



Republica de Cuba  
Ministerio de Educación Superior  
Instituto Superior Minero Metalúrgico  
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”  
Facultad Metalurgia- Electromecánica  
Departamento de Ingeniería Mecánica

# Trabajo de Diploma

## En Opción al Título de Ingeniero Mecánico

**Titulo:** Evaluación del impacto ambiental del vertimiento de los residuales y Aguas Contaminadas con Aceite, consecuencias del proceso de generación de electricidad de la Empresa Termoeléctrica “Lidio Ramón Pérez”.

**Autor:** Juan Ramón Oliveros del Real

**Tutores:** Ms.C. Olga Pérez Maliuk

**Lic.** Richard Alex Almira Ramírez

Año 56 de la Revolución



## **DECLARACIÓN DE AUTORIDAD**

Yo, **Juan Ramón Oliveros del Real** autor de este trabajo de diploma y los tutores; la M.Sc. Olga Pérez Maliuk y el Lic. Richard Alex Almira Ramírez declaramos la propiedad intelectual de este trabajo al Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa para que disponga de su uso como estime conveniente.

---

Autor:

Juan Ramón Oliveros del Real

---

Tutor (a):

M. Sc. Olga Pérez Maliuk

---

Tutor:

Lic. Richard Alex Almira Ramirez



**PENSAMIENTO**

*“...soñamos con un mundo, un mundo más justo, un mundo realmente más humano por el cual todos tenemos el deber de luchar. El futuro de ustedes y de los hijos de ustedes será el futuro que esta humanidad sea capaz de construir...”*

*“Fidel Castro Ruz”*



## AGRADECIMIENTO

Agradezco por la elaboración de este trabajo a todas aquellas personas que de una forma u otra han contribuido en su realización, en primer lugar gracias a mis padres y a mi esposa, por todo el amor, ejemplo y apoyo que me han brindado a lo largo de mi vida, y que hoy guían mis pasos hacia un futuro seguro, lo que soy hoy se lo debo en la totalidad a ellos, en especial a mis hijos que fueron el motor impulsor en la decisión de dar este paso para que en un futuro me tomen como ejemplo para tomar un camino a seguir

El reconocimiento por la ayuda solidaria de los profesores que con su ayuda en las aulas hicieron posible que hoy sea un profesional, a mis compañeros y técnicos del área, sobre todo a mis tutores, Olga Pérez Maliuk y Richard Alex Almíra, por su apoyo y entrega desinteresada a lo largo de mi carrera.

**“ A todos muchas gracias”**



## DEDICATORIA

Es difícil nombrar en un pedazo de papel a todos los que te han abierto las puertas de su corazón y merecen una dedicatoria. Cuando se desea dedicar algo, siempre se piensa en las personas más cercanas a uno, en aquel que siempre te aconseja. A Mi esposa por su apoyo incondicional, a mis dos niños como un reto para su futuro, a mis padres, mi familia, a la Revolución y la empresa en especial al departamento de capacitación con sus trabajadores, por darme la posibilidad de superarme, al promotor principal de esta ingeniosa idea de crear este plan de estudio en nuestra entidad, el compañero Rubén Campos Olmos. A todos los profesores que hicieron realidad el propósito hacerme profesional.

A todos "les dedico este éxito"

**El autor**

**RESUMEN**

Este trabajo brinda información sobre el impacto que tienen en el medioambiente, particularmente la bahía de Felton, el vertimiento de las aguas residuales tratadas en la planta de tratamiento de aguas contaminadas con aceite (**Objeto 036**) de la ETE Lidio Ramón Pérez. Se realizaron mediciones de temperaturas en tres puntos diferentes del canal de salida en tres horarios diferentes. Se recogieron muestras de las aguas residuales para su análisis químico avanzado en el Centro de Investigaciones del níquel Capitán Alberto Fernández Montes de Oca de Moa; utilizándose para ello equipos especializados. Se consultó además procedimientos y normas, así como otros documentos disponibles en Internet. Las mediciones se hicieron cumpliendo con los procedimientos requeridos y se realizó un estudio minucioso de la situación. Los resultados dan fe de que los efectos contaminantes resultan muy poco significativos con excepción del contenido de aceites y grasas, de acuerdo con los niveles de exigencia más elevados para la máxima calificación del estado de conservación del cuerpo receptor. Económicamente y en el aspecto medioambiental se evidencia la necesidad de mantener operativa y mejorar e incluso invertir en una nueva planta de tratamiento que aporte más ventajas.

**ABSTRACT**

This work offers impact environmental information on Felton's bay, the outflow of the residual waters tried in the polluted waters with oil treatment plant (Object 036) on the ETE Lidio Ramón Pérez. Mensurations of temperatures in three different points from the exit channel in three different schedules were made. Residual waters samples were picked up for their advanced chemical analysis in the Investigations Center of the nickel Captain Alberto Fernández Montes de Oca in Moa. Specialized equipment were used, it was also consulted procedures, Norms and other available Internet's documents. The mensurations were made with the required procedures and a meticulous study of the situation was made. The results give faith that the polluting effects are not very significant, with meaning of the oils and fatty content, in agreement with the highest demand levels for the maximum qualification of the conservation of the receiving body state. Economically and in the environmental aspect the necessity maintaining operative is evidenced and even to improve and to invest in a new treatment plant that contributes more advantages.



## ÍNDICE

Contenido	Pág.	
<b>Introducción</b>	<b>1</b>	
<b>Capítulo I</b>	<b>MARCO TEÓRICO- METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>5</b>
1.1-	Introducción.....	5
1.2-	Estado del arte .....	5
1.3-	Flujo tecnológico de la ETE .....	7
1.4-	Descripción de la Estación de Tratamiento de Aguas Contaminadas con Aceite .....	9
1.5-	Contaminación hídrica. ....	12
1.6-	Conclusiones del capítulo I .....	14
<b>Capítulo II</b>	<b>DIAGNÓSTICO DEL ESTADO FUNCIONAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS CON ACEITES DE LA EMPRESA</b>	<b>15</b>
2.1-	Introducción.....	15
2.2-	Parámetros de trabajo de la planta de tratamiento de aguas contaminadas con aceites.....	15
2.3-	Especificaciones sobre la Zeolita.....	17
2.4-	Especificaciones sobre el vertimiento de aguas residuales a la zona costera y aguas marinas.....	18
2.5-	Flujo tecnológico de la planta de tratamiento de aguas contaminadas con aceites. (Objeto 036).....	21
2.6	Métodos e instrumentos utilizados en las mediciones de los parámetros del proceso de tratamiento a las aguas contaminadas con aceites.....	26
2.7	Procedimiento para la ejecución de las mediciones.....	27
2.8	Conclusiones.....	34
<b>Capítulo III</b>	<b>ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS, VALORACION ECONOMICA E IMPACTO AMBIENTAL DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>35</b>
3.1-	Introducción.....	35
3.2-	Análisis de los valores del PH para las aguas residuales tratadas.....	35
3.3-	Análisis de los elementos sólidos presentes en las aguas residuales tratadas.....	37
3.4-	Análisis de la presencia de aceites y grasas en las aguas residuales tratadas.....	40





3.5-	Análisis de la influencia de la temperatura en las aguas residuales tratadas.....	43
3.6-	Impacto Medioambiental.....	46
3.7-	Valoración económica.....	47
3.8-	Conclusiones.....	49
	<b>Conclusiones Generales.....</b>	<b>50</b>
	<b>Recomendaciones.....</b>	<b>51</b>
	<b>Bibliografía</b>	



### INTRODUCCION

En el mundo existe un continuo desarrollo de la industria y la tecnología, esto conlleva a que exista una mayor demanda de energía eléctrica, pues esta es indispensable para su funcionamiento. Por el aumento de la demanda de electricidad es necesario que se genere más energía con una mayor eficiencia y con un uso racional de los recursos naturales.

Cuba no se ha quedado ajena a este desarrollo y por lo tanto también la demanda de electricidad ha aumentado. La producción de energía utilizando menos recursos y su ahorro es de vital importancia para un país que no tiene grandes reservas de petróleo, que lleva más de 40 años bajo un bloqueo económico impuesto por la mayor potencia imperialista de todos los tiempos.

La Termoeléctrica Lidio Ramón Pérez, ubicada en la provincia de Holguín en el municipio Mayarí. Con dos unidades generadoras representa alrededor del 23 % de la energía eléctrica que se genera en el país. Desempeñando un importante papel, dentro del sistema Electroenergético Nacional. Se puede apreciar la importancia del esfuerzo inversionista que realiza el gobierno de la República de Cuba en el mejoramiento de la producción y distribución de energía eléctrica, pero más importante aún, son los recursos humanos, materiales y financieros que debe dedicar la sociedad para mantener y reparar los equipos de generación existentes.

La actividad de medio ambiente en la Empresa se ha caracterizado por el trabajo en el Sistema de Gestión Ambiental en su totalidad, como lo establecen las Normas ISO 14000 a través del cual se rigen los mecanismos de gestión que permiten a la entidad identificar y concentrar los esfuerzos en relación con los problemas ambientales y lograr el cumplimiento real, eficaz y sistemático de la legislación ambiental vigente y en particular de la ley 81 del medio ambiente.

Para minimizar el impacto medioambiental de nuestra industria en la misma se encuentra instalada una estación purificadora de aguas contaminadas con aceite (**Objeto 036**), la cual tiene como función darle un tratamiento a los condensados resultado del vapor utilizado en el calentamiento del combustible y los pluviales debido a la decantación de los tanques de almacenamiento y la acumulación de las lluvias en



sus áreas antes de ser vertidos al mar para evitar el daño y contaminación de la flora y la fauna marina.

Por ser una planta nueva, de la cual no se tenían experiencias en otras industrias del país, no quedó exenta de algunas situaciones operacionales y de funcionamiento, es por ello que durante el proceso de explotación debieron ser ajustados, de acuerdo a la experiencia que se ha obtenido para alcanzar el mayor grado de eficiencia posible y una explotación segura.

A raíz de las condiciones antes descritas se declara como **Situación Problemática:**

En el caso de la Termoeléctrica Lidio Ramón Pérez son frecuentes las puestas fuera de servicio de la estación purificadora de aguas contaminadas con aceite debido a su deficiente funcionamiento. Esto nos lleva a verificar los parámetros de trabajo de los equipos y partes que la componen así como el grado de contaminación de los condensados y los pluviales que le llegan y la calidad con que estos son vertidos al canal.

Se plantea el siguiente **Problema:**

Reiteradas puestas fuera de servicio de la estación purificadora de aguas contaminadas con aceite debido a su deficiente funcionamiento, aparejado a la contaminación y daño de la flora y fauna marina.

Como **Objeto de la Investigación** se tiene:

Estación purificadora de Aguas Contaminadas con Aceite de la Empresa Termoeléctrica (**ETE**) "Lidio Ramón Pérez".

Como **Campo de Acción** se establece:

Condensados y pluviales que entran a la estación purificadora de Aguas Contaminadas con Aceite y los que son vertidos al canal.

Se establece como **Hipótesis:**

A partir de la caracterización de los condensados y pluviales que llegan a la estación purificadora de Aguas Contaminadas con Aceite y determinación de la calidad con que son vertidos al canal se podrá tener la estación en servicio con



una alta confiabilidad operacional y disminuir el impacto medioambiental ocasionado sobre la flora y fauna marina.

El **Objetivo General de la investigación** es:

Caracterizar las aguas contaminadas a la entrada y salida de la estación purificadora de Aguas Contaminadas con Aceite, así como verificar tecnológicamente el funcionamiento de la misma para disminuir el daño que se le ocasiona a la flora y la fauna marina, debido a sus reiteradas puestas fuera de servicio.

**Objetivos específicos:**

- Evaluar el funcionamiento desde el punto de vista tecnológico de la Estación Purificadora de Aguas Contaminadas con Aceite
- Establecer indicadores de control y estrategias medioambientales asociados al vertimiento de la estación purificadora de Aguas Contaminadas con Aceite.
- Definir posibles medidas y proyectos para minimizar el daño ocasionado a la flora y fauna marina.

Para el cumplimiento del objetivo se deben ejecutar las **Tareas** que siguen:

- Establecimiento del estado del arte sobre diagnósticos del funcionamiento técnico de la estación purificadora de Aguas Contaminadas con Aceite.
- Recopilación de información en archivos y de campo sobre los parámetros actuales de trabajo de la estación purificadora de Aguas Contaminadas con Aceite.
- Caracterización de los pluviales y condensados que llegan a la estación purificadora de Aguas Contaminadas con Aceite.
- Análisis de los vertimientos al canal de la estación purificadora de Aguas Contaminadas con Aceite así como su impacto sobre la flora y fauna marina.



Los **métodos de investigación** empleados en el trabajo son los siguientes:

- Método histórico-lógico para la sistematización del conjunto de conocimientos y teorías relacionadas con el objeto de estudio.
- Método inductivo-deductivo para el establecimiento de las teorías y el estado actual de la temática tratada.
- Método de investigación experimental para describir y caracterizar el problema estudiado y sus principales afectaciones a la flora y fauna marina.
- Técnicas computacionales para el procesamiento de los datos experimentales y la obtención del comportamiento del objeto de estudio.



## CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO- METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1 Introducción

El proceso productivo de la central termoeléctrica “Lidio Ramón Pérez” es sumamente complejo y muy dinámico y es imprescindible cumplir con la política ambiental que hemos implantado. La Empresa Termoeléctrica tiene como función producir energía eléctrica con afectaciones mínimas al medio ambiente, logrando una disminución de impactos negativos provocados por los gases de la combustión y los residuales de las demás actividades colaterales.

Nuestra empresa regula y controla los efectos que la entidad provoca sobre el medio ambiente de una forma sistemática para lograr un saneamiento ambiental efectivo por lo que se incorpora la política ambiental a los planes, proyectos y demás acciones en correspondencia con el desarrollo económico y social del país.

El impacto provocado por la actividad humana sobre el medio ambiente no siempre se aprecia, pero se mantiene latente y se exterioriza en el tiempo de forma potencial acumulativa. Sus efectos no son el simple resultado de la sumatoria aislada de los factores impactantes, sino que sus resultados son mucho mayores por la relación intrínseca de cada factor y de conjunto con el resto.

En el presente se hará la elaboración del marco teórico o de referencia, que comprende la revisión y el análisis de la literatura pertinente para sustentar teóricamente la solución del problema de investigación planteado. Ello implica analizar y exponer aquellas teorías, enfoques teóricos y antecedentes en general que se consideren válidos para el correcto encuadre del estudio.

### 1.2 Estado del Arte

El acudir a los trabajos precedentes ayuda a prevenir errores que se han cometido en otros estudios, orienta como ha sido tratado un problema específico de investigación e impide abordar algo ya estudiado. Una investigación científica de acuerdo con lo planteado por Aróstegui (1978), en cualquier área del conocimiento debe siempre estar sustentada por la actividad teórica y empírica, de ahí que sea necesario utilizar los métodos que caracterizan a cada una de ellas



para desarrollar científicamente las mismas a partir de una clara caracterización del objeto, del planteamiento del problema, la hipótesis, los objetivos, y las tareas.

Bernal, A. Y. (2013), brinda información sobre el cuidado medioambiental en nuestra empresa y la contaminación que producen al medio ambiente los factores Físicos – Químicos presentes en el emplazamiento Fuel – Oil de la ETE Lidio Ramón Pérez.

En reportes extraídos de la enciclopedia interactiva *wikipedia* procedentes del internet se revelan las clases de contaminantes de las aguas, los agentes que provocan dicha contaminación y las causas fundamentales, destacándose el vertimiento de los residuales provenientes de la sociedad y la industria y también por las operaciones de limpieza de los buques petroleros.

A partir de la década de los años 80, el estado cubano dictaminó la realización del Sistema de Normas Cubanas dirigidas en el orden geográfico, al óptimo ordenamiento territorial del país en consonancia con el necesario equilibrio entre el uso racional de los recursos naturales, la protección y conservación de la naturaleza y la calidad del hábitat humano. La Oficina Nacional de Normalización es el Organismo rector de las Normas Cubanas (NC) y representa al país ante las Organizaciones Internacionales y Regionales de Normalización.

Las principales normas cubanas del medio ambiente a tener en cuenta para el proyecto, sin detrimento de otras, son las siguientes:

- **NC 93 01 208 89** Requisitos para la protección de las aguas subterráneas.
- **NC 93 01 210 87** Requisitos para la protección de las aguas superficiales y subterráneas.
- **NC 27 de 1999** Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado, que establece las especificaciones de los vertimientos de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado y se aplica a todas las aguas residuales generadas por las actividades sociales y



económicas, como son las domésticas, municipales, industriales, agropecuarias y de cualquier otro tipo.

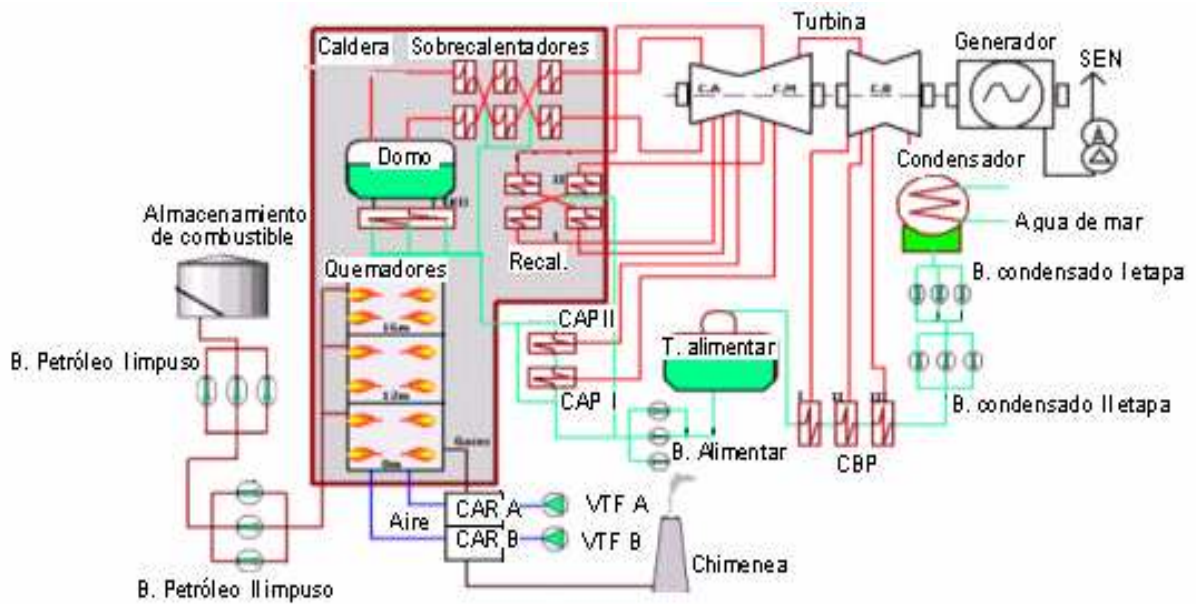
### **1.3 Flujo tecnológico de la ETE**

La central eléctrica perteneciente al municipio Mayarí – Holguín, Cuba, con una potencia instalada de 500 MW es la encargada de suministrar alrededor del 20 % de la energía eléctrica que consume el país. Cuenta con dos unidades generadoras, la primera fue sincronizada el 16 de febrero de 1996 y la segunda el 12 de diciembre de 1999.

Esta empresa regula y controla los efectos que provoca al medio ambiente de una forma sistemática para lograr un saneamiento ambiental efectivo, por lo que se incorpora la política ambiental a los planes, proyectos y demás acciones en correspondencia con el desarrollo económico y social del país. El proceso productivo de la central es sumamente complejo y dinámico.

Consiste, fundamentalmente, de una estación para la preparación del combustible, la planta de tratamiento químico del agua, dos generadores de vapor, dos turbogeneradores con sus equipos auxiliares y una subestación eléctrica. El combustible, crudo mejorado 650, es suministrado a través de un oleoducto a la estación de preparación de combustible que cuenta con dos depósitos de 15 000 m<sup>3</sup> cada uno. El aceite, previamente calentado, es succionado por las bombas de suministro a la succión de las bombas de alta presión las que haciendo pasar el combustible por dos calentadores lo introducen, a la presión y temperatura de operación, en el equipo de combustión del generador de vapor. El suministro del combustible hacia los quemadores es controlado por las válvulas de regulación de la potencia de la caldera en dependencia de la producción de vapor requerida por la turbina, como se muestra en la figura 1.1





**Figura1.1: Flujo tecnológico de la empresa termoeléctrica Lidio Ramón Pérez**

Además del combustible, para el proceso de oxidación del mismo con el consiguiente desprendimiento de gran cantidad del calor, al horno de la caldera se suministra la cantidad de aire necesaria para lograr la combustión completa, este aire es succionado de la atmósfera por dos ventiladores centrífugos, se precalienta con vapor hasta 75 °C y finalmente elev a su temperatura hasta 315 °C en los calentadores de aire regenerativos.

Por otra parte a la caldera se le suministra agua de alimentación, la cual al absorber el calor desprendido por la combustión se transforma en vapor sobrecalentado a una presión de 13,7 MPa y 525 °C. El vapor producido en la caldera llega a la turbina, a través de las tuberías de alta presión con 13,24 MPa y 520 °C, entra al cuerpo de alta presión a través de 4 válvulas de regulación que controlan la cantidad de vapor en dependencia de la potencia mecánica demandada por el generador eléctrico.

El vapor abandona el cilindro de alta presión con 3,4 MPa y 345 °C, dirigiéndose nuevamente a caldera a recalentarse, una parte del vapor se suministra al cabezal 1 de servicio de planta para necesidades térmicas propias del bloque y por la extracción 6 al calentador 2 de la regeneración de alta presión, la cantidad



restante de vapor pasa al cilindro de media presión donde después de realizar trabajo encuentra la extracción 5 y 4 para el calentador de alta presión 1 y cabezal 2 de servicio de planta, respectivamente. Finalmente alcanza el cilindro de baja presión, en el que se han practicado las tomas 1, 2, Y 3 encargadas de la regeneración de baja presión. Al condensador, llega alrededor del 70 % de la cantidad de vapor que entró en el cilindro de alta presión.

El condensado, con una temperatura entre 47 y 50 °C, es succionado por las bombas de primera etapa garantizando el suministro a las de segunda etapa, pasando a través de tres calentadores de baja presión, elevan gradualmente su temperatura para su preparación como agua de alimentación a la caldera.

El condensado llega al tanque de alimentar con una temperatura de 110 °C donde por medio del calentamiento con vapor y la adición de productos químicos se le extraen los gases incondensables (fundamentalmente el oxígeno libre) que pueda contener, estos escapan hacia la atmósfera y el agua de alimentar es succionada por las bombas de alimentar caldera. Las bombas de alimentar elevan la presión hasta 15,7 MPa para incorporarla a la caldera, pasándola antes a través de dos calentadores de alta presión donde se lleva la temperatura del agua hasta 235 °C la cantidad de agua que se suministra a la caldera es controlada por una estación de válvulas reguladoras que garantizan que se mantenga el balance de masa entre la cantidad de vapor que sale de la misma y la cantidad de agua que se suministra con el fin de asegurar el funcionamiento correcto del generador de vapor.

### **1.4 Descripción de la Estación de Tratamiento de Aguas Contaminadas con Aceite**

La estación de Tratamiento de Aguas Contaminadas con Aceite tiene la función de purificar las aguas contaminadas con aceite de todos los achiques y los condensados de la termoeléctrica, donde se aprovecha al máximo la caída del nivel para que no sea necesario el rebombéo.



Los condensados que llegan a la estación vienen desde primer impulso, segundo impulso, emplazamiento de motores fuel-oil y caldera local, a través del puente de tuberías, aprovechándose la altura del mismo. Los tanques situados unos tras otro se utilizan como vasos comunicantes. Todos los condensados que se traen por el puente de tuberías desembocan a una línea común (OUL80) al igual que el condensado del vapor proveniente del cabezal 3 que realizó trabajo en los diferentes tanques de almacenamiento, el cual se incorpora al ciclo.

Existe una tubería (OUL88) donde desembocan comúnmente dos tuberías que son: los achiques del bloque (OUL20) y los achiques de primer impulso (OUL10). Si se traen por esta (OUL 10) en los períodos de agua de lluvia una cantidad mayor de la misma estas rebosarán al tanque de acumulación de aguas pluviales (Cisterna) contaminadas con aceite, de este pasan por la línea OUL 89 al foso de aguas pluviales. De este foso succionan las bombas OUL 88 D001 y OUL 88 D011 y descargan a la tubería OUL 88 antes mencionadas. De aquí a través de un diafragma de estrangulación de diámetro 4,2 cm, se interconecta dicha agua de lluvia con los condensados de la línea OUL 80 y por esta van a los tanques de equilibrio de temperatura. Estos tanques para el equilibrio de temperaturas pueden trabajar uno en servicio y el otro en reserva a la máxima potencia pero en caso de un aumento excesivo de la cantidad de aguas contaminadas trabajan los dos a la vez.

Las impurezas más pesadas que el agua sedimenta hacia el fondo y son decantadas hacia el tanque para sedimentos pesados. La decantación de los tanques para el equilibrio de temperatura se realiza a través de dos válvulas que tienen en sus fondos cónicos los mismos. En los tanques de equilibrio de las temperaturas (TET) se mantiene el agua entre 70 y 80 °C mediante el regulador de temperatura instalado en el tanque.

El agua residual precalentada en los tanques anteriores va hacia los separadores por gravedad. Las materias más pesadas que el agua (fango) va hacia el fondo, las más ligeras (aceites y petróleos) hacia la superficie y en el medio se mantiene el agua residual. Pueden operar en serie o en paralelo. Los separadores por



gravidad trabajan bajo el principio de las densidades diferentes del agua y de las materias del petróleo. La instalación interna de los separadores orienta el líquido que fluye al movimiento laminar uniforme lo que influye positivamente en el proceso de separación de las aguas contaminadas. Los sedimentos en la parte inferior son decantados a un segundo embudo y de ahí por una línea común OUL 82 hacia el tanque para sedimentos pesados, al cual le entra por debajo mediante la línea OUL 85.

Los productos separados de la superficie van a la canalita de sedimentos ligeros y de ahí hacia el tanque para sedimentos ligeros al cual le entran por debajo mediante la línea OUL 82. El agua residual continúa desde estos separadores gravitacionales a través de una línea que sale por la parte superior de los mismos desde la mitad hacia el foso colector por la línea OUL 80. En este foso se toman muestras cada cierto tiempo (una vez al día, la variación de esta frecuencia de análisis dependerá de la experiencia práctica) y se analizan en el laboratorio químico con una técnica a base de tetracloruro de carbono.

En caso del agua con un contenido excesivo de petróleo y que no se haya logrado con los tratados anteriores la pureza requerida, se pone en funcionamiento el filtro de rociado, haciendo pasar el agua por la línea OUL 87 al rociador giratorio que rota y riega la superficie del filtro, llenado con la zeolita como medio filtrante (en sustitución del coque). El giro de los brazos del girador es producido por la fuerza reactiva que los hace mover.

Se considera una contaminación elevada para el condensado cerca de los 2500 mg/l y de las aguas residuales si está entre 500 – 1500 mg/l. Si en una segunda etapa se montara el otro filtro, no se pueden operar los dos a la vez, siempre uno solo ya que la entrada del agua bloqueará y uno de los dos no girará. Después del foso colector el agua sigue hacia el canal de residuos que va al mar.

El agua que pasó por el filtro de rociado también cae seguidamente al foso colector (OUL 80 B003) y de ahí sigue para el canal de residuos hacia el mar. Desde el tanque para sedimentos pesados y sedimentos ligeros el fluido se bombea a través de las bombas OUL 77 D001 y OUL 77 D011, la primera



succiona del tanque para sedimentos ligeros y la segunda desde el tanque para sedimentos pesados. El fluido puede ser bombeado en el caso de una calidad inadecuada hacia un ramal de la línea OPE 41 para el llenado de los carros cisternas que pueden ser llevados a una refinería o botados.

En caso de que el contenido fundamental sea agua puede ser drenado hacia el piso de hormigón, el cual tiene una inclinación que permite que el agua vaya al foso de aguas pluviales, y por la línea OPE 41 van hacia los tanques de petróleo en dependencia de los resultados de los análisis químicos. Estas bombas tienen en la descarga una válvula de seguridad que en caso de una sobrepresión abre a 10 atm y cierra a 8 atm. El foso de aguas pluviales OUL 88B001 está debajo de la superficie de hormigón la cual está construida inclinada hacia este foso. Dicho foso es calentado con vapor solamente en caso de una avería. Luego el agua es bombeada como ya fue explicado anteriormente.

### 1.5 Contaminación hídrica

Se entiende por **contaminación del medio hídrico** o **contaminación del agua** a la acción o al efecto de introducir materiales o inducir condiciones sobre el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación a sus usos posteriores o sus servicios ambientales.

Según la Organización Mundial de la Salud (**OMS**), el agua está contaminada cuando su composición se haya alterado de modo que no reúne las condiciones necesarias para el uso al que se la hubiera destinado, en su estado natural. En los cursos de agua, los microorganismos descomponedores mantienen siempre igual el nivel de concentración de las diferentes sustancias que puedan estar disueltas en el medio. Este proceso se denomina *auto depuración del agua*. Cuando la cantidad de contaminantes es excesiva, la autodepuración resulta imposible. Los mares son un sumidero. De forma constante, grandes cantidades de fangos y otros materiales, arrastrados desde tierra, se vierten en los océanos.

Hoy día, sin embargo, a los aportes naturales se añaden cantidades cada vez mayores de desechos generados por nuestra sociedad, especialmente aguas

residuales cargadas de contaminantes químicos y de productos de desecho como se muestra en la figura 1.2, procedentes de la industria, la agricultura y la actividad doméstica, pero también de residuos radiactivos y de otros tipos.



**Figura 1.2** Vertimiento de aguas contaminadas

La contaminación química del medio marino provocada por el hombre es muy superior a la atribuible a causas naturales. Las tasas de aporte de algunos elementos son elocuentes: el mercurio llega al océano a un ritmo dos veces y media superior al que sería debido únicamente a factores naturales; el manganeso multiplica por cuatro dicho ritmo natural; el cobre, el plomo y el cinc por doce; el antimonio por treinta y el fósforo por ochenta. La contaminación tiende a concentrarse en los lugares próximos a las zonas habitadas y más industrializadas.

Anualmente más de 3 millones y medio de toneladas de petróleo (*casi el 0,1% de la producción mundial*) contaminan el medio marino. En realidad, solamente alrededor del 50% de este crudo procede de petroleros, a menudo barcos pequeños y anticuados. El resto, proviene de tierra firme. Esta última mitad llega al mar a través de las aguas y vertidos residuales (un 20% de origen urbano, otro 20% industrial y a través de la atmósfera el 10% restante).



### 1.5.1 Principales contaminantes de las aguas

- Compuestos orgánicos biodegradables
- Sustancias peligrosas
- Contaminación térmica
- Agentes tenso activos
- Partículas sólidas en suspensión
- Nutrientes en exceso: eutrofización
- Gérmenes patógenos
- Sustancias radioactivas

### 1.6 Conclusiones

- Se fundamenta la importante función de la **planta de tratamiento de aguas contaminadas con aceite** dentro de la Empresa Termoeléctrica Lidio Ramón Pérez que permita disminuir su impacto ambiental.
- La revisión bibliográfica nos orienta sobre principales contaminantes de las aguas, apreciándose que la causa fundamental esta en el vertimiento de residuales tanto por la sociedad como por la industria.
- No se encontraron antecedentes de estudios realizados en nuestra industria a las afectaciones producidas por el vertimiento de aceites y condensados con altas temperaturas al canal.



## CAPÍTULO II: PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LOS PARAMETROS DE LAS AGUAS VERTIDAS AL CANAL Y ESTADO TECNOLÓGICO DE LA ESTACIÓN DE TRATAMIENTOS DE RESIDUALES (OBJETO 036) DE LA ETE LIDIO RAMÓN PÉREZ.

### 2.1 INTRODUCCIÓN

El **tratamiento de aguas residuales** consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes presentes en el agua efluente del uso humano. El objetivo del tratamiento es producir agua limpia (o efluente tratado) o reutilizable en el ambiente y un residuo sólido o fango (también llamado biosólido o lodo) convenientes para su disposición o reuso. Es muy común llamarlo *depuración de aguas residuales* para distinguirlo del tratamiento de aguas potables.

### 2.2 Parámetros de trabajo de la planta de tratamiento de aguas contaminadas con aceites

Las *aguas residuales* son generadas por residencias, instituciones y locales comerciales e industriales. Éstas pueden ser tratadas dentro del sitio en el cual son generadas (por ejemplo: tanques sépticos u otros medios de depuración) o bien pueden ser recogidas y llevadas mediante una red de tuberías - y eventualmente bombas - a una planta de tratamiento municipal. Los esfuerzos para coleccionar y tratar las aguas residuales domésticas de la descarga están típicamente sujetos a regulaciones y estándares locales, estatales y federales (regulaciones y controles). A menudo ciertos contaminantes de origen industrial presentes en las aguas residuales requieren procesos de tratamiento especializado.

Típicamente, el tratamiento de aguas residuales comienza por la separación física inicial de sólidos grandes (basura) de la corriente de aguas domésticas o





industriales empleando un sistema de rejillas (mallas), aunque también pueden ser triturados esos materiales por equipo especial; posteriormente se aplica un desarenado (separación de sólidos pequeños muy densos como la arena) seguido de una sedimentación primaria (o tratamiento similar) que separe los sólidos suspendidos existentes en el agua residual. A continuación sigue la conversión progresiva de la materia biológica disuelta en una masa biológica sólida usando bacterias adecuadas, generalmente presentes en estas aguas. Una vez que la masa biológica es separada o removida (proceso llamado sedimentación secundaria), el agua tratada puede experimentar procesos adicionales (tratamiento terciario) como desinfección, filtración, etc. Este efluente final puede ser descargado o reintroducidos de vuelta a un cuerpo de agua natural (corriente, río o bahía) u otro ambiente (terreno superficial, subsuelo, etc.). Los sólidos biológicos segregados experimentan un tratamiento y neutralización adicional antes de la descarga o reutilización apropiada.

Las reiteradas puestas fuera de servicio de la estación se debieron en su mayoría a la caducidad del material filtrante ubicado en el filtro rociador, debido a la sobreexplotación por largo tiempo y alto grado de contaminación debido a defectos de diseño de la estación que no admite la carga de residuales que existe actualmente en la empresa con la incorporación de los motores Fuell-oil, teniendo de esta manera que aumentar la cantidad de residuales a tratar. Por esto juega un papel fundamental en funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas contaminadas con aceites el **filtro rociador** puesto que será el elemento que definirá los parámetros del agua que será vertida al canal luego del tratamiento. Otro aspecto a tener en cuenta es la temperatura de trabajo de los tanques equilibradores que es donde se recepcionan los residuales y condensados para su posterior tratamiento.



### 2.3 Especificaciones sobre la Zeolita

Se denomina zeolita (del griego, zein, 'hervir', y lithos, 'piedra'), a un gran conjunto de minerales que comprenden silicatos alumínicos hidratados de metales alcalinos y alcalinotérreos. La etimología de la palabra zeolita hace referencia a que estas rocas a cuando se calientan a altas temperaturas se hinchan y desprenden burbujas.

Estos minerales se manifiestan en vetas de rocas ígneas básicas, particularmente basalto. Los minerales poseen densidades específicas en el rango 1,9 a 2,8 y durezas entre 3 y 6. Las zeolitas son aluminosilicatos con cavidades de dimensiones moleculares de 8 a 10 angstrom. Contienen iones grandes y moléculas de agua con libertad de movimiento, para así poder permitir el intercambio iónico. Las zeolitas son utilizadas en procesos para ablandar el agua mediante un método de intercambio de iones llamado proceso zeolítico.

Las zeolitas, debido a sus poros altamente cristalinos, se consideran un tamiz molecular, pues sus cavidades son de dimensiones moleculares, de modo que al pasar las aguas duras, las moléculas más pequeñas se quedan y las más grandes siguen su curso, lo cual permite que salga un líquido más limpio, blando y cristalino.

Su estructura cristalina está formada por tetraedros que se reúnen dando lugar a una red tridimensional, en la que cada oxígeno es compartido por dos átomos de silicio, formando así parte de los minerales tectosilicatos. La zeolita tiene poros de dimensiones moleculares, por las cuales, pasa agua.

Las **zeolitas** son minerales secundarios originados por la acción lixiviante de aguas termales sobre feldespatos o feldespatoides. Es un mineral índice de zonas metamórficas de grado muy bajo, definiendo la llamada "facies zeolítica".



### **2.3.1 Uso de zeolita natural en tratamiento de aguas**

La zeolita natural es el mejor sistema de filtración natural que existe para tratamiento de agua. Ofrece un efecto superior al de la arena o al de los filtros de carbón, resultando en agua más pura con mejor productividad y requiriendo menos mantenimiento. La estructura altamente porosa de las zeolitas puede capturar partículas contaminantes de hasta 4 micras. Las zeolitas están cargadas negativamente de forma natural, por lo que pueden adsorber cationes, como metales pesados y amoníaco. También pueden absorber algunos contaminantes orgánicos y olores no deseados.

### **Tratamiento de aguas residuales y de efluentes**

Investigaciones en el campo del tratamiento de aguas residuales con el uso de zeolita, han llegado a las siguientes conclusiones:

- Rendimiento más alto hasta  $0.75\text{m}^3/\text{hr}/\text{m}^2$  comparado con  $0.15\text{m}^3/\text{hr}/\text{m}^2$  mientras se mantiene la calidad del agua (se mide la turbidez).
- De 3 a 5 veces más agua procesada entre ciclos de mantenimiento de residuos.
- Series de tratamiento hasta 50% más largas, hasta con carga máxima.
- La altura de la capa de un filtro de zeolita es un 35% del de un filtro de cuarzo.
- La zeolita reduce en un 30% la turbidez y la carga orgánica (segundo ciclo de filtración) respecto al 10% de la arena.

### **2.4 Especificaciones sobre el vertimiento de aguas residuales a la zona costera y aguas marinas**

En el problema de la contaminación, inciden diversos factores, siendo el más importante de ellos, el vertimiento directo e indirecto de residuales a la zona costera y aguas marinas. Desde el punto de vista legal, en el tema de la



contaminación de las aguas marinas, se pueden destacar varias regulaciones, según la NC 521: 2007.

Esta norma regula el vertimiento de todas las aguas residuales generadas por las actividades socio económicas a la zona costera y a las aguas marinas, y tiene como objetivo prevenir la contaminación de los ecosistemas marinos y marino costeros. Se aplica a todos los vertimientos de aguas residuales en los límites de la zona costera del territorio nacional y de las aguas marinas jurisdiccionales de la República de Cuba. Clasifica los cuerpos marinos en los límites del territorio nacional, de las aguas del mar territorial y de la zona económica de la República de Cuba teniendo en cuenta las características de los ecosistemas y el uso socio económico pretendido.

A los efectos de esta norma se considera como fuente contaminante a toda entidad responsable de la descarga o vertimiento que genere una carga contaminante superior (en al menos uno de los parámetros) a la indicada en la tabla 2.1, con independencia de que la carga generada sea reducida posteriormente mediante un sistema de tratamiento de residuales.

**Tabla 2.1: Límite de carga contaminante diaria para clasificar como fuente contaminante**

<b>Contaminante</b>	<b>Carga contaminante media diaria g/d</b>
pH *	Menor de 5,5 o Mayor de 9,0
Temperatura *	Superior a 40 °C
Sólidos Suspendidos Totales	3 520
Sólidos Sedimentables* (ml/L)	5
Aceites y Grasas	1 000
Hidrocarburos totales	250
DBO <sub>5</sub>	4 500
DQO	10 200

La carga contaminante media diaria se determina a partir de la caracterización de los residuales que genera la entidad, en días representativos de la actividad que realiza. En el caso de procesos con variaciones estacionales en las características



de los residuales, se determina a partir de la caracterización de los residuales en días representativos de las mayores concentraciones de los contaminantes, en los residuales.

En caso de que se demuestre que no resulta posible caracterizar a los residuales o determinar analíticamente algún parámetro específico, para determinar la carga contaminante y definir si se trata o no de una fuente contaminante, se podrán utilizar estimados de carga, previa autorización de la autoridad facultada o sus representaciones territoriales. Los residuales líquidos a verter a la zona costera y los cuerpos receptores marinos deberán cumplir con los límites máximos permisibles relacionados en la tabla 2.2

**Tabla 2.2: Límites máximos permisibles para las descargas de aguas residuales a la zona costera y a los cuerpos receptores marinos (Parámetros Básicos)**

		Clase del Cuerpo Receptor					
Parámetro	UM	A	B	C <sup>(2)</sup>	D	E	F
pH	U	5.5-9.0	NP	5.5-9.0	5.0-10.0	5.5-9.0	5.0-10.0
Temperatura (1)	°C	40	NP	40	40	40	40
Aceites y grasas	mg/l	15	NP	15-50	50	30	50
Hidrocarburos Totales	mg/l	5	NP	5-10	20	10	20
Materia Flotante	_____	Ausente	NP	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos Sedimentables	ml/l	5	NP	5-15	15	10	15
Sólidos Suspendidos Totales(3)	mg/l	30	NP	30-150	150	75	150
DBO <sub>5</sub>	mg/l	30	NP	30 -150	150	75	150
DQO	mg/l	75	NP	75 -300	300	190	300

A los efectos de esta norma los cuerpos receptores se clasificarán cualitativamente según su uso de la forma siguiente:

Clase A: Áreas marinas de zonas de conservación ecológica, o áreas protegidas.



Clase B: Áreas marinas dedicadas al baño y donde se realizan actividades recreativas en que las personas entran en contacto directo con el agua. Áreas marinas donde hay presencia de arrecifes coralinos.

Clase C: Áreas marinas donde se desarrolla la pesca.

Clase D: Áreas marinas cuyas aguas se toman para uso industrial como en la generación de energía.

Clase E: Áreas marinas en bahías donde se desarrolle la actividad marítimo - portuaria.

Clase F: Áreas marinas para la navegación y otros usos.

La clasificación se llevará a cabo de acuerdo al uso del cuerpo receptor, pero tomando en cuenta los valores económicos, sociales y naturales de las áreas consideradas. El cuerpo receptor según nuestro tema de investigación es la bahía en la que está ubicada nuestra empresa. La misma contaba con clasificación de **clase B** por lo que la planta de tratamiento a instalar cumplía con los requisitos para su funcionamiento ya que el máximo contenido de aceite a la salida era de 50 mg/l en operación normal, recientemente al darle la clasificación de **clase A** el máximo contenido de aceite en el vertimiento de las aguas residuales debe ser de 15 mg/l. lo que hace más necesario la realización de nuestra investigación.

## **2.5 Flujo tecnológico de la planta de tratamiento de aguas contaminadas con aceites. (Objeto 036)**

Para el comienzo se aprovecha la altura del puente de tuberías. Los tanques situados unos tras otro se utilizan como vasos comunicantes. Todos los condensados que se traen por el puente de tuberías desembocan a una línea común (OUL80). Estos vienen desde Primer impulso, Segundo impulso, Caldera auxiliar y de las líneas de acompañamiento a las líneas de petróleo.

Todos los achiques que se traen por el puente de tuberías desembocan a una línea común (OUL88), en los períodos de agua lluvia una cantidad mayor de la



misma rebosarán al tanque de acumulación de aguas pluviales (Cisterna) contaminadas con aceite de este pasan por la línea OUL 89 al foso de aguas pluviales. De este foso succionan las bombas OUL 88 D901 y OUL 88 D011 y descargan a la tubería OUL 88 antes mencionadas. De aquí a través de un diafragma de estrangulación se interconecta dicha agua de lluvia con los condensados de la línea OUL 80 y por esta van a los tanques de equilibrio de temperatura. Estos tanques para el equilibrio de temperaturas pueden trabajar uno en servicio y el otro en reserva a la máxima potencia pero en caso de un aumento excesivo de la cantidad de aguas contaminadas trabajan los dos a la vez y el agua que llega a ellos pasa a través de los diafragmas de limitación. Las impurezas más pesadas que contiene el agua sedimentan hacia el fondo y van hacia el tanque para sedimentos pesados. La decantación de los tanques para el equilibrio de temperatura se realiza a través de dos válvulas que tienen cercanas a las canalitas estos tanques. En los tanques de equilibrio de las temperaturas se mantiene el agua entre 70 y 80 °C mediante el regulador de temperatura instalado en el tanque.

El agua residual precalentada en los tanques anteriores va hacia los separadores por gravedad. Las materias más pesadas que el agua (fango) van hacia el fondo, las más ligeras (aceites y petróleos) hacia la superficie y en el medio se mantiene el agua residual. Los separadores por gravedad trabajan bajo el principio de las densidades diferentes del agua y de las materias del petróleo. La instalación interna de los separadores orienta el líquido que fluye con movimiento laminar uniforme por medio de un sistema interior especial hecho de chapas onduladas lo que influye positivamente en el proceso de separación de las aguas contaminadas. Los sedimentos de la parte inferior van por una línea común OUL 82 hacia el tanque para sedimento pesados al cual le entra por debajo mediante la línea OUL 85. Los productos separados de la superficie (sedimentos ligeros) van hacia el tanque para sedimentos ligeros al cual le entran por debajo mediante la línea OUL 82. El agua residual continúa desde estos separadores gravitacionales



a través de una línea que sale por la parte superior de los mismos desde la mitad hacia el foso colector por la línea OUL 80.

De ahí el agua va hacia el filtro de rociado, haciendo pasar el agua por la línea OUL 87 al rociador giratorio que rota y riega la superficie del filtro, llenado con la Zeolita como medio filtrante. El giro de los brazos del girador es producido por la fuerza reactiva que los hace mover, pasándola a través de la zeolita hasta un foso colector (OUL 80 B003), y de ahí sigue para el canal de residuos hacia el mar.

Desde el tanque para sedimentos pesados y sedimentos ligeros el fluido se bombea a través de dos bombas, una succiona del tanque para sedimentos ligeros y la segunda desde el tanque para sedimentos pesados. El fluido puede ser bombeado en el caso de una calidad inadecuada hacia un ramal de la línea OPE 41 para el llenado de los carros cisternas que puede ser llevado a una refinería o botado. En caso de que el contenido fundamental sea agua puede ser drenado hacia el piso de hormigón, el cual tiene una inclinación que permite que el agua vaya al foso de aguas pluviales, y por la línea OPE 41 van hacia los tanques de petróleo en dependencia de los resultados de los análisis químicos.

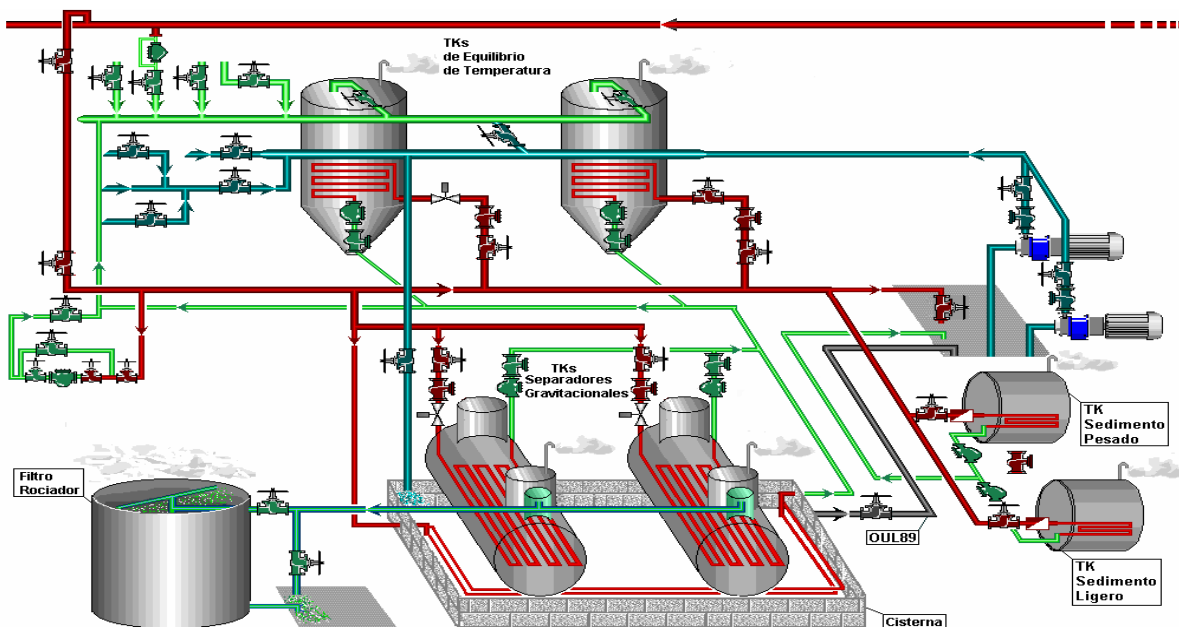


Figura 2.1: Monolineal de la estación de tratamiento de residuales (Objeto 036)





### 2.5.1 Componentes del Objeto 036

#### Tanques equilibradores de temperatura

Estos equipos son los encargados de equilibrar la temperatura y la separación de los sedimentos más pesados del agua.

Nomenclatura	OUL80B001 y OUL81B001
Temperatura de trabajo	70 °C a 80 °C
Capacidad	10 m <sup>3</sup>
Superficie de calentamiento	12,0 m <sup>2</sup>
Altura	4,25 m
Diámetro	2,5 m

#### Separadores gravitacionales

Estos equipos son los encargados de la separación del petróleo combustible y las materias del mismo (sedimentos más pesados y los más ligeros que el agua)

Nomenclatura	OUL80B002 y OUL83B001
Diámetro	2,0 m
Flujo	10 l/seg

#### Tanques para el aceite separado (sedimentos pesados y sedimentos ligeros)

Estos equipos son los encargados de almacenar los sedimentos pesados y ligeros separados de las aguas contaminadas con aceite.

Los parámetros de trabajo se relacionan en la tabla 2.5 que se muestra a continuación.



Nomenclatura OUL85B001 tanque para sedimento pesado

OUL82B001 tanque para sedimento ligero

Diámetro 2,0 m

Longitud 2,92 m

### **Filtro Rociador**

Es el encargado del último filtrado del agua a través de un equipo mecánico del propio filtro que sirve para el rociado regular de la superficie de filtración para verterla al canal.

Nomenclatura OUL87B001

Diámetro del brazo giratorio 6,0 m

### **Bombas de evacuación de las aguas pluviales**

Son las encargadas de achicar las aguas pluviales e incorporarlas a los tanques equilibradores de temperaturas para su proceso.

Nomenclatura OUL88D001 y OUL88D011

Flujo 3,1l/seg

Voltaje 380 V

Frecuencia 60 Hz

### **Bombas de sedimentos**

Son las encargadas de bombear los sedimentos pesados y ligeros a los tanques de almacenamiento de petróleo y a los carros cisterna.

Nomenclatura OUL77D001 y OUL77D011

Flujo 5,3l/seg

Presión de descarga 0,6mpa



---

Voltaje	380 V
Frecuencia	60 Hz

### 2.6 Métodos e instrumentos utilizados en las mediciones de los parámetros del proceso de tratamiento a las aguas contaminadas con aceites

Las mediciones se realizaron de forma directa mediante instrumentos de medición específicos para el caso de las mediciones de temperatura los flujos de condensado provenientes de las estaciones de petróleo primer impulso y segundo impulso se determino por método indirecto a través del cálculo de la magnitud de forma teórica así mismo fue determinado el flujo de los pluviales que recibe la estación provenientes de los fosos y aéreas aledañas a los tanques de almacenamiento de combustible.

#### Termopoint

**Mini termómetro IR 62** de la marca **FLUKE** que trabaja mediante la emisión de laser clase II con una longitud de onda de **630 – 670 nm** y una potencia del rayo de **1mW**.



**Figura 2.2** Mini termómetro IR 62



## **2.7 Procedimiento para la ejecución de las mediciones**

Se trazó como primera línea de trabajo, la elaboración de un diagnóstico de la situación existente, a partir de la identificación de las fuentes suministradoras de los condensados, pluviales y aguas residuales que llegan a la planta. Estos elementos, ofrecen información necesaria para determinar las medidas de solución que sean aplicables; en caso necesario. En el tratamiento de las muestras obtenidas para el estudio tuvimos el apoyo del centro de investigaciones del níquel, Capitán Alberto Fernández Montes de Oca. Ubicado en la carretera Yagrumaje, Km 7 Moa, Holguín mediante la coordinación del taller químico de la ETE.

### **2.7.1. Mediciones de temperatura**

La centrales térmicas necesitan refrigeración ya que no convierte toda la energía química en electricidad (solo entre un 20-60%) y el resto en calor. El agua es un buen medio para disipar el calor, es accesible y tiene una gran inercia térmica. El exceso de temperatura en las aguas tiende a concentrar las sales de las mismas además de que afecta a los animales que habitan en ellas.

Las mediciones de temperaturas se realizaron en diferentes puntos del canal de salida y en las aéreas de vertimiento de condensado que van a parar al mismo. Se tuvo en cuenta el horario del día en que se realizaron tomando tres horarios fundamentales para tener en cuenta el calentamiento producido por el sol, horarios de mañana, tarde y noche. También se tuvo en cuenta la temperatura ambiente y la humedad relativa. Siempre se realizaron con las unidades en servicio (al menos una de ellas). La etapa del año en que se realizaron fue en los meses de agosto, septiembre y octubre como se muestran en las tablas 2.9, 2.10 y 2.11

**Tabla 2.3: Muestra de la medición de temperatura mes de Agosto en °C**

Puntos de medición	Mañana 27°C			Tarde 32°C			Noche 29°C		
Filtro rociador	46	45	46	46	46	47	46	45	45
Cisterna	27	28	28	30	31	30	28	29	29
Vertimiento al canal	34	34	35	38	39	39	36	36	36
Canal de salida pto 1	37	37	36	38	39	39	37	36	36
Canal de salida pto 2	36	36	36	37	38	38	36	35	35
Canal de salida pto 3	36	36	36	38	37	38	36	37	37

**Tabla 2.4: Muestra de la medición de temperatura mes de Septiembre en °C**

Puntos de medición	Mañana 27°C			Tarde 32°C			Noche 29°C		
Filtro rociador	45	45	44	46	45	46	44	44	45
Cisterna	27	26	27	45	45	46	28	28	29
Vertimiento al canal	34	33	34	37	37	38	35	36	35
Canal de salida pto 1	35	35	36	38	37	37	37	35	35
Canal de salida pto 2	34	34	35	36	37	36	35	35	36
Canal de salida pto 3	36	35	35	37	37	36	36	35	36

**Tabla 2.5: Muestra de la medición de temperatura mes de Octubre en °C**

Puntos de medición	Mañana 27°C			Tarde 32°C			Noche 29°C		
Filtro rociador	46	45	46	46	46	47	46	45	45
Cisterna	27	29	28	30	31	30	28	29	29
Vertimiento al canal	34	34	35	38	39	39	37	36	36
Canal de salida (pto 1)	37	37	36	38	38	39	37	36	36
Canal de salida (pto 2)	36	36	35	37	38	38	36	35	35
Canal de salida (pto 3)	36	35	36	38	37	38	36	36	37



Los puntos de medición referentes al canal de salida están referidos a:

- a) Pto 1 descarga de las bombas de circulación después del sifón
- b) Pto 2 punto intermedio del canal de salida
- c) Pto 3 salida del canal al estero

### **2.7.2 Determinación del grado de contaminación de las aguas residuales**

Para el estudio de la muestra de aguas residuales y otras aguas, las muestras fueron recogidas y enviadas al laboratorio del centro de investigación del níquel capitán Alberto Fernández Motes de Oca, en el cual fueron determinados los valores de los parámetros necesarios para la realización del estudio base de este proyecto, debido a la imposibilidad de realizarlo en nuestra Empresa Termoeléctrica por no contar con el instrumental y la técnica necesaria en el laboratorio químico de nuestra entidad. Los meses escogidos para el estudio agosto , septiembre y octubre se escogieron indistintamente para que no coincidieran netamente con una estación del año de forma marcada, de esta forma minimizamos el efecto de calentamiento de las aguas por las elevadas temperaturas del verano. Las mediciones corresponden a tiempos de funcionamiento de forma inestable del la planta de tratamiento de aguas residuales ya que en estos meses el tiempo de funcionamiento fue bastante limitado. Las muestras se seleccionaron de los puntos seleccionados para el estudio según se explico anteriormente para las mediciones de las temperaturas.

A continuación se muestran los parámetros y los valores obtenidos por los diferentes métodos.



**Tabla 2.6: Determinación del PH en aguas residuales y canal en los meses de agosto, septiembre y octubre**

Lugar de obtención de la muestra	PH	PH	PH
	Agosto	Septiembre	Octubre
Canal de salida pto 1	8.119	8.017	8.175
Canal de salida pto 2	8.025	8.022	8.171
Canal de salida pto 3	8.171	8.177	8.187
Cisterna de neutralización	8.425	6.112	7.011

En esta tabla se tienen los resultados de las mediciones de valores del PH en los puntos seleccionados y según la metodología explicada. En párrafos anteriores para la caracterización general de las aguas que son vertidas al canal.

**Tabla 2.7: Determinación de los elementos metálicos en muestra de aguas residuales y canal en el mes de Agosto**

Lugar de obtención de la muestra	Cu mg/l	Fe mg/l	Ni mg/l	Zn mg/l	Pb mg/l	Cr mg/l
Canal de salida pto 1	0	0.151	0.459	0.007	0.009	0
Canal de salida pto 2	0	0.067	0.440	0.003	0.004	0
Canal de salida pto 3	0	0.067	0.419	0.004	0.007	0
Cisterna de neutralización	0	0.044	0.049	0	0	0

Los elementos metálicos constituyen una fuente importante de contaminación de los lechos marinos ya que estos aumentan la dureza de las aguas y dificulta la vida de determinadas especies del mundo acuático. La muestra se desglosa



según el comportamiento en los meses de estudio que seleccionamos, recogidos a partir de las tablas 2.7 a la 2.9.

**Tabla 2.8: Determinación de los elementos metálicos en muestra de aguas residuales y canal en el mes de septiembre**

Lugar de obtención de la muestra	Cu mg/l	Fe mg/l	Ni mg/l	Zn mg/l	Pb mg/l	Cr mg/l
<b>Canal de salida pto 1</b>	0	0.017	0.055	0	0	0.054
<b>Canal de salida pto 2</b>	0	0.065	0.042	0.002	0.006	0
<b>Canal de salida pto 3</b>	0	0.068	0.044	0.001	0.002	0
Cisterna de neutralización	0.039	0.279	0.894	0.400	0	0

**Tabla 2.9: Determinación de los elementos metálicos en muestra de aguas residuales y canal en el mes de octubre**

Lugar de obtención de la muestra	Cu mg/l	Fe mg/l	Ni mg/l	Zn mg/l	Pb mg/l	Cr mg/l
<b>Canal de salida pto 1</b>	0	0.014	0.050	0	0	0.042
<b>Canal de salida pto 2</b>	0	0.060	0.046	0.007	0.003	0
<b>Canal de salida pto 3</b>	0	0.070	0.048	0.009	0.005	0
Cisterna de neutralización	0.040	0.148	0.049	0.109	0	0.0046





**Tabla 2.10: Determinación de presencia de sólidos y aceites y grasas en aguas residuales y del canal en el mes de agosto**

Lugar de obtención de la muestra	ST	SD	SS	S.SED	AyG
<b>Canal de salida pto 1</b>	47012	39644	21	1	132
<b>Canal de salida pto 2</b>	51356	39184	17	1	60
<b>Canal de salida pto 3</b>	48024	40112	20	1	127
Cisterna de neutralización	346	336	11	0	0

**Tabla 2.11: Determinación de presencia de sólidos y aceites y grasas en aguas residuales y del canal en el mes de septiembre**

Lugar de obtención de la muestra	ST	SD	SS	S.SED	AyG
<b>Canal de salida pto 1</b>	47020	39635	18	1	135
<b>Canal de salida pto 2</b>	51350	39188	21	1	60
<b>Canal de salida pto 3</b>	48020	40116	23	1	127
Cisterna de neutralización	2828	2722	34	1	216



**Tabla 2.12: Determinación de presencia de sólidos y aceites y grasas en aguas residuales y del canal en el mes de octubre**

Lugar de obtención de la muestra	ST	SD	SS	S.SED	AyG
<b>Canal de salida pto 1</b>	47020	39640	16	1	135
<b>Canal de salida pto 2</b>	51350	39188	25	1	60
<b>Canal de salida pto 3</b>	48020	4016	30	1	132
Cisterna de neutralización	5806	5686	30	1	364

Sin duda alguna la contaminación más visible es producida por la presencia de elementos en suspensión, sedimentados y el contenido de aceites y grasas en las aguas, esto es sin duda alguna a lo que más atención se le presta desde el punto de vista de la observación en la evaluación de un lecho marino. En las tablas 2.10 a la 2.12 se plasman los resultados de las mediciones realizadas en general para cada mes de estudio.

Para la realización de este trabajo nos fue imposible conocer el grado de contaminación de la zeolita contenida en el filtro así como su tiempo de trabajo para poder relacionar los aspectos técnicos desde el punto de vista de las deficiencias con los aspectos medioambientales.



### **Conclusiones:**

- Se realizaron mediciones en los puntos de vertimientos de residuales y condensados tratados en nuestra planta, concretamente en el canal de salida para conocer en qué medida se afecta el lecho marino de la bahía.
- Se estableció el procesamiento experimental de las mediciones conociéndose su valor medio, desviación estándar y error de la medición como método de estandarización de las mismas.
- Se estableció la metodología para la recopilación de las muestras de forma tal que se recogieran las mismas en los lugares donde se concentran los desechos que son vertidos al canal luego de ser tratados previamente según el procedimiento de la entidad.



## CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS, VALORACION ECONOMICA E IMPACTO AMBIENTAL DE LA INVESTIGACIÓN

### 3.1 Introducción

En una época donde el mundo está al borde de una crisis energética sin precedente, donde la demanda de energía eléctrica no deja de crecer, el cambio climático y los daños en la capa de ozono, así como la contaminación del lecho marino y las bahías producto al aumento de la temperatura de las aguas y presencia de otros contaminantes químicos conlleva a una enorme crisis mundial, las centrales termoeléctricas se ven obligadas a generar más electricidad de manera más eficiente y al mismo tiempo proteger el frágil entorno.

Encontrar alternativas que den solución a problemas tan complejos requiere de métodos racionales y de un análisis integral que enfoquen la solución desde el punto de vista técnico-económico y ambiental. Que permitan un desarrollo sostenible del país y la economía con la responsabilidad de tener día a día producciones más limpias. De ahí el **objetivo** de este capítulo es:

Analizar los resultados de las mediciones realizadas a la planta en la salida del agua residual después de tratada y valorar el impacto medioambiental que produce el vertimiento de los residuales y aguas contaminadas con aceites consecuencias del proceso de generación de electricidad en la Empresa Termoeléctrica “Lidio Ramón Pérez” de Felton.

### 3.2 Análisis de los valores del PH para las aguas residuales tratadas

Para el tener referencia acerca de la influencia del PH en nuestro cuerpo receptor se tuvo en cuenta los valores patrones según la clasificación de los cuerpos receptores según la norma cubana citada en el capítulo 2. La porción de tabla ubicada encima de los resultados obtenidos en este estudio corresponde a las clasificaciones según acabamos de explicar.

En la tabla 3.1 se muestran los resultados comparativos de las mediciones del PH máximo permisible con el obtenido como resultado de los experimentos realizados

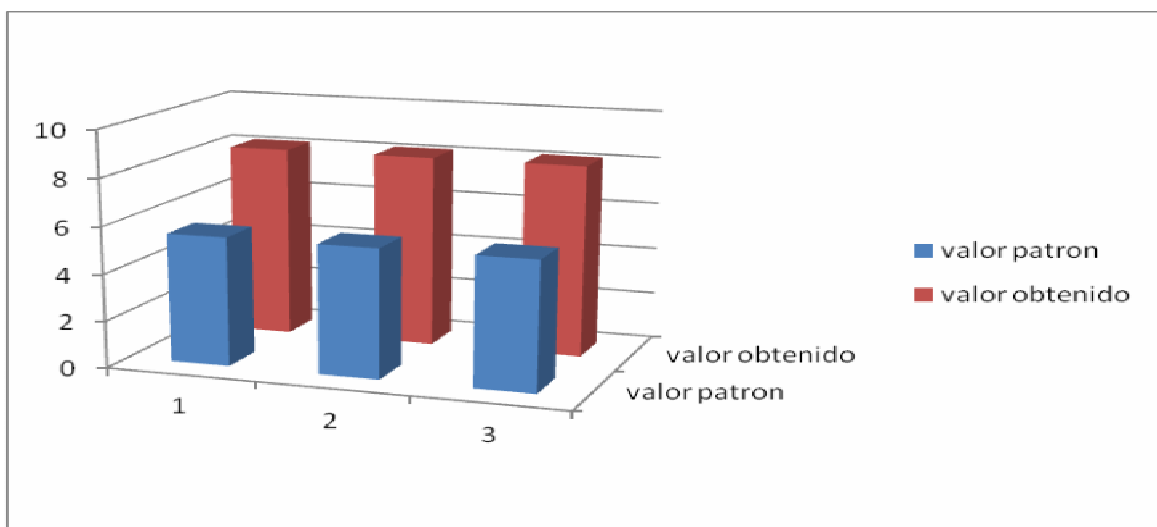


con las muestras extraídas en los diferentes puntos según la selección explicada en el capítulo anterior mediante la metodología establecida.

**Tabla 3.1: Resultados comparativos de las mediciones del PH**

Parámetro	UM	A	B	C <sup>(2)</sup>	D	E	F
pH	U	5.5-9.0	-	5.5-9.0	5.0-10.0	5.5-9.0	5.0-10.0
				<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Octubre</b>	
<b>Canal de salida pto 1</b>				8.119	8.017	8.175	
<b>Canal de salida pto 2</b>				8.025	8.022	8.171	
<b>Canal de salida pto 3</b>				8.171	8.177	8.187	
<b>Cisterna de neutralización</b>				8.425	6.112	7.011	
<b>Promedio</b>				<b>8.185</b>	<b>7.567</b>	<b>7.886</b>	

Según criterio de comparación los valores medios obtenidos en cada mes en los puntos seleccionados muestran claramente que se encuentran dentro del rango de los valores máximos permisibles para la clasificación más exigente (**CLASE A**) que es la que debe obtener nuestra bahía en un futuro cercano. Evidenciando un seguro y responsable manejo de los residuales en ese aspecto, también puede corroborarse en la muestra grafica. Donde se ofrece una información desde el punto de vista visual más clara para este parámetro en cuestión.



**Figura 3.1: Comparación de las mediciones del PH**



El PH suele ser uno de los parámetros que más se controlan en los vertimientos de cualquier residual a nivel mundial, de ahí la importancia que tiene el control del mismo. No debe realizarse el vertimiento de ningún líquido sin hacerle el control del PH debido a los serios daños que puede causar al medio receptor.

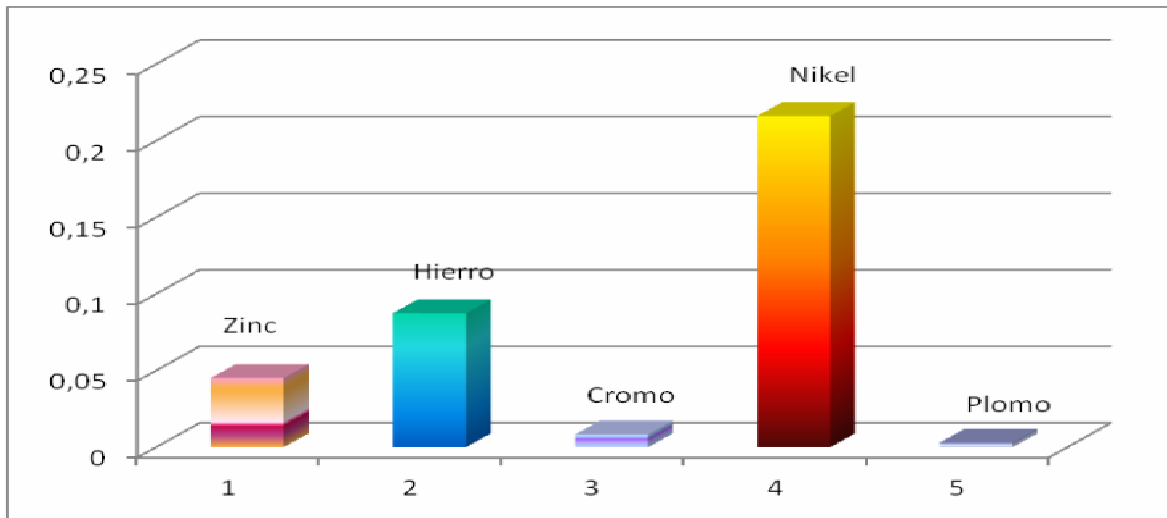
### 3.3 Análisis de los elementos sólidos presentes en las aguas residuales tratadas

En la tabla 3.2 se muestran los resultados comparativos de las mediciones de los elementos metálicos presentes en las aguas vertidas al canal en los puntos estudiados en los meses correspondientes. Como puede observarse el valor más significativo corresponde al níquel con el promedio más alto de todos **0.21625 mg/l**. Según la norma cubana de clasificación que hemos tenido en cuenta para la realización de nuestro estudio está acorde con la categoría de A.

**Tabla 3.2 Resultados comparativos de las muestras de elementos metálicos presentes en las aguas vertidas.**

Mes	Cu mg/l	Fe mg/l	Ni mg/l	Zn mg/l	Pb mg/l	Cr mg/l
Agosto	0	0.08225	0.34175	0.0035	0.005	0
Septiembre	0	0.10725	0.25875	0.10075	0.002	0.0135
Octubre	0	0.073	0.04825	0.03125	0.002	0.01165
Promedios	0	<b>0.0875</b>	<b>0.21625</b>	<b>0.04516667</b>	<b>0.003</b>	<b>0.00838333</b>

La información puede ser apreciada con mayor claridad y de forma comparativa en el gráfico de la figuras **3.2** donde se muestra de forma general la diferencia que existe entre los niveles de elementos metálicos que se encuentran recogidos en la tabla anterior para los valores medios de todos los elementos metálicos presentes en el agua del canal producto a los vertimientos de nuestra empresa.



**Figura 3.2: Muestra comparativa de los valores medios generales de los elementos metálicos**

Para el estudio comparativo de los sólidos sedimentables vistos de manera general para el estudio se tuvieron en cuenta también los valores tomados como patrón de acuerdo a la norma cubana de clasificación de las bahías según resumen de la tabla 2.2 del capítulo 2. Con la observación de que la clasificación actual de nuestra bahía es de B pero para el futuro cercano debe cambiar a categoría A.

En la tabla 3.3 se tienen los valores medios de los resultados obtenidos para las mediciones realizadas en nuestro estudio de acuerdo con el procedimiento explicado anteriormente.

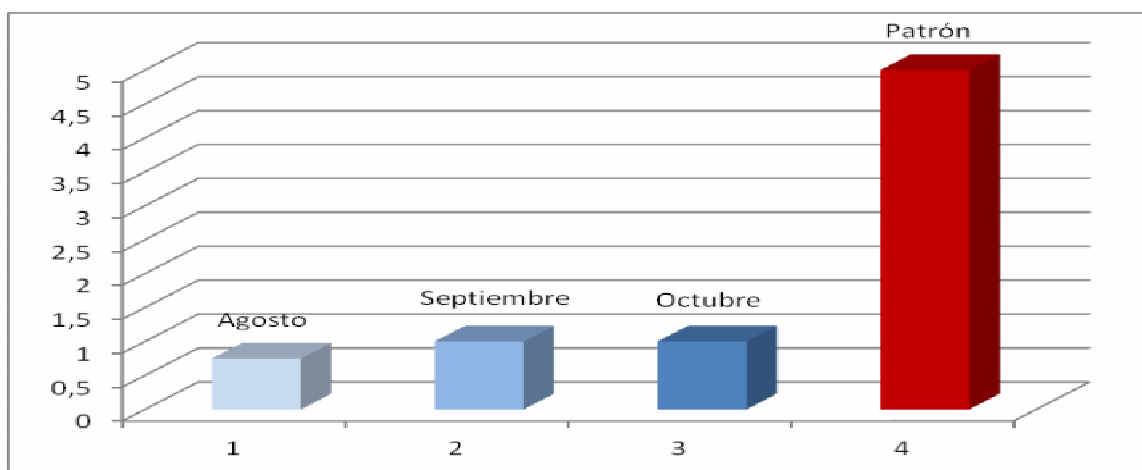
**Tabla 3.3 Resultados comparativos de los sólidos sedimentables**

Parámetro	UM	A	B	C(2)	D	E	F
Sólidos Sedimentables	ml/l	5	-	5-15	15	10	15

	Agosto	Septiembre	Octubre
Canal de salida pto 1	1	1	1
Canal de salida pto 2	1	1	1
Canal de salida pto 3	1	1	1
Cisterna de neutralización	0	1	1
<b>Promedio</b>	<b>0.75</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

Como puede observarse el valor promedio de forma general está cercano a 1 ml evidenciándose que el resultado del proceso de tratamiento es muy bueno para este aspecto de estudio. De acuerdo con la norma que tenemos como estándar para el estudio la clasificación que le corresponde es A estando por debajo de forma significativa puesto que el valor para A es de 5 ml. En el gráfico de la figura 3.8 puede corroborarse la información con más claridad.



**Figura 3.3: Muestra comparativa de los valores medios generales de los sólidos sedimentables presentes en la aguas producto a los vertimientos de la Empresa Termoeléctrica Lidio Ramón Pérez**

Los valores medios de las mediciones para los Sólidos suspendidos presentes en las aguas del canal según los resultados obtenidos en nuestro estudio se pueden apreciar en la tabla 3.4 comparándose con el patrón según la norma especificada anteriormente mostrada seguidamente.

**Tabla 3.4: Resultados comparativos de los sólidos suspendidos**

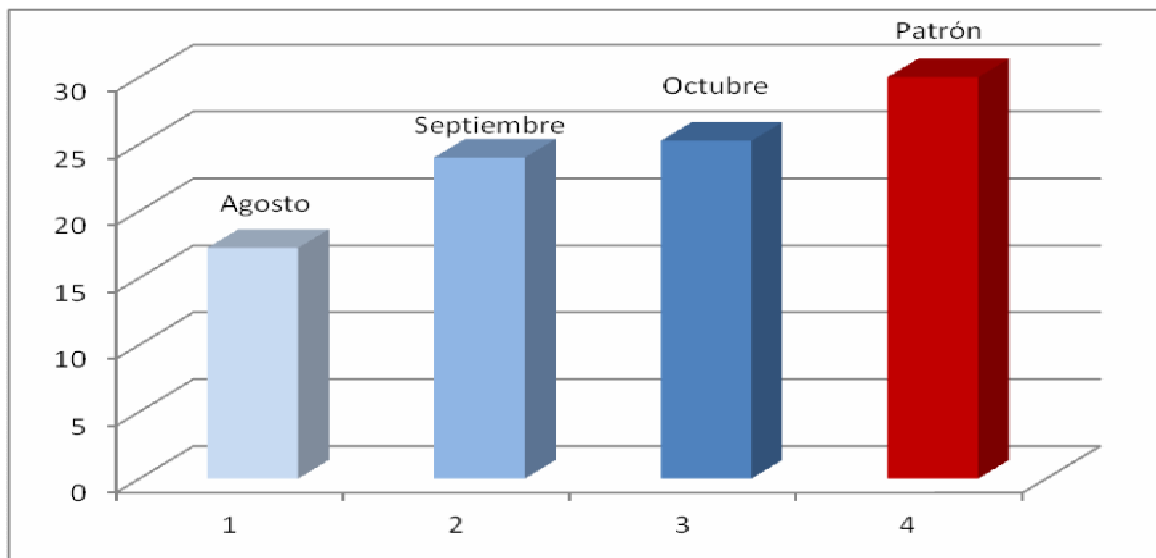
		Clase del Cuerpo Receptor					
Parámetro	UM	A	B	C(2)	D	E	F
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	30	NP	30-150	150	75	150
		Agosto	Septiembre	Octubre			
Canal de salida pto 1		21	18	16			
Canal de salida pto 2		17	21	25			





Canal de salida pto 3	20	23	30
Cisterna de neutralización	11	34	30
<b>Promedio</b>	<b>17.25</b>	<b>24</b>	<b>25.25</b>

Puede verse claramente que los valores obtenidos como resultado no exceden al valor de máxima categoría de clasificación del lecho receptor es decir **Clase A** estando el promedio más alto en **25.5** de **30** que es el valor más exigente.



**Figura 3.4:** Muestra comparativa de los valores medios generales de los sólidos suspendidos presentes en la aguas producto a los vertimientos de la empresa Lidio Ramón Pérez

### 3.4 Análisis de la presencia de aceites y grasas en las aguas residuales tratadas

Los estándares según la norma que hemos seguido como guía de nuestro estudio para la presencia de aceites y grasas en los lechos receptores se muestran a continuación en el resumen de la misma según la clasificación del cuerpo receptor en cuestión.



Tabla 3.5: Resultados comparativos de presencia de aceites y grasas

Parámetro	UM	Clase del Cuerpo Receptor					
		A	B	C(2)	D	E	F
Aceites y grasas	mg/l	15	NP	15-50	50	30	50

	Agosto	Septiembre	Octubre
Canal de salida pto 1	132	135	135
Canal de salida pto 2	60	60	60
Canal de salida pto 3	127	127	132
Cisterna de neutralización	0	216	364
<b>Promedio</b>	<b>79.75</b>	<b>134.5</b>	<b>172.75</b>

Los valores obtenidos en nuestro estudio se muestran de manera resumen en la tabla 3.8 atendiendo al resultado de los promedios en los meses escogidos y siguiendo la metodología que se explicó en el capítulo anterior. Puede observarse claramente que este factor afecta en gran medida la calidad del lecho receptor, objetivamente nuestra bahía hablando de forma más global en términos medioambientales.

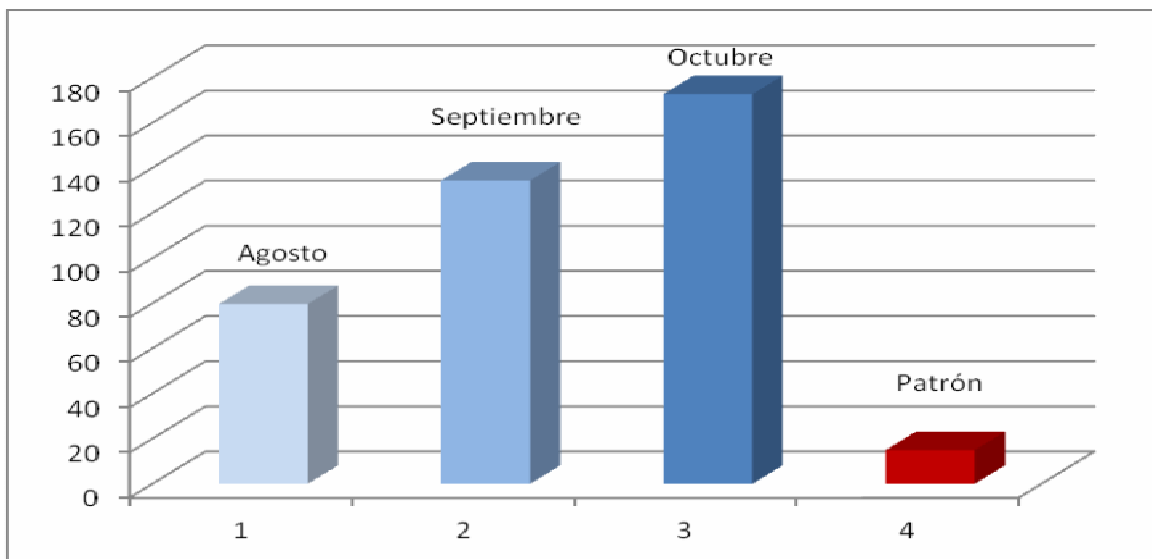


Figura 3.5: Muestra comparativa de los valores medios generales de la presencia de aceites y grasas en la aguas producto a los vertimientos de la Empresa Termoeléctrica Lidio Ramón Pérez



Comparativamente hablando se tiene como patrón que el valor para la clasificación más exigente es de 15 mg/l y en nuestro estudio el valor más pequeño esta en 79.75 mg/l excesivamente por encima de acuerdo a las aspiraciones en el futuro no muy lejano. El grafico de la figura 3.5 que se muestra a continuación corrobora la información explicada, mostrándose las diferencias que existen de acuerdo con cada clasificación en cuanto a porcentos por encima tomando como referente de nuestro estudio el valor de todos los obtenidos.

**Tabla 3.6: Resultados comparativos de presencia de aceites y grasas de forma porcentual**

Parámetro	UM	A	C(2)	D	E	F
Aceites y grasas	mg/l	15	15-50	50	30	50
Valor min. de estudio	79.75	<b>81.2%</b>	<b>37.3%</b>	<b>37.3%</b>	<b>62.4%</b>	<b>37.3%</b>

Por mucho podemos expresar que este es el factor que más afecta negativamente la calidad de nuestro lecho receptor quedando en evidencia el deficiente tratamiento a las aguas contaminadas con aceites. Evidentemente la causa directa es el vertimiento al canal de las mismas sin ser tratadas en la planta de tratamiento (OBJETO 036) principal objeto de nuestro estudio por el protagonismo determinante que tiene en este aspecto, el defecto está debido al deficiente funcionamiento de uno de sus elementos, (**El filtro rociador**), dado por el agotamiento de las propiedades del material filtrante que contiene el mismo es decir la zeolita.

En los meses de estudio ocurrieron paradas de forma sistemática de la planta de tratamiento de las aguas contaminadas con aceites en su mayoría debidas a defectos en el filtro rociador impidiendo el correcto tratamiento de las aguas que llegan a la misma.



### 3.5 Análisis de la influencia de la temperatura en las aguas residuales tratadas

La temperatura es el factor más difícil de llevar en este estudio debido a la influencia que tiene la misma en el efecto ambiental, dígase temperatura ambiente y humedad relativa por eso se siguió una metodología diferente a los demás factores estudiados siguiéndose las mediciones en tres horarios como se explicó en la metodología correspondiente en el capítulo 2 .

**Tabla 3.7 Resultados comparativos de los valores de temperatura.**

		Clase del Cuerpo Receptor					
Parámetro	UM	A	B	C(2)	D	E	F
Temperatura	°C	40	NP	40	40	40	40

	Agosto			Septiembre			Octubre		
	M	T	N	M	T	N	M	T	N
Filtro rociador	46	46	45	45	46	44	46	46	45
Cisterna	28	30	29	27	45	28	28	30	27
Vertimiento al canal	34	39	36	34	37	35	34	39	36
Canal de salida pto 1	37	39	36	35	37	36	37	38	36
Canal de salida pto 2	36	38	35	34	36	35	36	38	35
Canal de salida pto 3	36	38	37	35	37	36	36	38	36
Promedio	<b>36</b>	<b>38</b>	<b>36</b>	<b>35</b>	<b>40</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>38</b>	<b>36</b>

La tabla 3.7 muestra los valores medios de cada horario en cada uno de los meses correspondientes al estudio de forma comparativa de acuerdo con el estándar para la máxima clasificación de acuerdo a la norma que hemos seguido durante el estudio.

De acuerdo a la comparación establecida se puede ver que en el filtro rociador es donde se encontraron los valores de temperatura más elevados pero individualmente no afecta la temperatura del cauce luego que las aguas se enfrían al ser vertidas al canal donde el valor más elevado está en 39°C pero en los puntos de salida se encuentran alrededor de los 36 °C a 38 °C.

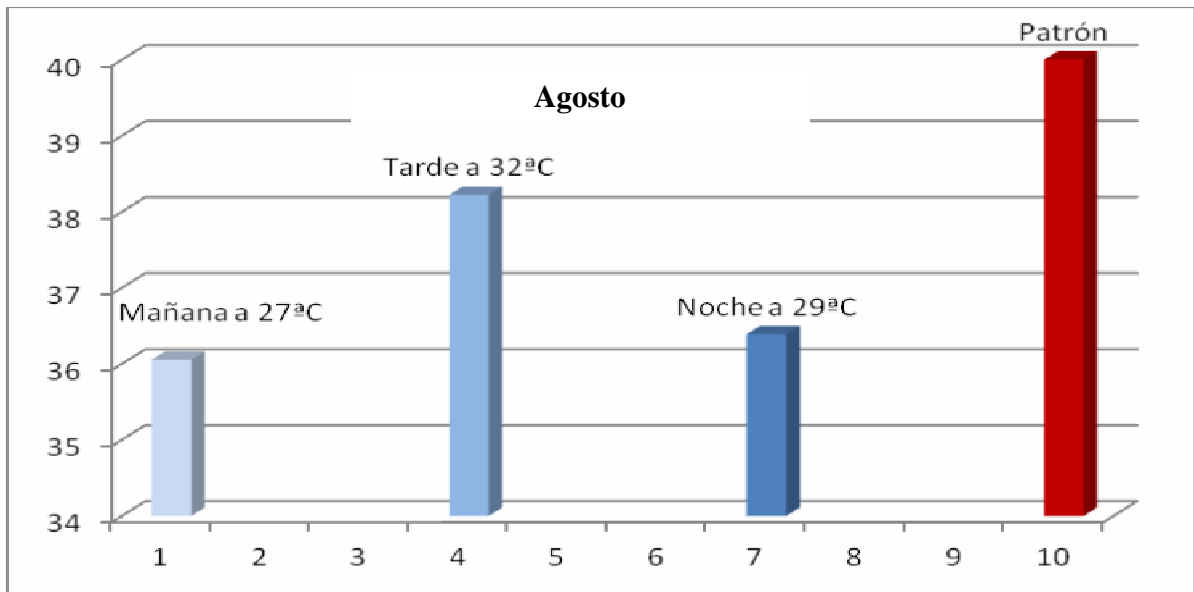


Figura 3.6: Muestra comparativa de los valores medios generales de las mediciones de temperaturas de las aguas vertidas al canal en la Empresa Termoeléctrica Lidio Ramón Pérez mes de agosto

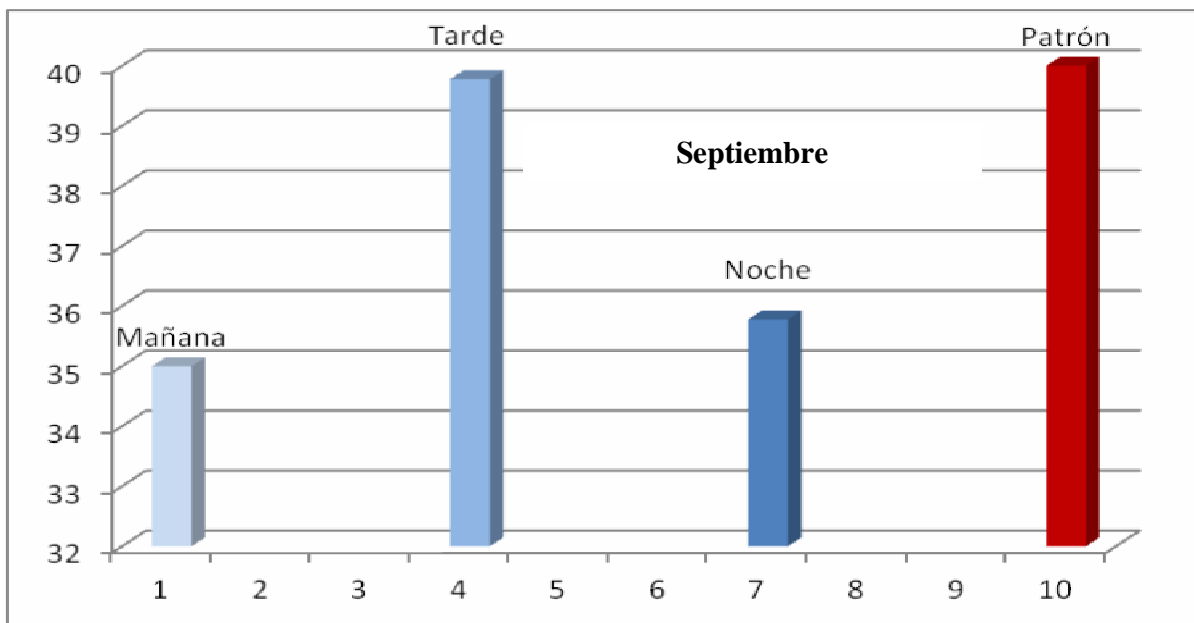
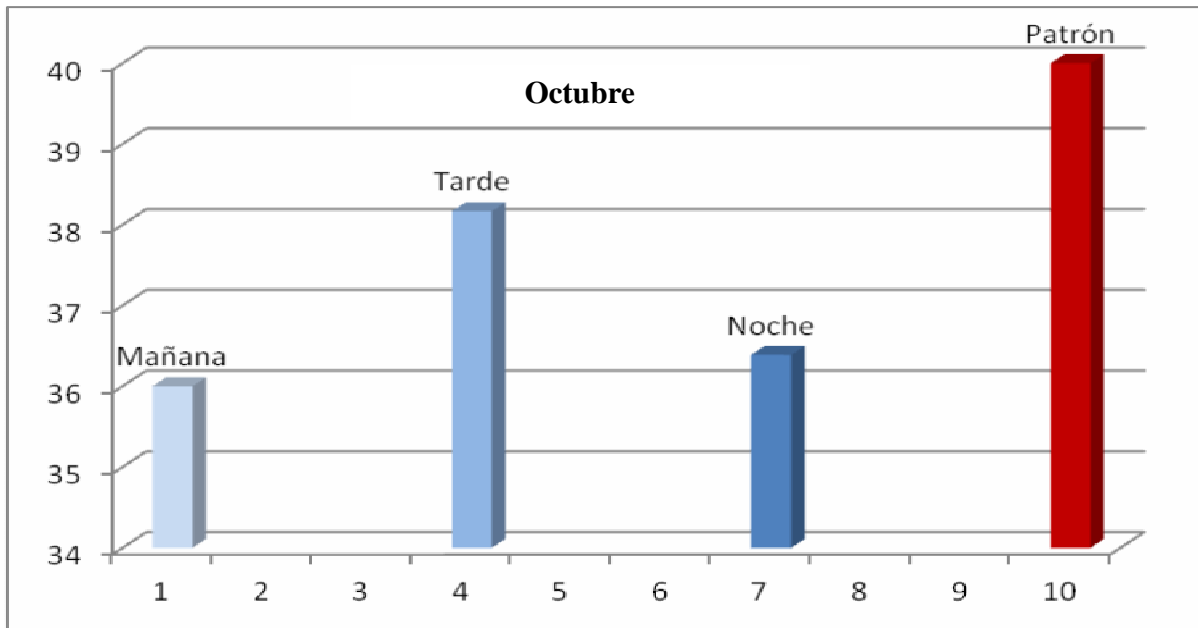


Figura 3.7: Muestra comparativa de los valores medios generales de las mediciones de temperaturas de las aguas vertidas al canal en la Empresa Termoeléctrica Lidio Ramón Pérez mes de septiembre



**Figura 3.8: Muestra comparativa de los valores medios generales de las mediciones de temperaturas de las aguas vertidas al canal en la Empresa Termoeléctrica Lidio Ramón Pérez mes de octubre**

Gráficamente se pueden apreciar mejor los resultados en las figuras 3.6 a la 3.8 según la distribución de los meses de estudio por ese orden. Evidentemente el factor que más influye en el comportamiento de las variaciones de las temperaturas en el canal es el calentamiento producto al ambiente, debido a las temperaturas propias del medio de acuerdo con la estación del año por esa razón escogimos los meses que no coincidieran con una estación de forma marcada.

Luego del análisis realizado en los epígrafes anteriores donde se estudiaron las influencias que tienen en el cuerpo receptor (Nuestra Bahía) las aguas tratadas en la Empresa Termoeléctrica Lidio Ramón Pérez de acuerdo con la contaminación asociada a la misma producto de su proceso productivo podemos ver que se tiene conciencia ambiental puesto que los factores contaminantes son tratados antes de ser vertidos y en este proceso se logra eliminar los que resultan más dañinos a nuestro medio ambiente, cumpliendo de esta forma con la política de nuestro país de desarrollar producciones más limpias.



### 3.6 Impacto Medioambiental

En la era moderna y con el violento desarrollo de nuevas tecnologías surgen nuevas fuentes contaminantes, que al inicio parecen inofensivas, y luego se demuestra que ocasionan daños al medio ambiente. El presente trabajo ha denunciado de manera explícita y mediante una investigación rigurosa el comportamiento de los vertimientos de las aguas residuales hacia la bahía por parte de la Empresa Termoeléctrica Lidio Ramón Pérez.

Teniendo conocimiento de los temas tratados, los directivos, especialistas en medio ambiente y el personal que labora en las áreas de producción que tienen incidencia directa en la explotación de la planta de tratamiento de aguas residuales (**Objeto 036**) podrán de conjunto trazar una estrategia que permita proteger de manera más efectiva el cuerpo receptor de estas aguas, de manera que el entorno no se sienta afectado en una mayor medida como ha ocurrido a consecuencia de los vertimientos al canal de las aguas sin el tratamiento debido.

El hecho de que nuestra empresa tenga caracterizado de forma precisa cuáles son los agentes contaminantes emitidos por ella que tienen una mayor influencia en el entorno, indica que tenemos conciencia medioambiental como institución del estado que debe cumplir con una política ambiental que responda a producciones más limpias y un medioambiente más sano que son las bases de un desarrollo sostenible.

Durante la exposición de los resultados obtenidos en nuestro trabajo y la discusión de los mismos se da *una nota de alerta* mostrando que de los factores caracterizados específicamente el contenido de aceites y grasas en las aguas vertidas al canal exceden en algún momento las normativas establecidas según los estándares fijados. No caben dudas que la planta de tratamiento de aguas residuales juega un papel decisivo en la conservación del lecho marino circundante a nuestra empresa y a la bahía de forma general, no obstante derivan implicaciones al medio ambiente.



### 3.7 Valoración económica

La valoración económica de nuestro estudio la relacionamos con el uso de las tecnologías más apropiadas para la explotación de los recursos y proporcionar beneficios a las personas ocasionando un daño mínimo al medio ambiente. El concepto de la tecnología apropiada en los sistemas de aguas residuales, abarca dimensiones técnicas, institucionales, sociales y económicas.

Desde un punto de vista técnico e institucional, la selección de tecnologías no apropiadas, ha sido identificada como una de las principales causas de fallas en el sistema. El ambiente de las aguas residuales es hostil para los equipos electrónicos, y mecánicos. Su mantenimiento es un proceso sin fin, y requiere de apoyo (repuestos, laboratorios, técnicos capacitados, asistencia técnica especializada, y presupuestos adecuados).

Para tener una idea de lo que cuesta invertir en repuesto de materiales por deterioro, traemos a consideración que el material filtrante más barato que se puede utilizar es la zeolita como es nuestro caso particular.

La capacidad del filtro de rociado es de aproximadamente **8t**. El costo de una tonelada de zeolita en el mercado se muestra en la tabla 3.8

Mediante un cálculo sencillo vemos que la cantidad invertida por concepto de cambio de este material por pérdida de las propiedades filtrantes equivale a:

**MN ----- \$55.04**

**CUC ----- \$43.76**

Cabe destacar que el material filtrante tiene un promedio de duración aproximadamente de 3 años por lo que en ese periodo no es necesario cambiarlo si no ha ocurrido contaminación importante del mismo.

En cuanto a otro de los insumos de la planta el vapor que se utiliza para el calentamiento de los fluidos se comporta de la siguiente forma.

Flujo de vapor consumido en la planta: **3 t/h**





El precio del combustible tecnológico destinado a la generación de vapor en nuestra planta varía según el tipo que se esté utilizando de acuerdo con los más usados en correspondencia con la tecnología instalada.

En la tabla 3.8 se muestran los valores expresados en pesos por toneladas (**CUP/t**)

De acuerdo con esta tabla el equivalente en pesos (**CUP/t**) por cada tonelada de vapor consumida en la planta de tratamiento de residuales se muestra en la tabla 3.8 teniendo en cuenta el equivalente entre cantidad de combustible por tonelada de vapor que se genera en las calderas de la Empresa Termoeléctrica.

<b>Material filtrante</b>	<b>Precio</b>	
<b>Zeolita</b>	6.88 CUP/t	5.47 CUC/t
<b>CRUDO 1100</b>	124,97 CUP/t	
<b>CRUDO 1100 / 124,97</b>	34.11 CUP/t	

**Tabla 3.8: Materiales con su equivalente en CUP Y CUC.**

Por dejar de cumplir con las normas medioambientales o sea verter las aguas oleosas sin el tratamiento adecuado por tener la planta de tratamiento fuera de servicio, el organismo rector de la política CITMA puede sancionar a la empresa mediante multas que pueden ascender a un monto equivalente a: 5000 cuotas en CUP.

Realmente mantener esta planta de tratamiento de residuales resulta muy económico su explotación y mantenimiento puesto que el gasto de energía es poco. En los países en desarrollo, donde es posible que falten algunos ingredientes para un programa exitoso de mantenimiento, ésta debe ser la primera consideración al elegir tecnologías para las plantas de tratamiento de aguas residuales. La economía forma parte de la decisión de dos maneras.

No es sorprendente que las tecnologías más sencillas, seleccionadas por su facilidad de operación y mantenimiento, suelen ser las menos costosas para construir y operar. Sin embargo, aun cuando no lo sean, como puede ser el caso



cuando gran cantidad de tierra debe ser adquirida para los estanques de estabilización, un sistema menos costoso que fracasa, finalmente sería más costoso que otro más caro que opera de manera confiable.

### 3.8 Conclusiones

- Se demostró que de los elementos que son vertidos al canal por parte de nuestra empresa el único que no está en correspondencia con la categoría más exigente y dicho sea de paso con ninguna de las mismas corresponde a la presencia de aceites y grasas.
- Por la parte medioambiental el impacto de nuestro estudio debe llevar a la elaboración de las estrategias necesarias por parte de los directivos, especialistas en medio ambiente y personal que incide directamente en la explotación del Objeto 036 para proteger en mayor medida el entorno marino de nuestra empresa.



### CONCLUSIONES GENERALES

- ✓ Se comprobó que es escasa la literatura que trata temas relacionados con la revisión bibliográfica de estudios anteriores de las ventajas de una planta de tratamiento más efectiva.
- ✓ Se realizó el procesamiento experimental de los resultados de las mediciones y se estableció la metodología para realizar el estudio de los factores que afectan las aguas tratadas en la Empresa Termoeléctrica.
- ✓ La presencia de aceites y grasas en las aguas vertidas al canal constituye sin duda el factor que más afecta el lecho receptor, los resultados promedios están entre **79.75 y 172.75 mg/L** calificando como **CATEGORÍA F**.
- ✓ Económicamente se demuestra la factibilidad de contar en la Empresa Termoeléctrica con una planta de tratamiento de aguas residuales, por lo barato que resulta su explotación y juega un papel importante en la protección del medio ambiente y en particular nuestra bahía.



### RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en nuestro estudio, donde se ha valorado el impacto medioambiental que tiene mantener operativa la planta de tratamiento de las aguas contaminadas con aceites en la ETE Lidio Ramón Pérez sugerimos a las personas y direcciones competentes tener en cuenta las recomendaciones que les presentamos a continuación:

- ✓ Aumentar la capacidad de trabajo de la planta de acuerdo al anexo del emplazamiento de motores de Fuel-Oil. Ya que aumentó la cantidad de aguas a ser tratadas de forma general.
  
- ✓ Realizar el análisis de la posibilidad de inversión en una nueva planta de tratamiento de aguas residuales y condensados que permita la incorporación al ciclo de trabajo de la turbina el condensado que va a parar a la planta y que luego de su tratamiento es vertido al canal, permitiendo el ahorro de combustible y agua.
  
- ✓ Realizar el análisis de la posibilidad de inversión en técnicas de laboratorio que permitan hacer análisis avanzados al agua residual antes de entrar a la planta y luego de ser tratada para conocer de forma más rápida y sin costo adicional la calidad del proceso y monitoreo del cuidado ambiental.



1. ASAMBLEA NACIONAL (PODER POPULAR), (1997). Ley 81 del Medio Ambiente. IX Período Ordinario de Sesiones de la Cuarta Legislatura. Gaceta Oficial de la Republica de Cuba, Edición Extraordinaria, La Habana, AÑO XCV, Número 7, p. 47, 11 de julio.
2. Antonio Echeverría. Ciudad de La Habana. Cuba <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=22511794007>. 2009: p. 26-59-68.
3. Ametlier, A., Revolución Energética desafío para el desarrollo. Editorial Científico Técnica. La Habana. 2008.
4. ANPP, Ley No.81 del Medio Ambiente. GACETA OFICIAL DE LA REPUBLICA DE CUBA. Edición extraordinaria, la Habana, 11 de julio 1997, Año XCV. Número 7, página 47. 1997.
5. Agua. Descarga de efluentes líquidos directamente a cuerpos y masas de aguas superficiales y subterráneas. Panamá, 2000.
6. Decreto Ley No. 212 “Gestión de la Zona Costera”, 8 agosto de 2000.
7. Decreto Ley No.200 “De las Contravenciones en Materia de Medio Ambiente”, 22 de diciembre de 1999.
8. <http://vanguardia.co.cu/index.php>. Juventud Rebelde.17 de enero de 2006. Discurso del Comandante en Jefe Fidel Castro.
9. ISO 8995:2002/cie s 008-2001, idt
10. Microsoft ® Encarta ® 2008. © 1993-2007 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.
11. Norma cubana NC 107. Saneamiento Básico
12. NC 27:1999. Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado. Especificaciones.
13. NC 25: 1999. Evaluación de los objetos hídricos de uso pesquero. Especificaciones.
14. NC 22:1999. Lugares de baño en costas y masas de aguas interiores. Requisitos higiénicos sanitarios.
15. Norma sobre Aguas Residuales. Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales. República Dominicana, 2001 (documento en preparación).



16. Normas para el Control de la Calidad de los Cuerpos de Aguas. Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. República Bolivariana de Venezuela, 2005.
17. Norma Oficial Mexicana que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas residuales en aguas y bienes nacionales. México, 1996.
18. Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales. Chile, 2001.
19. Patoja-López, A. (2006). Generación eléctrica distribuida. Revista Energía, Ingeniería energética y Medioambiental, Comité Nacional CIGRE España, nº 190, Enero/Febrero.
20. Protocolo Relativo a la Contaminación Procedente de Fuentes Terrestres del Convenio para la Protección y el Desarrollo del Medio Marino en la Región del Gran Caribe. Aruba, 1999.
21. Quíala Armenteros Yuniey. Impactos ambientales de los grupos electrógenos.
22. Resolución nº 39 de 2007 del MTSS
23. Requisitos higiénicos sanitarios generales. ICS: 13.140 1. Edición Diciembre 2011. [www.nc.cubaindustria.cu](http://www.nc.cubaindustria.cu) 2011.
24. Seguridad Laboral. Microsoft® Student 2008 [DVD]. Microsoft Corporation, 2007.
25. Terry C. y col. Manejo de aguas residuales en la gestión ambiental. CIGEA. Cuba, 2006.
26. Yoanny Bernal Álvarez (2013). Caracterización y diagnóstico de los agentes contaminantes del tipo Físico-Químico provocados por el emplazamiento de Motores Fuel de Felton.