos;
- f. Los responsables de vertimientos líquidos provenientes de cuarteles y bases de las fuerzas militares que no estén conectados a la red de alcantarillado público;
- g. Los responsables de vertimientos líquidos provenientes de almacenamiento de materias primas;
- h. Las personas naturales o jurídicas, de derecho público o privado, que recolecten, transporten, traten o dispongan residuos líquidos provenientes de terceros.

CAPITULO IX

DE LOS PERMISOS DE VERTIMIENTO Y AUTORIZACIONES SANITARIAS PARA USUARIOS NUEVOS Y USUARIOS EXISTENTES QUE REALICEN AMPLIACIONES O MODIFICACIONES

Artículo 121: **Declarado nulo por el Consejo de Estado en Sentencia del 14 de agosto de 1992.** Los usuarios existentes que desarrollen ampliaciones o modificaciones que impliquen cambios en el tipo, cantidad o concentración de los vertimientos, deberán obtener permiso provisional de vertimiento por parte

de la EMAR. Los usuarios nuevos deberán obtener permiso de instalación por parte de la misma entidad.

Parágrafo: **Declarado nulo por el Consejo de Estado en Sentencia del 14 de agosto de 1992.** El permiso de instalación que otorgue la EMAR comprende el de vertimiento.

Artículo 122: **Declarado nulo por el Consejo de Estado en Sentencia del 14 de agosto de 1992.** Para obtener el permiso de instalación o el permiso provisional de vertimiento por parte de las EMAR, los usuarios deberán presentar ante estas, por lo menos, la siguiente información por duplicado:

- a. Concepto sobre localización expedido por la oficina de planeación correspondiente.
- b. Formulario de registro actualizado.
- c. Proyecto de instalación, ampliación o modificación presentado de acuerdo con las disposiciones legales y reglamentarias sobre la materia así como con las regulaciones de la EMAR.
- d. Proyecto de ingeniería de los sistemas de control para el cumplimiento de las normas de vertimiento.
- e. Caracterización teórica y práctica, según el caso, de los residuos líquidos.

Artículo 123: **Declarado nulo por el Consejo de Estado en Sentencia del 14 de agosto de 1992.** Cuando se cumplan los requisitos de información exigidos en el artículo anterior y sean aprobados, la EMAR previa inspección técnica podrá expedir a los usuarios nuevos el permiso de instalación y a los usuarios existentes que realicen modificaciones o ampliaciones el permiso provisional de vertimientos.

Artículo 124: **Declarado nulo por el Consejo de Estado en Sentencia del 14 de agosto de 1992.** En las providencias mediante las cuales las EMAR otorguen permisos de instalación a usuarios nuevos o permisos provisionales de vertimiento a usuarios existentes que desarrollen ampliaciones o modificaciones en los términos del presente Decreto, deberá advertirse claramente que los usuarios no podrán hacer uso de ellos sin haber obtenido antes autorización sanitaria de instalación - parte agua o autorización sanitaria de funcionamiento - parte agua, según el caso, expedida por el Ministerio de Salud o por la entidad en la cual este delegue esa función.

Artículo 125: A partir de la fecha de ejecutoria de las providencias que otorguen los permisos de instalación o los provisionales de vertimiento a que se refiere el artículo anterior, los usuarios deberán hacer llegar a la correspondiente EMAR la autorización sanitaria de funcionamiento - parte residuos sólidos o la constancia del trámite de la misma, expedida por el Ministerio de Salud o por su entidad delegada.

Parágrafo: Una vez que se haya recibido la autorización a que se refiere el presente artículo, la EMAR, conjuntamente con copia de la providencia mediante la cual se otorgue permiso de instalación o provisional de vertimiento y la información constitutiva de los antecedentes contenida en el artículo 122

de este Decreto, los remitirá a la entidad a la cual corresponda el otorgamiento de la autorización sanitaria de instalación - parte agua o de la autorización sanitaria de funcionamiento - parte agua, a fin de que proceda de conformidad con las disposiciones del Capítulo X de este Decreto.

Artículo 126: Los permisos de vertimiento, en los casos de modificaciones o ampliaciones efectuadas por un usuario existente, deberán indicar claramente esta circunstancia.

Artículo 127: **Declarado nulo por el Consejo de Estado en Sentencia del 14 de agosto de 1992.** La vigencia del permiso de instalación será señalada por la EMAR en la providencia que lo otorgue y será igual al tiempo estimado para tales efectos.

Artículo 128: La vigencia del permiso provisional de vertimiento será igual al período necesario para ejecutar la modificación o ampliación correspondiente.

Artículo 129: El permiso definitivo de vertimiento tendrá una vigencia de cinco años.

CAPITULO X DE LAS AUTORIZACIONES SANITARIAS DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 130: Todo usuario del recurso para efectos de vertimientos, requiere autorización sanitaria de funcionamiento - parte agua, expedida por el Ministerio de Salud o por la entidad en quien este delegue, con sujeción al procedimiento señalado en el presente Decreto.

Parágrafo 1: Se excluyen del requerimiento de este artículo los usuarios indicados en el parágrafo del artículo 52 del presente Decreto y los residenciales y comerciales conectados al alcantarillado público, siempre y cuando no sean los mencionados en el artículo 84.

Parágrafo 2: La autorización sanitaria a que se refiere el presente artículo, deberá tramitarse por conducto de la EMAR correspondiente, de conformidad con los mecanismos previstos en los Capítulos VIII y IX de este Decreto.

Artículo 131: El Ministerio de Salud otorgará las siguientes clases de autorizaciones:

- a. Autorización sanitaria de instalación - parte agua, a usuarios nuevos que hayan obtenido permiso de instalación por parte de la EMAR y cumplan los demás requisitos señalados en este Decreto.
- b. Autorización sanitaria provisional de funcionamiento - parte agua, a usuarios existentes que hayan obtenido permiso provisional de vertimiento por parte de la EMAR y cumplan los demás requisitos señalados en este Decreto.
- c. Autorización sanitaria de funcionamiento - parte agua a usuarios nuevos o existentes que hayan obtenido permiso de vertimiento definitivo por parte de la

EMAR y cumplan los demás requisitos señalados en este Decreto.

Artículo 132: Para el otorgamiento de cualquiera de las autorizaciones a que se refiere el artículo anterior, los usuarios deberán presentar, por conducto de la EMAR correspondiente, ante el Ministerio de Salud o la entidad delegada, por lo menos, la siguiente información:

- a. Permiso de instalación, permiso provisional o definitivo de vertimiento según el caso;
- b. La constitutiva de los antecedentes contenidos en los artículos 102 o 122 de este Decreto, según el caso;
- c. Autorización sanitaria de funcionamiento - parte residuos sólidos o la constancia del trámite de la misma expedida por el Ministerio de Salud o su entidad delegada.

Parágrafo: Cuando el Ministerio de Salud o su entidad delegada lo consideren conveniente, podrán llevar a cabo visitas de inspección previa a las instalaciones de los usuarios u otros lugares de interés para complementar la información.

Artículo 133: En situaciones de alto riesgo para la salud humana ocasionadas por vertimientos, el Ministerio de Salud o su entidad delegada podrán solicitar a la EMAR que requiera a los usuarios para que se registren y obtengan los permisos y autorizaciones a que haya lugar.

Artículo 134: En los casos a que se refiere el artículo anterior, si transcurridos tres (3) meses contados a partir de la solicitud hecha por el Ministerio de Salud o por su entidad delegada, sin que se haya efectuado el registro e indicado los demás trámites, estos podrán requerir directamente al usuario y fijarle las normas de vertimiento que debe cumplir.

Artículo 135: Las autorizaciones sanitarias - parte agua, expedidas por el Ministerio de Salud, tendrán una vigencia que comprenda la del permiso respectivo y seis (6) meses adicionales. Si la autorización es consecuencia de un permiso de instalación o provisional, tendrá una vigencia igual a la de estos y sesenta (60) días adicionales.

Artículo 136: La revocatoria de cualquiera de los permisos otorgados por la EMAR dará lugar a la revocatoria de las autorizaciones sanitarias otorgadas por el Ministerio de Salud y, a su vez, la revocatoria de estas dará lugar a la revocatoria de los permisos otorgados por la EMAR.

Parágrafo: Para los efectos del presente artículo, las entidades comunicarán sus providencias a las demás que deban proceder de conformidad.

Artículo 137: La renovación de la autorización sanitaria de funcionamiento parte agua, procederá como consecuencia de la renovación del permiso de vertimiento en los términos y bajo las condiciones previstas en este Decreto para su expedición.

CAPITULO XI DE LOS PROCEDIMIENTOS PARA LA MODIFICACION DE NORMAS DE VERTIMIENTO Y CRITERIOS DE CALIDAD

Artículo 138: Teniendo en cuenta que las normas de vertimiento y criterios de calidad señalados en el presente Decreto únicamente constituyen las disposiciones básicas iniciales, el Ministerio de Salud y las EMAR con fundamento en el artículo 7 de la Ley 9 de 1979 podrán modificar, restringir, incluir o ampliar las normas de vertimiento y criterios de calidad siguiendo los procedimientos señalados en el presente Capítulo.

Artículo 139: En caso de que el Ministerio de Salud o la EMAR efectúen acciones de las contempladas en el artículo anterior, la entidad interesada en hacerlo deberá realizar un estudio técnico que lo justifique.

Artículo 140: Cuando la modificación sea sugerida por una EMAR, el estudio a que se refiere el artículo anterior se enviará a la Dirección de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud, para su consideración. Cuando sea sugerida por el Ministerio de Salud, se enviará a la EMAR respectiva para mismos fines. La modificación acordada será establecida por resolución del Ministerio de Salud y por acto administrativo de la EMAR y será aplicable en área de jurisdicción de la EMAR respectiva.

Artículo 141: Cuando para conjurar situaciones de alto riesgo para la salud sea necesario modificar, incluir, ampliar o restringir las normas de vertimiento o los criterios de calidad del presente Decreto, el Ministerio de Salud podrá hacerlo mediante resolución, previa consulta, con carácter urgente a las EMAR a través de la oficina de Coordinación del Departamento Nacional de Planeación y al INDERENA.

CAPITULO XII DE LAS TASAS RETRIBUTIVAS

Artículo 142: De acuerdo con el artículo 18 del Decreto - Ley 2811 de 1974, la utilización directa o indirecta de los ríos, arroyos, lagos y aguas subterráneas para introducir o arrojar en ellos desechos o desperdicios agrícolas, mineros o industriales, aguas negras o servidas de cualquier origen y sustancias nocivas que sean resultado de actividades lucrativas, se sujetará al pago de tasas retributivas del servicio de eliminación o control de las consecuencias de las actividades nocivas expresadas. Dichas tasas serán pagadas semestralmente en los términos del presente Decreto.

Artículo 143: La tasa retributiva ordinaria (TO) se calculará mediante la aplicación de la siguiente ecuación:

$$TO = CC \times SM1 + TOX \times SM2$$

$$CC = 2DBO + DOO + S.S.$$

3

$$SM1 = A \times SMD$$

$$SM2 = B \times SMD \times P$$

Parágrafo 1: Para efectos de la aplicación de las ecuaciones a que se refiere el presente artículo, se adoptan las siguientes convenciones:

CC: Carga combinada, Kg/día.

TO: Tasa retributiva ordinaria diaria, en pesos.

DBO: Demanda bioquímica de oxígeno a cinco (5) días, en kg/día.

DQO: Demanda química de oxígeno, en kg/día.

SS: Sólidos suspendidos, en kg/día.

TOX: Sumatoria de sustancias de interés sanitario, en kg/día.

SM1: Factor que permite expresar el costo del programa de control por unidad de carga combinada, en pesos/kg.

SM2: Factor que permite expresar el costo del programa de control de las sustancias de interés sanitario, en pesos/kg.

SMD: Salario mínimo diario vigente en la fecha de evaluación.

A: 2.5×10^{-4} días/kg.

B: 0.2 días/kg.

P: Factor que prevé la acumulación de sustancias de interés sanitario en el recurso. Se considera igual a 20.

Parágrafo 2: Para la aplicación de las ecuaciones se tomará como base la caracterización promedio del vertimiento en el semestre inmediatamente anterior, teniendo en cuenta los períodos en que no se produjo, siempre y cuando haya habido notificación previa por parte del usuario.

Artículo 144: Los factores A y B de la tasa retributiva ordinaria diaria (TO) se podrán modificar mediante la aplicación de la siguiente ecuación:

$A = CACC$

$TCC \times 365 \times SMD$

$B = CATOX$

$TTOX \times 365 \times SMD$

Parágrafo: Para los efectos de la aplicación de la ecuación a que se refiere el presente artículo, se adoptan las siguientes convenciones:

CACC: Costo administrativo y de investigación del programa de control de los parámetros de la carga combinada, en pesos/año.

TCC: Total de carga combinada vertida al recurso dentro del área de jurisdicción, en kg/año, descontando la carga que existe en el punto de captación del recurso, siempre y cuando el vertimiento ocurra en el mismo cuerpo de agua.

CATOX: Costo administrativo y de investigación del programa de control de sustancias de interés sanitario, en pesos/año.

TTOX: Total de sustancias de interés sanitario vertidas al recurso dentro del área de jurisdicción en kg/año, descontando la carga existente en el punto de captación del recurso, siempre y cuando el vertimiento ocurra en el mismo cuerpo de agua.

Artículo 145: En ningún caso el pago de la tasa retributiva exonera a los usuarios del cumplimiento de las obligaciones relativas a las normas de

vertimiento, ni de la aplicación de las medidas preventivas, de seguridad, o de las sanciones a que haya lugar de conformidad con el presente Decreto.

Artículo 146: La tasa retributiva deberá cancelarse en el trimestre siguiente a la fecha de ejecutoria de la resolución que la establece. En caso contrario, se aplicarán las sanciones a que haya lugar.

Artículo 147: Las EMAR recaudarán el producto de las tasas retributivas cuando lleven a cabo el servicio de eliminación o control de las consecuencias de las actividades nocivas a que se refiere el artículo 142 de este Decreto. Cuando se adelanten por parte del Ministerio de Salud o sus entidades delegadas, con su participación, así como por cualesquiera otras entidades, deberá previamente convenirse entre ellas el porcentaje de participación que a cada una corresponde. Artículo 148: Los usuarios que cumplan con las normas de vertimiento pagarán la tasa retributiva ordinaria diaria.

Artículo 149: Los usuarios deberán informar previamente a la EMAR los períodos en que no harán vertimientos.

CAPITULO XIII DE LOS ESTUDIOS DE EFECTO AMBIENTAL O IMPACTO AMBIENTAL

Artículo 150: El Ministerio de Salud o la EMAR exigirán prioritariamente a las personas naturales o jurídicas responsables de las actividades indicadas en el siguiente artículo, la presentación de un estudio de efecto o impacto ambiental, cuando ellas, por su magnitud, puedan causar efectos nocivos para la salud o sean susceptibles de producir deterioro ambiental.

Artículo 151: Se podrá exigir prioritariamente la presentación de un estudio de efecto ambiental o impacto ambiental, en las siguientes situaciones entre otras:

- a. Cuando los vertimientos contengan sustancias de interés sanitario y presenten alto riesgo para la salud humana.
- b. En proyectos de generación de energía y embalses.
- c. En complejos de exploración y explotación de los recursos naturales no renovables.
- d. En modificaciones del curso de las aguas entre cuencas.
- e. En construcción de terminales aéreas, marítimos y fluviales.
- f. En obras civiles que impliquen grandes movimientos de tierra.
- g. En exploraciones y explotaciones de cauces y de suelos y subsuelos marinos.
- h. En nuevos asentamientos humanos y parques industriales.

Artículo 152: El estudio de efecto ambiental o de impacto ambiental, deberá contener como mínimo los siguientes puntos:

- a) Descripción del proyecto;
- b) Información sobre las características del recurso reales o estimadas;
- c) Información detallada de las actividades del proyecto;
- d) Predicción de las alteraciones que se ocasionarían sobre el recurso;

- e) Medidas correctivas que se adoptarán para minimizar el impacto;
- f) Manejo de situaciones de emergencia;
- g) Aspectos físicos y de carácter económico y social que sean consecuencia de la actividad;
- h) Conclusiones y recomendaciones.

Parágrafo: El Ministerio de Salud y las EMAR o la EMAR correspondiente podrán establecer requisitos adicionales derivados de las características del proyecto.

Artículo 153: La aprobación del estudio de efecto ambiental o impacto ambiental, es requisito previo a la asignación de usos, concesiones de agua o expedición de cualquier permiso de vertimiento o autorización sanitaria.

Artículo 154: Cuando la EMAR exija a un usuario de interés sanitario la presentación de un estudio de efecto ambiental o impacto ambiental, los términos y la aprobación de este deberán ser informados al Ministerio de Salud.

CAPITULO XIV DE LOS METODOS DE ANALISIS Y DE LA TOMA DE MUESTRAS

Artículo 155: Se consideran como oficialmente aceptados los siguientes métodos de análisis. El Ministerio de Salud establecerá los procedimientos detallados para su aplicación:

Referencia Métodos

1) Color - De comparación visual

- Espectofotométrico

- Del filtro tristimulus

Sólidos sedimentables - Del cono Imhoff

Turbiedad - Nefelométrico

- Visual

Salinidad - De la conductividad

- Argentométrico

- Hidrométrico

Sólidos en suspensión - Filtración Crisol Gooch

2) Constituyentes inorgánicos

no metálicos:

Boro - De la cucurmina

- Del ácido carmínico

Cloruro - Argentométrico

- Del nitrato de mercurio

- Potenciométrico

Cianuro - De Titulación

- Colorimétrico

- Potenciométrico

Amoniaco - De Nessler

- Del fenato

- De titulación

- Del electrodo específico

Nitrato - De la espectrofotometría ultravioleta

- Del electrodo específico
- De la reducción con Cadmio
- Del ácido cromotrópico
- Oxígeno - Iodométrico
- Acido modificado
- Del permanganato modificado
- Del electrodo específico
- pH - Potenciométrico
- Fósforo - Del ácido vanadiomolibdofosfórico
- Del Cloruro estanoso
- Del ácido ascórbico
- Flúor - Del electrodo específico
- Spadns
- De la alizarina
- Cloro residual total - Iodométrico
- Amperométrico
- Sulfato - Gravimétrico
- Turbidimétrico
- Sulfuro - Del azul de metileno
- iodométrico
- 3) Constituyentes orgánicos:
- Grasas y aceites - De la extracción Soxhlet
- Fenoles - De la extracción con cloroformo
- Fotométrico directo
- Cromatográfico
- Carbono orgánico total - Oxidación
- Tensoactivos - Del azul de metileno
- De la cromatografía gaseosa
- Demanda química de oxígeno - Reflujo con dicromato
- Demanda bioquímica de oxígeno - Incubación
- 4) Metales:
- Aluminio - De la absorción atómica
- De la cianina-ericromo
- Arsénico - De la absorción atómica
- Del dietilditiocarbato de plata
- Del bromuro mercurico-estanoso
- Bario - De la absorción atómica
- Berilio - De la absorción atómica
- Del aluminón
- Cadmio - De la absorción atómica
- De la ditizona
- Polarográfico
- Cromo - De la absorción atómica
- Colorimétrico
- Hierro - De la absorción atómica
- De la fenantrolina
- Plomo - De la absorción atómica
- De la ditizona
- Litio - De la absorción atómica

- De la fotometría de llama
- Mercurio - De la absorción atómica
- De la Ditzona
- Níquel - De la absorción atómica
- Del dimetil glioxima
- Selenio - De la absorción atómica
- De la diaminobencidina
- Plata - De la absorción atómica
- De la ditizona
- Vanadio - De la absorción atómica
- Del ácido gálico
- Cinc - De la absorción atómica
- De la ditizona
- Del zincon
- Manganeso - De la absorción atómica
- Del persulfato
- Molibdeno - De la absorción atómica
- Cobalto - De la absorción atómica
- 5) Constituyentes biológicos:
- Grupos coliformes totales y fecales - De la fermentación en tubos múltiples
- Filtro de membrana

Parágrafo: El Gobierno Nacional por conducto del Ministerio de Salud, por razones de innovaciones científicas o de su acción de vigilancia y control sanitarios, podrá adicionar o modificar los métodos de análisis contemplados en el presente artículo.

Artículo 156: La EMAR establecerá los procedimientos de conducción de bioensayos acuáticos en lo referente a técnicas de muestreo y métodos de análisis. Los sistemas utilizados para bioensayos acuáticos pueden ser, entre otros, los siguientes:

- a. Estáticos, con o sin renovación;
- b. De flujo continuo.

Artículo 157: El Ministerio de Salud indicará para otras referencias, los métodos de análisis oficialmente aceptados. Además cuando lo considere necesario, podrá para una misma referencia aprobar otros métodos de análisis.

Artículo 158: El Ministerio de Salud establecerá para cada referencia los requisitos mínimos para la preservación de las muestras.

Artículo 159: Los procedimientos para toma de muestras deberán ajustarse a las exigencias del Ministerio de Salud para los métodos contemplados en el artículo 155 de este Decreto y a los de las EMAR para los bioensayos.

Artículo 160: La toma de muestras se hará de tal manera que se obtenga una caracterización representativa de los vertimientos y del cuerpo receptor, para lo cual el Ministerio de Salud o la EMAR determinarán el sitio o sitios y demás condiciones técnicas.

Artículo 161: La toma de muestras para determinar la calidad del recurso, deberá hacerse por fuera de la zona de mezcla.

CAPITULO XV DE LA VIGILANCIA Y EL CONTROL

Artículo 162: Corresponde al Ministerio de Salud y a las EMAR ejercer la vigilancia y control general indispensables y tomar, en forma directa o a través de las entidades delegadas, cuando sea el caso, las medidas de previsión y correctivas para dar cumplimiento a las disposiciones del presente Decreto.

Artículo 163: Las instalaciones de los usuarios podrán ser visitadas en cualquier momento por parte de funcionarios del Ministerio de Salud, las EMAR o las entidades delegadas, previamente identificados para tal propósito, a fin de tomar muestras de sus vertimientos e inspeccionar las obras o sistemas de captación y de control de vertimientos.

Artículo 164: Cuando el Ministerio de Salud, las EMAR o las entidades delegadas lo exijan, los usuarios deberán caracterizar sus vertimientos y reportar los resultados periódicamente a la entidad solicitante.

Parágrafo: Los usuarios de interés sanitario deberán además reportar los resultados a que se refiere este artículo el Ministerio de Salud o a su entidad delegada.

Artículo 165: Para determinar si un usuario está cumpliendo con las normas de vertimiento, el muestreo debe ser representativo.

Artículo 166: Cuando se requiera una caracterización de residuos líquidos o del recurso, la entidad que la exija deberá especificar las referencias a medir y la frecuencia y métodos de muestreo.

Artículo 167: La caracterización a que se hace mención en este Decreto podrá ser realizada por el usuario o por terceros mediante contrato, siempre y cuando se cumpla con las exigencias legales y reglamentarias así como con las impuestas por la entidad que la requiera.

Artículo 168: A los usuarios de interés sanitario cuyos vertimientos presenten riesgos para la salud y a los usuarios que almacenen, procesen, o transporten hidrocarburos u otras sustancias peligrosas para la salud o para los recursos naturales renovables, el Ministerio de Salud, las EMAR o las entidades delegadas podrán exigirles la presentación y desarrollo de un plan de prevención y control de accidentes, sin perjuicio del cumplimiento de la Ley 9 de 1979 y las disposiciones reglamentarias sobre la materia.

Artículo 169: Los usuarios cuyos vertimientos estén conectados a un alcantarillado provisto de planta de tratamiento de residuos líquidos, deberán dar aviso a la entidad encargada de la operación de la planta, cuando con vertimiento ocasional o accidental puedan perjudicar su operación.

Artículo 170: Todo usuario deberá dar aviso a la autoridad competente cuando

quiera que se presenten las siguientes situaciones:

- a. Necesidad de parar en forma parcial o total un sistema de control de vertimientos, para el mantenimiento rutinario periódico que dure más de veinticuatro (24) horas.
- b. Fallas en los sistemas de control de vertimiento cuya reparación requiera más de veinticuatro (24) horas.
- c. Emergencias o accidentes que impliquen cambios sustanciales en la calidad o cantidad del vertimiento.

Parágrafo: El aviso a que se refiere este artículo deberá darse a las siguientes entidades, de acuerdo con los procedimientos y plazos por ellas establecidos:

- a. A la entidad encargada del manejo de la red de alcantarillado y a la EMAR por los usuarios de la misma.
- b. A la EMAR respectiva por los demás usuarios.
- c. Al Ministerio de Salud o su entidad delegada por los usuarios de interés sanitario.

Artículo 171: El Ministerio de Salud establecerá las condiciones bajo las cuales se considera que hay incumplimiento de las normas de vertimiento, con base en número de muestras, desviaciones respecto de los valores exigidos, y períodos en los cuales se realicen los muestreos.

Artículo 172: Cuando el Ministerio de Salud, las EMAR o las entidades delegadas realicen un muestreo para verificar la calidad de un vertimiento, deberán informar los resultados obtenidos al usuario respectivo.

Artículo 173: Para comprobar que el usuario cumple con las normas de vertimiento, se deberán realizar por parte de la EMAR, controles que incluyan, por lo menos los siguientes aspectos:

- a. Caracterización de los vertimientos;
- b. Comprobación de construcción de obras de acuerdo a los diseños aprobados;
- c. Comprobación de que las firmas involucradas en el diseño, construcción y montaje de las obras, se ajustarán a los requerimientos previstos;
- d. Comprobación de las especificaciones y operación de los equipos y sistemas instalados.

Artículo 174: Cuando mediante los controles a que hace referencia el artículo anterior se constate que un usuario no cumple con las normas de vertimiento que le han sido fijadas, se procederá de la siguiente manera:

- a. Si el incumplimiento obedece a fallas en el diseño del sistema de control, el permiso provisional o el de instalación, podrán prorrogarse hasta por un máximo de cuatro (4) años, período dentro del cual el usuario deberá presentar y desarrollar un plan de cumplimiento.
- b. Si el incumplimiento obedece a fallas en el montaje u operación de los sistemas de control, el permiso provisional o el de instalación se podrán prorrogar por el tiempo que requieran los ajustes, según estudio técnico.

Parágrafo: Cuando el incumplimiento no aparezca plenamente justificado, las prórrogas a que se refiere el presente artículo no excluyen la aplicación de las

sanciones a que haya lugar.

CAPITULO XVI DE LAS MEDIDAS SANITARIAS, LAS SANCIONES Y LOS PROCEDIMIENTOS

Artículo 175: Las medidas sanitarias, y las sanciones previstas en este Capítulo, serán aplicables a los usuarios que infrinjan cualquiera de las disposiciones del presente Decreto o las que se dicten en desarrollo del mismo o con fundamento en la Ley 9 de 1979, sin perjuicio de las que corresponda aplicar a las EMAR de conformidad con su competencia legal.

Artículo 176: De acuerdo con el artículo 576 de la Ley 9 de 1979, son medidas de seguridad las siguientes: la clausura temporal del establecimiento, que podrá ser total o parcial, la suspensión parcial o total de trabajos o servicios, el decomiso de objetos y productos, la destrucción o desnaturalización de artículos o productos si es el caso y la congelación o suspensión temporal de la venta o empleo de productos y objetos mientras se toma una definición al respecto.

Artículo 177: Clausura temporal de establecimientos: consiste en impedir por un tiempo determinado la realización de las tareas que se desarrollan en un establecimiento, cuando se considere que está causando un problema de contaminación del recurso. La clausura podrá aplicarse sobre todo el establecimiento o sobre parte del mismo.

Artículo 178: Suspensión parcial o total de trabajos o servicios: consiste en la orden de cese de las actividades o servicios regulados en el presente Decreto o de aquellos que se adelanten como consecuencia del otorgamiento de un permiso o autorización, cuando con ellos estén violando las disposiciones sanitarias.

Artículo 179: Decomiso de objetos o productos: el decomiso de objetos o productos consiste en su aprehensión material, cuando su utilización incida en el incumplimiento de las normas de vertimiento o los criterios de calidad admisibles para la calidad del recurso. El decomiso se cumplirá colocando los bienes en depósito o en poder de la autoridad sanitaria. De la diligencia se levantará acta detallada, por triplicado, que suscribirán el funcionario y las personas que intervengan en la diligencia y una copia se entregará a la persona a cuyo cuidado se encontraron los objetos o productos.

Artículo 180: Destrucción o desnaturalización de artículos o productos: la destrucción consiste en la inutilización de un producto o artículo. La desnaturalización consiste en la aplicación de medios físicos, químicos o biológicos tendientes a modificar la forma, las propiedades o las condiciones de un producto o artículo.

Artículo 181: Congelación o suspensión temporal de la venta o empleo de productos y objetos: la congelación o suspensión temporal de la venta o

empleo de productos y objetos consiste en colocar fuera del comercio, temporalmente y hasta por un (1) mes, algún producto.

Será procedente la congelación o suspensión temporal de la venta cuando con el uso del producto bajo cualquier circunstancia, se violan los criterios de calidad del recurso y las normas de vertimiento. Procede la suspensión del empleo del producto cuando con su uso en circunstancias especiales se producen los mismos efectos anteriores.

Se cumplirá mediante depósito dejado en poder del tendero, quien responderá por los bienes. Ordenada la congelación, se practicará una o más diligencias en los lugares donde se encontraren existencias y se colocarán bandas, sellos u otras señales de seguridad, si es el caso. De cada diligencia se levantará acta detallada, por triplicado, que suscribirán el funcionario y las personas que intervengan en la diligencia. En el acta se dejará constancia de las sanciones en que incurra quien viole la congelación y una copia se entregará a la persona a cuyo cuidado se encontró la mercancía.

El producto cuya venta o empleo haya sido suspendido o congelado deberá ser sometido a un análisis en el cual se verifiquen sus condiciones. Según el resultado del análisis el producto se podrá decomisar o devolver a los interesados.

Artículo 182: Para la aplicación de las medidas sanitarias de seguridad el Ministerio de Salud o su entidad delegada podrán actuar de oficio, por conocimiento directo o por información de cualquier persona o de parte interesada.

Artículo 183: Una vez conocido el hecho o recibida la información, según el caso, el Ministerio de Salud o su entidad delegada procederá a comprobarlo y a establecer la necesidad de aplicar una medida de seguridad, con base en los peligros que pueda representar para la salud individual o colectiva.

Artículo 184: Establecida la necesidad de aplicar una medida de seguridad, el Ministerio de Salud o su entidad delegada, con base en la naturaleza del producto, el tipo de servicio, el hecho que origina la violación de las normas o en la incidencia sobre la salud individual o colectiva, aplicará la medida correspondiente.

Artículo 185: Las medidas de seguridad tienen por objeto prevenir o impedir que la ocurrencia de un hecho o la existencia de una situación atenten contra la salud pública. La competencia para su aplicación la tendrán el Ministro de Salud, los Jefes de los Servicios Seccionales de Salud y los funcionarios que, por la decisión de uno u otros, cumplan funciones de vigilancia y control en el ámbito del presente Decreto.

Artículo 186: Las medidas de seguridad son de inmediata ejecución, tienen carácter preventivo y transitorio y se aplicarán sin perjuicio de las sanciones a que hubiere lugar. Se levantarán cuando se compruebe que han desaparecido las causas que las originaron.

Artículo 187: Las medidas sanitarias surten efectos inmediatos; contra ellas no proceden recurso alguno y no requieren formalismos especiales.

Artículo 188: De la imposición de una medida de seguridad, se levantará un acta en la cual consten las circunstancias que han originado la medida y su duración, la cual podrá ser prorrogada.

Artículo 189: Los anteriores procedimientos serán aplicables, en lo pertinente, cuando se trate de la imposición de las medidas sanitarias preventivas, a que se refiere el artículo 591 de la Ley 9 de 1979.

Artículo 190: Cuando se encuentre que los residuos líquidos provenientes de hospitales, clínicas, laboratorios y establecimientos similares se dispongan con violación del artículo 84 de este Decreto, de inmediato se informará de tal situación al Ministro de Salud o al Jefe del Servicio Seccional de Salud correspondiente, según el caso, a fin de que estos funcionarios tomen las medidas de seguridad a que haya lugar.

Artículo 191: Cuando quiera que de conformidad con el artículo 76 del presente Decreto deba reducirse la carga real en un vertimiento, la autoridad competente concederá un plazo prudencial al término del cual, si persiste la situación de anormalidad, se aplicarán las medidas de seguridad a que haya lugar, sin perjuicio de que se adelanten los procedimientos correspondientes para la aplicación de sanciones.

Artículo 192: En todos los casos en que la aplicación de agroquímicos garrapaticidas y productos similares se realice con violación del artículo 71 de este Decreto, o su disposición así como la de residuos líquidos radiactivos se lleve a cabo sin someterlos previamente a tratamiento especial, la autoridad competente impondrá las medidas de seguridad a que haya lugar.

Artículo 193: Cuando se produzca cualquier tipo de vertimiento en los cuerpos de agua a que se refieren los literales a, b y c del artículo 91 de este Decreto, deberán tomarse por parte de la autoridad competente las medidas de seguridad pertinentes, con el objeto de impedirlos.

Artículo 194: Con el fin de impedir la utilización del agua para consumo humano y doméstico en los términos del artículo 30 de este Decreto cuando quiera que no se cumplan los requerimientos de los artículos 38, 39 y 52 de la misma norma, la autoridad competente deberá imponer las medidas de seguridad que considere aplicables en cada caso.

Artículo 195: Siempre que se encuentren situaciones de alto riesgo para la salud humana, deberán aplicarse las medidas de seguridad a que haya lugar, hasta cuando desaparezca el riesgo previsto.

Artículo 196: Aplicada una medida de seguridad, se procederá inmediatamente a iniciar el procedimiento sancionatorio.

SANCIONES

Artículo 197: El procedimiento sancionatorio se iniciará de oficio, a solicitud o información de funcionario público, por denuncia o queja presentada por

cualquier persona, como consecuencia de haberse tomado previamente una medida preventiva o de seguridad.

Artículo 198: Aplicada una medida preventiva o de seguridad, sus antecedentes deberán obrar dentro del respectivo proceso sancionatorio.

Artículo 199: El denunciante podrá intervenir en el curso del procedimiento para ofrecer pruebas o para auxiliar al funcionario competente cuando este lo estime conveniente.

Artículo 200: Si los hechos materia del procedimiento sancionatorio fueren constitutivos de delito, se ordenará ponerlos en conocimiento de la autoridad competente acompañándole copia de los documentos del caso.

Artículo 201: La existencia de un proceso penal o de otra índole, no dará lugar a la suspensión del procedimiento sancionatorio.

Artículo 202: Conocido el hecho o recibida la denuncia o el aviso, el Ministerio de Salud o su entidad delgada ordenará la correspondiente investigación, para verificar los hechos o las omisiones constitutivas de infracción a las normas del presente Decreto.

Artículo 203: En orden a la verificación de los hechos u omisiones, podrán realizarse todas las diligencias que se consideren necesarias, tales como visitas, toma de muestras, exámenes de laboratorio, mediciones, pruebas químicas o de otra índole y en especial las que se deriven del Capítulo XIV del presente Decreto.

Artículo 204: Cuando el Ministerio de Salud o su entidad delegada encuentren que aparece plenamente comprobado que el hecho investigado no ha existido, que el presunto infractor no lo cometió, que el presente Decreto, sus disposiciones complementarias, o las normas legales sobre usos del agua y residuos líquidos no lo consideran como infracción o lo permiten, así como que el procedimiento sancionatorio no podía iniciarse o proseguirse, procederá a declararlo así y ordenará cesar todo procedimiento contra el presunto infractor. La decisión deberá notificarse personalmente al presunto infractor.

Realizadas las anteriores diligencias, mediante notificación personal, se pondrán en conocimiento del presunto infractor los cargos que se le formulen. El presunto infractor podrá conocer y examinar el expediente de la investigación.

Artículo 206: De la imposibilidad de notificar personalmente. Si no fuere posible hacer la notificación por no encontrarse legal o la persona jurídicamente apta, se dejará una citación escrita con un empleado o dependiente responsable del establecimiento, para que la persona indicada concurra a notificarse dentro de los cinco (5) días calendario siguientes. Si no lo hace se fijará un edicto en la Secretaría del Ministerio de Salud o su entidad delegada, durante otros cinco (5) días calendario, al vencimiento de los cuales se entenderá surtida la notificación.

Artículo 207: Dentro de los diez (10) días hábiles siguientes al de la notificación, el presunto infractor, directamente o por medio de apoderado, podrá presentar sus descargos por escrito y aportar o solicitar la práctica de las pruebas que considere pertinentes y que sean conducentes.

Parágrafo: La totalidad de los costos que demande la práctica de pruebas serán de cargo de quien las solicite.

Artículo 208: El Ministerio de Salud o su entidad delegada decretará la práctica de las pruebas que consideren conducentes, las que llevarán a efecto dentro de los treinta (30) días siguientes, término que podrá prorrogarse por un período igual, si en el inicial no se hubiere podido practicar las decretadas.

Artículo 209: Vencido el término de que trata el artículo anterior y dentro de los diez (10) días hábiles posteriores al mismo, el Ministerio de Salud o su entidad delegada procederá a calificar la falta y a imponer la sanción que considere del caso de acuerdo con dicha calificación.

Artículo 210: Se consideran circunstancias agravantes de una infracción, las siguientes:

- a. Reincidir en la comisión de la misma falta.
- b. Realizar el hecho con pleno conocimiento de sus efectos dañosos, o con la complicidad de subalternos o con su participación bajo indebida presión.
- c. Cometer la falta para ocultar otra.
- d. Rehuir la responsabilidad o atribuírsela a otro u otros.
- e. Infringir varias obligaciones con la misma conducta.
- f. Preparar premeditadamente la infracción y sus modalidades.

Artículo 211: Se consideran circunstancias atenuantes de una infracción las siguientes:

- a. Los buenos antecedentes o conducta anterior.
- b. La ignorancia invencible.
- c. El confesar la falta voluntariamente antes de que se produzca daño a la salud individual o colectiva.
- d. Procurar por iniciativa propia resarcir el daño o compensar el perjuicio causado, antes de la ocurrencia de la sanción.

Artículo 212: Si se encuentra que no se ha incurrido en violación de las disposiciones sanitarias, se expedirá una resolución por la cual se declare al presunto infractor exonerado de responsabilidad y se ordenará archivar el expediente.

Parágrafo: El funcionario competente que no defina la situación bajo su estudio, incurrirá en causal de mala conducta.

Artículo 213: Las sanciones deberán imponerse mediante resolución motivada, expedida por el Ministerio de Salud o su entidad delegada, y deberán notificarse personalmente al afectado, dentro del término de los cinco (5) días hábiles siguientes a la fecha de su expedición.

Si no pudiere hacerse la notificación personal, se hará por edicto de conformidad con lo dispuesto por el Decreto 01 de 1984.

Artículo 214: Contra las providencias que impongan una sanción o exoneren de responsabilidad proceden los recursos de reposición y apelación, según el caso, dentro de los cinco (5) días hábiles siguientes al de la notificación, de conformidad con el Decreto 01 de 1984. Los recursos deberán interponerse y sustentarse por escrito.

Artículo 215: Las providencias a que se refiere el artículo anterior serán susceptibles únicamente del recurso de reposición cuando sean expedidas por el Ministerio de Salud, las demás serán susceptibles de los recursos de reposición y apelación, este último ante el Ministerio de Salud.

Parágrafo: Los recursos de apelación a que se refiere el presente artículo se concederán en el efecto devolutivo, de conformidad con lo prescrito por el artículo 4 de la Ley 45 de 1946.

Artículo 216: El cumplimiento de una sanción no exime al infractor de la ejecución de una obra o del cumplimiento de una medida de carácter sanitario que haya sido ordenada por la autoridad sanitaria.

Artículo 217: De conformidad con el artículo 577 de la Ley 9 de 1979, las sanciones podrán consistir en amonestación, multas, decomiso de productos o artículos; suspensión o cancelación de registros de los permisos de vertimiento o de la autorización sanitaria de funcionamiento - parte agua y cierre temporal o definitivo del establecimiento, edificación o servicio.

Artículo 218: Amonestación: consiste en la llamada de atención que se hace por escrito a quien ha violado las disposiciones del presente Decreto o las normas que se dicten en desarrollo del mismo o con fundamento en la ley, sin que dicha violación implique peligro para la salud o la vida de las personas. Tiene por finalidad hacer ver las consecuencias del hecho, de la actividad o de la omisión, y conminar con que se impondrá una sanción mayor si se reincide. En el escrito de amonestación se precisará el plazo que se da al infractor para el cumplimiento de las disposiciones violadas, si es el caso.

Artículo 219: La amonestación podrá ser impuesta por el Ministro de Salud o por los Jefes de los Servicios Seccionales de Salud.

Artículo 220: Cuando quiera que deba imponerse sanción de amonestación por el uso del agua para consumo humano y doméstico con violación de los artículos 38, 39 y 52 de este Decreto, no podrán otorgarse plazos superiores a los indispensables para tomar las medidas o adelantar los diligenciamientos destinados a cumplir las normas.

Artículo 221: Multa: consiste en la pena pecuniaria que se impone a alguien por la ejecución de una actividad o la omisión de una conducta contraria a las disposiciones contenidas en el presente Decreto.

Las multas podrán ser sucesivas y su valor en conjunto no excederá una suma

equivalente a 10.000 salarios diarios mínimos legales al máximo valor vigente en el momento de imponerse.

Artículo 222: La multa será impuesta mediante resolución motivada, expedida por el Ministerio de Salud o su entidad delegada.

Artículo 223: las multas deberán pagarse en la tesorería o pagaduría de la entidad que las hubiere impuesto, dentro de los cinco (5) días hábiles siguientes a la ejecutoria de la providencia correspondiente. El no pago en los términos y cuantías señalados, podrá dar lugar a la cancelación del registro, de la autorización sanitaria de funcionamiento - parte agua o al cierre del establecimiento. La multa podrá hacerse efectiva por jurisdicción coactiva.

Artículo 224: Las sumas recaudadas por concepto de multas solo podrán destinarse por el Ministerio de Salud o su entidad delegada a programas de control de contaminación del recurso.

Artículo 225: Decomiso: el decomiso de productos o artículos consiste en la aprehensión material de un producto o artículo cuando su utilización incida en el incumplimiento de las disposiciones del presente Decreto.

Artículo 226: El decomiso será impuesto mediante resolución motivada, expedida por el Ministerio de Salud o su entidad delegada.

Artículo 227: El decomiso será realizado por el funcionario designado para tal efecto por el Ministerio de Salud u la entidad delegada y de la diligencia se levantará acta, por triplicado, que suscriban el funcionario y las personas que intervengan en la diligencia. Una copia se entregará a la persona a cuyo cuidado se encontró la mercancía.

Artículo 228: Si los bienes decomisados representan peligro inminente para la salud humana, la autoridad sanitaria correspondiente dispondrá el procedimiento adecuado para su inutilización.

Artículo 229: Suspensión o cancelación del registro o de la autorización sanitaria de funcionamiento - parte agua: consiste la suspensión en la privación temporal del derecho que confiere el diligenciamiento de un registro o la concesión de una autorización, por haberse incurrido en conducta u omisión contraria a las disposiciones de este Decreto y demás normas sobre uso y control de contaminación del recurso.

Consiste la cancelación en la privación definitiva de la autorización que se había concedido, por haberse incurrido en hechos o conductas contrarias a las disposiciones sanitarias y en especial a las regulaciones del presente Decreto.

Artículo 230: La suspensión y la cancelación de las autorizaciones a que se refiere el presente Decreto conllevan el cese de las actividades que con fundamento en ellas esté realizando un usuario.

Artículo 231: Se impondrá sanción de suspensión o cancelación de registro o autorización sanitarias de funcionamiento - parte agua, cuando quiera que mediante amonestación, multa o decomiso, no haya sido posible obtener el cumplimiento de las disposiciones infringidas.

Artículo 232: Cuando se imponga sanción de cancelación no podrá solicitarse durante el término de un (1) año como mínimo, nueva autorización para el desarrollo de la misma actividad por el usuario a quien se sancionó.

Artículo 233: La suspensión o cancelación será impuesta mediante resolución motivada, por el Jefe del organismo que hubiere diligenciado el registro o concedido la autorización.

Artículo 234: A partir de la ejecutoria de la resolución por la cual se imponga la suspensión o cancelación de una autorización, no podrá desarrollarse actividad alguna por parte del usuario, relacionada con el fundamento de la sanción, salvo la necesaria para evitar deterioro a los equipos o conservación del inmueble.

Artículo 235: Las autoridades sanitarias, para efectos de la puesta en práctica de la cancelación o suspensión, podrán imponer sellos, bandas o utilizar otro sistema apropiado.

Artículo 236: Cierre temporal o definitivo de establecimientos, edificaciones o servicios: el cierre de establecimientos, edificaciones o servicios consiste en poner fin a las tareas que en ellos se desarrollan, por la existencia de hechos o conductas contrarias a las disposiciones sanitarias.

El cierre es temporal si se impone por un período de tiempo precisamente determinado por la autoridad sanitaria y es definitivo cuando así se indique o no se fije un límite en el tiempo.

El cierre podrá ordenarse para todo el establecimiento, edificación o servicio, o solo para una parte o proceso que se desarrolle en él.

Artículo 237: Se impondrá sanción de cierre temporal o definitivo, total o parcial, cuando quiera que mediante amonestación, multa o decomiso, no haya sido posible obtener el cumplimiento de las disposiciones infringidas.

Artículo 238: Cuando se imponga sanción de cierre definitivo, el cierre podrá conllevar la pérdida de la autorización o registro bajo cuyo amparo esté funcionando el establecimiento, edificación o servicio o se esté expendiendo un producto.

Artículo 239: El cierre implica la cancelación de la autorización que se hubiere concedido en los términos del presente Decreto.

Artículo 240: El cierre será impuesto por resolución motivada, expedida por el Ministerio de Salud o su entidad delegada.

Artículo 241: A partir de la ejecutoria de la resolución por la cual se imponga el

cierre total, no podrá desarrollarse actividad alguna, en la edificación, establecimiento o servicio. Si el cierre es parcial, no podrá desarrollarse actividad alguna en la zona o sección cerrada.

En uno y otro caso podrán desarrollarse las necesarias para evitar el deterioro y conservar el inmueble.

Artículo 242: El cierre implica que no podrán venderse los productos o prestarse los servicios que en el establecimiento, edificación o servicio se elaboren o presten, si con dicha actividad se produce daño a la salud de las personas.

Artículo 243: La autoridad sanitaria podrá tomar las medidas pertinentes a la ejecución de la sanción, tales como imposición de sellos, bandas u otros sistemas apropiados.

Artículo 244: Los Servicios Seccionales de Salud y el Ministerio de Salud, darán a la publicidad los hechos que como resultado del incumplimiento de las disposiciones sanitarias, deriven riegos para la salud humana, con el objeto de prevenir a la comunidad.

Artículo 245: Las sanciones impuestas de conformidad con el presente Decreto, no eximen de la responsabilidad civil, penal o de otro orden en que pudiere incurrirse por la violación de la Ley 9 de 1979 y del presente Decreto.

Artículo 246: Cuando, como resultado de una investigación adelantada por una autoridad sanitaria se encuentre que la sanción a imponer es de competencia de otra autoridad, deberán remitirse a estas las diligencias adelantadas para lo que sea pertinente.

Artículo 247: Cuando sea del caso iniciar o adelantar un procedimiento sancionatorio, o una investigación para lo cual es competente el Ministerio de Salud, este podrá comisionar a los servicios seccionales de Salud para que adelanten la investigación o el procedimiento, pero la sanción o exoneración de responsabilidad será decidida por el Ministerio de Salud.

Igualmente, cuando se deban practicar pruebas fuera de la jurisdicción de un Servicio Seccional de Salud, el Jefe del mismo deberá solicitar al Ministerio de Salud la comisión para el servicio que deba practicarlo, caso en el cual el Ministerio señalará los términos apropiados.

Artículo 248: Cuando una entidad oficial distinta de las que integran el Sistema Nacional de Salud tenga pruebas deberán ser puestas de oficio a disposición de la autoridad sanitaria para que formen parte de la investigación.

Artículo 249: La autoridad sanitaria que adelante una investigación o procedimiento, podrá comisionar a entidades oficiales que no formen parte del Sistema Nacional de Salud, para que practiquen u obtengan las pruebas ordenadas que sean procedentes.

Artículo 250: Cuando una sanción se imponga por un período de tiempo, este empezará a contarse a partir de la ejecutoria de la resolución que la imponga y

se computará, para efectos de la misma, el tiempo transcurrido bajo una medida de seguridad o preventiva.

Artículo 251: **(Modificado por el Decreto 2340 de 1984, artículo 1)**. Para los efectos de la vigilancia y el cumplimiento de las normas y la imposición de medidas y sanciones de que trata este reglamento, los funcionarios sanitarios competentes en cada caso, serán considerados como de policía, de conformidad con el artículo 35 del Decreto-Ley 1355 de 1979.

Parágrafo: Las autoridades de policía del orden nacional, departamental o municipal, prestarán toda su colaboración a las autoridades sanitarias, en orden al cabal cumplimiento de sus funciones.

Artículo 252: Las actividades de cualquier orden que dificulten o impidan la práctica de las diligencias oficiales de vigilancia y control previstas en este Decreto o que se adelanten en desarrollo del mismo o con fundamento en la ley, dará lugar a la imposición de las sanciones que la autoridad sanitaria considere procedentes.

Artículo 253: Las autoridades sanitarias podrán en cualquier tiempo, para informar de las disposiciones sanitarias contenidas en este Decreto, garantizar su cumplimiento y proteger a la comunidad, prevenir la existencia de tales disposiciones y los efectos o sanciones que conlleve su incumplimiento, con el objeto de que actividades, conductas, hechos u omisiones se ajusten a los establecido en ellas.

La prevención podrá efectuarse mediante comunicación escrita, acta de visita, requerimiento, o cualquier otro medio eficaz.

Artículo 254: Cuando los responsables del incumplimiento de las normas del presente Decreto sean funcionarios o entidades oficiales, la infracción se pondrá en conocimiento del superior jerárquico respectivo, o del gerente, director o junta directiva, según el caso, a fin de que se tomen las medidas correctivas y se aplique el régimen de sanciones a que haya lugar.

Artículo 255: El presente Decreto rige a partir de la fecha de su expedición y deroga las disposiciones que le sean contrarias.