



Impacto del vertimiento de los residuales y aguas contaminadas con aceite en la bahía de Felton*

Juan Ramón Oliveros del Real

Carrera: Ingeniería mecánica

Instituto Superior Minero Metalúrgico (Cuba).

Resumen: Se analiza el impacto del vertimiento de las aguas residuales en la planta de tratamiento de aguas contaminadas con aceite (Objeto 036) de la ETE Lidio Ramón Pérez en la bahía de Felton. 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 de Moa. Los 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.

Palabras clave: Contaminación acuífera; tratamiento de aguas; aguas residuales.

* Trabajo tutorado por la Ms.C. Olga Pérez Maliuk y el Lic. Richard Alex Almira Ramírez.
Recibido: 25 abril 2014 / Aceptado: 15 enero 2015.

Impact of waste and oil-contaminated water disposal on the Bay of Felton

Abstract: This investigation analyses the impact caused by the discharge of waste water at the oil-contaminated water treatment plant (Object 036) of the ETE Lidio Ramón Pérez at the Bay of Felton. The temperature was measured on three different locations of the outlet channel at three different hours. Samples of waste waters were taken for the Center of Investigations for the Nickel Industry of Moa to conduct a profound chemical test using specialized equipment. The content of contaminants is very insignificant except for the content of oils and grease according to the highest levels required for the maximum qualification of state of conservation of the receiver.

Key words: Water-bearing contamination; water treatment; waste water.

Introducción

La termoeléctrica Lidio Ramón Pérez, ubicada en la provincia de Holguín, en el municipio Mayarí, cuenta con dos unidades generadoras, lo que representa alrededor del 23 % de la energía eléctrica que se genera en el país.

La actividad de medio ambiente en la empresa se ha caracterizado por el trabajo en el Sistema de Gestión Ambiental en su totalidad, 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 (1987).

Para minimizar el impacto medioambiental de la industria se encuentra instalada una estación purificadora de aguas contaminadas con aceite (Objeto 036), la cual tiene como función tratar 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 ello el objetivo del trabajo fue 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 planta para disminuir el daño que se le ocasiona a la flora y la fauna marina, debido a sus reiteradas puestas fuera de servicio.

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 rebombeo. 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 última (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 OUK 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 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 los fondos. 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 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 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 canal 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 regularmente (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 2 500 mg/l y de las aguas residuales si está entre 500–1 500 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 luego 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.

Procedimiento para determinar los parámetros de las aguas vertidas al canal

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 reúso. Es muy común llamarlo depuración de aguas residuales para distinguirlo del tratamiento de aguas potables.

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. Estas 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.

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.

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 socioeconómicas 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 Cuba, teniendo en cuenta las características de los ecosistemas y el uso socioeconómico 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 1, con independencia de que la carga generada sea reducida posteriormente mediante un sistema de tratamiento de residuales.

Tabla 1. Límite de carga contaminante diaria para clasificar como fuente contaminante

Contaminante	Carga contaminante media diaria g/d
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 5	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. En el caso de procesos con variaciones estacionales en las características de los residuales se determina a partir

de la caracterización de estos últimos, 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.

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. Los flujos de condensado provenientes de las estaciones de petróleo se determinaron por métodos indirectos 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.

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.

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.

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, donde se determinaron los valores de los parámetros necesarios para la realización del estudio base de este proyecto; resultó imposible realizarlo en la Empresa Termoeléctrica pues el laboratorio químico de esta entidad no cuenta con el instrumental y la técnica necesaria. Los meses seleccionados para el estudio (agosto, septiembre y octubre) se escogieron indistintamente para que no coincidieran netamente con una estación del año de forma marcada, así se minimiza el efecto de calentamiento de las aguas por las elevadas temperaturas del verano. Las mediciones corresponden a tiempos de funcionamiento de forma inestable de la planta de tratamiento de aguas residuales, ya que en estos meses el tiempo de funcionamiento fue bastante limitado. Las muestras se eligieron de los puntos seleccionados para el estudio.

Análisis de los valores del pH para las aguas residuales tratadas

Para tener referencia acerca de la influencia del pH en el cuerpo humano receptor se tuvo en cuenta los valores patrones, según la clasificación de los cuerpos receptores que se recoge en la norma cubana.

En la Tabla 2 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.

Tabla 2. Resultados comparativos de las mediciones del pH

Parámetro	UM	A	B	C(2)	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

	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
Promedio	8,185	7,567	7,886

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 la bahía.

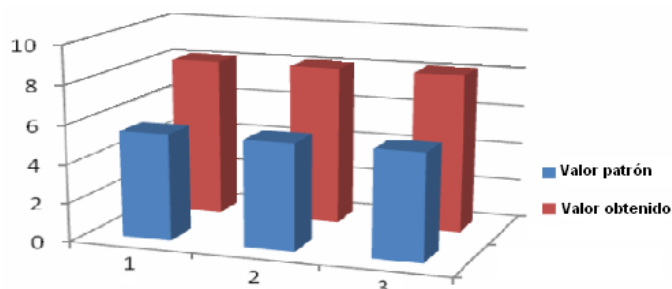


Figura 1. Comparación de las mediciones del pH.

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.

Análisis de los elementos sólidos presentes en las aguas residuales tratadas

En la Tabla 3 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 se ha tenido en cuenta para la realización del estudio está acorde con la categoría de A.

Tabla 3. 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	0,0875	0,21625	0,04516667	0,003	0,00838333

Para el estudio comparativo de los sólidos sedimentables, vistos de manera general, se tuvieron en cuenta también los valores tomados como patrón de acuerdo a la norma cubana 521.

En la Tabla 4 se tienen los valores medios de los resultados obtenidos para las mediciones realizadas en el estudio de acuerdo con el procedimiento explicado anteriormente.

Tabla 4. Resultados comparativos de los sólidos

Parámetro	UM	A	B	C(2)	D	E	F
Sólidos sedimentados	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
Promedio	0,75	1	1

Los valores medios de las mediciones para los sólidos suspendidos presentes en las aguas del canal, según los resultados obtenidos en el estudio, se pueden apreciar en la Tabla 5, comparándose con el patrón según la norma especificada.

Tabla 5. Resultados comparativos de los sólidos suspendidos

Parámetro	UM	A	B	C(2)	D	E	F
Sólidos suspendidos totales	ml/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
Promedio	17,25	24	25,25

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

Los estándares (según la norma que se ha seguido como guía para la presencia de aceites y grasas en los lechos receptores) se muestran a continuación en el resumen de la misma, de acuerdo con la clasificación del cuerpo receptor en cuestión.

Tabla 6. Resultados comparativos de presencia de aceites y grasas

Parámetro	UM	A	B	C₍₂₎	D	E	F
Aceites y grasas	ml/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
Promedio	79,75	134,5	172,75

De forma comparativa, se tiene como patrón que el valor para la clasificación más exigente es de 15 mg/l y en el estudio el valor más pequeño está en 79,75 mg/l, excesivamente por encima de acuerdo a las aspiraciones en el futuro no muy lejano.

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

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. La Tabla 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 se han seguido durante el estudio.

Tabla 7. Resultados comparativos de los valores de temperatura

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	36	38	36	35	40	36	36	38	36

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.

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 cause 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.

La empresa tiene caracterizado de forma precisa los agentes contaminantes emitidos por ella que tienen una mayor influencia en el entorno, lo que indica su conciencia medioambiental como institución del estado que debe cumplir con una política

ambiental que responda a producciones más limpias y un medio ambiente más sano que son las bases de un desarrollo sostenible.

Durante la exposición de los resultados obtenidos en el 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 la empresa y a la bahía, de forma general; no obstante, deriva en implicaciones al medio ambiente.

Conclusiones

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 mg/L 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 a la bahía.

Referencias bibliográficas

ANPP. Ley No. 81 del Medio Ambiente. 1997: *Gaceta Oficial de la República de Cuba*. Edición extraordinaria, La Habana, 11 jul 1997, Año XCV. No. 7, p. 47.

Organismo Nacional de Normalización de la República de Cuba. NC 521: 2007: Vertimiento de aguas residuales a la zona costera y aguas marinas— especificaciones [en línea]. Consultado: 10 nov 2012. Disponible en: ww.pnuma.org/.../NC%20521%20Vertimiento%20a%20Zona%20Costera.pdf.