

Distr.
RESTRINGIDA

LC/R.748
7 de abril de 1989

ORIGINAL: ESPAÑOL

C E P A L

Comisión Económica para América Latina y el Caribe

ANALISIS DE LOS PROCESOS DE DESCONTAMINACION DE
LA REFINERIA ESTATAL DE ESMERALDAS

Documento base preparado por el señor Jorge Jurado M., consultor de la Unidad Conjunta CEPAL/PNUMA de Desarrollo y Medio Ambiente, para el Seminario-taller "Análisis de la contaminación hídrica de la refinería de Esmeraldas en los ríos Esmeralda y Teaone", organizado por la Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana (CEPE) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), a realizarse en Ecuador, entre el 17 y 19 de abril de 1989. Las opiniones expresadas en este trabajo son de la exclusiva responsabilidad de su autor y pueden no coincidir con las de la organización.

Este trabajo no ha sido sometido a revisión editorial.

89-4-398

INDICE

	<u>Pág.</u>
1. Introducción	1
2. Descripción del proceso de producción de la Refinería Estatad de Esmeraldas -REE	3
3. Contaminación y contaminantes	5
4. Análisis del sistema de tratamiento de efluentes de la Refinería Estatal de Esmeraldas	10
5. Contaminación atmosférica y la planta de recuperación de azufre	21
6. Otros tipos y fuentes de contaminación	27
7. Balance de materia de la Refinería Estatal de Esme- raldas	30
8. Análisis de las descargas a los ríos Esmeraldas y Teaone	33
9. Posibles causas operacionales y estructurales de la contaminación en la Refinería Estatal de Esmeraldas ...	34
10. La contaminación causada por la Ciudadela de CEPE	36
11. Sugerencias	37
12. Conclusiones	39
Bibliografía	40
Anexos	43

1. Introducción

El presente estudio "Análisis de los procesos de descontaminación de la Refinería Estatal de Esmeraldas", se enmarca dentro del "Estudio de prefactibilidad para el mejoramiento de la calidad del agua de los ríos Esmeraldas y Teaone", proyecto iniciado por la Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana CEPE y auspiciado por la Unidad Conjunta CEPAL/PNUMA de Desarrollo y Medio Ambiente.

El uso de fuentes de energía fósiles trae inevitablemente consigo un conflicto ambiental-energético. Estos conflictos pueden ser manejados apropiadamente por medio de una vasta gama de controles, mecanismos y procesos. En muchos casos el control ambiental causará un aumento de costos y del consumo energético. Pero al mismo tiempo un eficiente y estricto control ambiental obligará a que una planta industrial mejore su rendimiento y su producción.

La contaminación causada por el proceso de refinación del petróleo puede alcanzar niveles peligrosos tanto para la salud humana como para el medio ambiente, especialmente si no se toman las medidas pertinentes para el tratamiento de sus efluentes líquidos, de sus emisiones gaseosas y de sus desechos sólidos.

Generalmente las causas de la contaminación están íntimamente ligadas a la operación de la planta, a deficiencias en el proceso o en la instalación, a fallas estructurales y de gestión y a la falta de políticas ambientales de legislación y control.

Para la ejecución de este proyecto se llevaron a cabo 2 estudios de campo en la Refinería Estatal de Esmeraldas. En ambas ocasiones se entrevistó a los técnicos responsables de diversas áreas de proceso. Se elaboró un amplio cuestionario que fue entregado a las divisiones de producción, de mantenimiento, de abastecimientos y seguridad industrial para su contestación.

Se revisó una gran cantidad de informes internos y memoranda de la refinería.

En la matriz de CEPE se entrevistó también a numeroso personal técnico y se estudiaron documentos de diversa índole, concernientes a la operación general de la refinería y de toda el área hidrocarburífera de Esmeraldas.

Objetivos principales de este "Análisis de los procesos de descontaminación de la Refinería Estatal de Esmeraldas" son la evaluación del sistema de tratamiento de los efluentes líquidos, la recomendación para el mejoramiento de la operación del mismo, la cuantificación de pérdidas de materia durante el proceso productivo las cuales estarían afectando al medio ambiente, y la búsqueda de causas operacionales y estructurales de la contaminación. En razón de la magnitud de las emisiones gaseosas se ha previsto un capítulo especial referido a la contaminación atmosférica. Otras fuentes de contaminación serán solamente enunciadas. Un breve análisis de las descargas hídricas de la refinería completará el presente estudio.

2. DESCRIPCION DEL PROCESO DE PRODUCCION DE LA REFINERIA ESTATAL DE ESMERALDAS

El proceso de producción de la Refinería Estatal de Esmeraldas se divide principalmente en las siguientes operaciones:

- **Separación térmica:**

Es el método por el cual se obtienen las diferentes fracciones del petróleo según la temperatura de ebullición de cada una de ellas. La estructura molecular de los componentes no es afectada en absoluto. Este proceso es llevado a cabo en las unidades de destilación atmosférica y destilación al vacío.

- **Conversión de las moléculas de hidrocarburos:**

Aquí se transforma la estructura molecular de los hidrocarburos, consiguiendo productos de mayor valor energético a partir de algunas fracciones de crudo. En esta operación trabajan las unidades de craqueo térmico, craqueo catalítico fluidizado, de reducción de viscosidad, y reformado catalítico.

- **Tratamiento de fracciones semielaboradas:**

Esta operación modifica las características de estas fracciones para obtener productos finales que llenen los requisitos comerciales. Además se eliminan los compuestos de azufre contenidos en las fracciones, convirtiéndolo en ácido sulfídrico (H_2S). Se utilizan especialmente tratamientos químicos y tratamientos con hidrógeno.

Las unidades Merox de gas licuado de petróleo, de gasolina y de jet-fuel trabajan por medio de un tratamiento químico. El proceso de hidrobón previo al reformado catalítico utiliza un tratamiento con hidrógeno para desulfurizar su producto de carga.

- **Mezcla de productos hidrocarburíferos:**

Los productos terminados en bruto, son sujetos a mezclas gracias a las cuales se obtienen los productos específicos que requiere el mercado.

También dentro del proceso mismo se mezclan fracciones diversas producidas por distintos procesos de refinación. Ejemplo de este procesamiento podría ser la unidad de concentración de gases.

- **Servicios auxiliares de operación:**

Son operaciones que permiten que las unidades de la Refinería trabajen en condiciones normales.

Podemos mencionar la unidad de producción de hidrógeno, la planta de concentración de gases prodría enumerársela también bajo esta área, así como el tratamiento de aguas amargas, y el tratamiento de gas ácido.

- Servicios (externos) de Refinería

Bajo este rubro se cuentan servicios como el almacenamiento de crudo y productos, sistemas de generación de vapor y electricidad, la tea, sistemas de drenaje, de enfriamiento de agua, de seguridad industrial entre algunos otros.

- Control de emisiones gaseosas y efluentes hídricos

La refinería genera emisiones gaseosas, aguas residuales y desechos sólidos, los cuales deben ser controlados y procesados. La planta de recuperación de azufre y el sistema de tratamiento de efluentes y algunas funciones de laboratorio se encargarían de esta área.

El presente trabajo analiza el funcionamiento del sistema actual de tratamiento de efluentes líquidos de la Refinería Estatal Esmeraldas.

2.1. Crudo, y productos terminados

La Refinería Estatal de Esmeraldas procesa principalmente petróleo proveniente de la región amazónica.

Los productos terminados principales son: Gasolina 80, Gasolina 90, Kerosene (Destilado No. 1), Diesel, Jet Fuel, Gas Licuado de Petróleo, Fuel Oil No. 4 (liviano, de consumo nacional), Fuel Oil No. 6 (pesado, de exportación), Fuel Oil de Refinería, Asfalto AP-3, Asfalto RC-2, Azufre y Gas Combustible. Además genera también varios productos semielaborados que son utilizados como carga en las diferentes unidades de proceso.

Hay que mencionar al SLOP, que puede ser la mezcla de diversos hidrocarburos, productos semielaborados o terminados contaminados, generada por drenajes o purgas de unidades. Es recolectado y cargado junto con el crudo para su reprocesamiento.

3. Contaminación y contaminantes

Una refinería produce una cierta cantidad de desechos sean estos gaseosos , líquidos o sólidos. Las descargas de desechos en el medio ambiente causan grave perjuicio tanto para la salud humana como para la naturaleza.

Las descargas pueden ser producto de accidentes, o parte de la operación de la planta industrial. Descargas accidentales de desechos pueden ocurrir por fallas en equipos, materiales, aparatos o por error humano. Descargas que son parte de la operación de rutina del proceso conciernen prioritariamente a deficiencias en el manejo, al diseño, a la construcción a requerimientos de producto, a inspecciones, al mantenimiento, o a la lógica del proceso productivo mismo.

Una planta industrial debe poseer sistemas eficientes de tratamiento de desechos, los cuales deberán eliminar las sustancias tóxicas y contaminantes que puedan afectar al medio ambiente.

**3.1. Contaminantes gaseosos típicos de una refinería
y sus fuentes de producción**

CUADRO NO. 1

SUBSTANCIA CONTAMINANTE	FUENTE
SOx Oxidos de azufre	Presentes en todos los procesos de combustión; en regeneración de catalizadores; en la unidad de craqueo catalítico; en la antorcha de gases ácidos, en incineradores, en unidades de tratamiento, en la unidad de recuperación de azufre.
Hidrocarburos	Estaciones de carga, tanques de almacenamiento, regeneradores de catalizadores, sistemas de drenaje, separadores de aguas residuales, en empaquetaduras de bombas, válvulas, compresores, columnas de enfriamiento, equipos de alta presión, equipos de procesamiento de hidrocarburos volátiles, procesos de combustión, columnas de destilación.
Nox Oxidos de nitrógeno	Procesos de combustión, regeneración de catalizadores, compresores, tea.
Contaminantes particulares:	Regeneración de catalizadores, unidad de craqueo catalítico fluidizado, procesos de combustión, regeneración de catalizadores.
Olores	Unidades de tratamiento, drenajes, tanques de proceso, separadores de aguas residuales, válvulas.
CO Monóxido de carbono:	Regeneración de catalizadores, compresores, procesos de combustión, tea.
Aldehidos	Regeneración de catalizadores
NH3 amoniaco	Regeneración de catalizadores.

/1/,/2/,/3/,/14/

3.2. Contaminantes de aguas residuales comunes en refinerías y sus fuentes de producción

CUADRO Nr.2

SUBSTANCIA CONTAMINANTE	FUENTE
DBO5, DQO, Hidrocarburos	Agua de proceso , drenaje de agua de torre de enfriamiento (siempre y cuando haya contacto con hidrocarburos). Drenaje de tanques.
Sólidos en suspensión	Aguas de proceso, descarga de torres de enfriamiento, drenaje de tanques.
Fenoles	Agua de proceso (especialmente de la unidad de craqueo catalítico fluidizado, unidad de reducción de la viscosidad, procesos de desulfuración, unidades merox).
NH3 (Amoníaco) H2S (Acido sulfídrico) trazas orgánicas como mercaptanos, aldehidos	Aguas de proceso (especialmente de la unidad de craqueo catalítico fluidizado), durante la regeneración de catalizadores, en procesos de desulfurización.
Metales pesados: Vanadio, Plomo y Cromo	Aguas de proceso, descargas de aguas de tanques, descargas de torres de enfriamiento (especialmente si se utilizan cromatos para el tratamiento del agua).
Solventes	Planta de asfaltos.
Cianuros CN	Unidad de craqueo catalítico fluidizado, unidad de coque.
Cloruros	Sistema de desalado (cuando existen fugas), unidad de tratamiento de aguas amargas (cuando las aguas superan las especificaciones de cloruros)

/1/, /2/, /3/, /14/

3.3. Discusión de algunos contaminantes y parámetros de medición

- Hidrocarburos: Los hidrocarburos son las sustancias contaminantes que se encuentran presentes en emisiones gaseosas y efluentes líquidos de casi todas las operaciones de una refinería. Es por lo mismo que es de suma necesidad el tratar de controlar y reducir al máximo las descargas.

- Acido sulfídrico H_2S : Es un gas tóxico que se encuentra en varios procesos de refinación, es muy peligroso para los obreros ya que es más denso que el aire y tiende a paralizar los nervios del olfato. En el agua es soluble según la temperatura, da mal gusto y olor al agua. Es corrosivo.

- Fenóles: Compuestos fenólicos están presentes en los productos del proceso de craqueo. Pueden ser liberados de soluciones cáusticas usadas especialmente, al ser estas neutralizadas. En combinación con cloro dan clorofenoles compuestos altamente cancerígenos y corrosivos.

- Aldehidos: Son el resultado de una oxidación parcial o incompleta de hidrocarburos y se los considera ya en la actualidad como cancerígenos.

- Metales pesados: presentes en procesos de combustión y catalizadores usados.
Son bioacumulativos y muy peligrosos para la salud.

Es también importante mencionar en éste lugar, a algunos parámetros los cuales permiten, a través de su medición, determinar la presencia de contaminantes, especialmente en cuerpos hídricos.

- Oxígeno disuelto: Es el principal parámetro que es inmediatamente afectado por cualquier tipo de contaminación, sea ésta causada por la presencia de materia orgánica, sales inorgánicas y demás sustancias que consumen oxígeno para su oxidación quitándole al agua el oxígeno disuelto./5/

- DQO: Demanda química de oxígeno. Es la medida del contenido de sustancias orgánicas en las aguas residuales./5/

- DBO: Demanda bioquímica de oxígeno.
Es la cantidad de oxígeno consumido en la oxidación del carbono e hidrógeno orgánicos, una medida respecto del contenido de sustancias orgánicas degradables biológicamente en aguas residuales./5/

- Alcalinidad: Es la medida que indica la cantidad de sales básicas-hidróxidos que contiene el agua.

- Conductividad: La conductividad del agua es una medida que indica la cantidad de sales disueltas-electrolitos que se encuentran en esta. La conductividad aumenta la forma directamente proporcional a la cantidad de iones de sales disueltas.

- Temperatura del agua:

Agua corriente con una temperatura entre 10°C y 22°C podrá atrapar suficiente cantidad de oxígeno que impida cualquier proceso de putrefacción.

Temperaturas más altas producto de descargas de aguas residuales cálidas pueden intensificar las reacciones bioquímicas, y también disminuir la capacidad de captar oxígeno. Es contraindicado la descarga de aguas residuales con temperaturas sobre los 35°C./5/

3.4. Desechos sólidos y semisólidos

Los desechos sólidos y semisólidos generados por una refinería son muy variados. Podemos mencionar lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales, lodos de proceso, catalizadores usados, residuos de procesos de incineración, sustancias químicas orgánicas e inorgánicas, desechos varios procedentes de comedores, oficinas etc.

De todos estos residuos sólidos es imprescindible mencionar especialmente a los catalizadores usados. Estos pueden poseer una gran variedad de características químicas, por lo general contienen sustancias altamente tóxicas por lo cual requieren de métodos especiales de tratamiento y depósito final./4/

Gran parte de residuos sólidos, resultado de los diversos procesos de producción escapan formando parte de las corrientes de aguas residuales como sólidos en suspensión, es por esto que un tratamiento específico de recuperación de sólidos en suspensión es sumamente importante.

4. Análisis del sistema de tratamiento de efluentes de la Refinería Estatal Esmeraldas.

4.1 Diagrama de flujo del sistema de tratamiento de efluentes.

4.2 Descripción del sistema de tratamiento de efluentes según la "Filosofía original de diseño de UOP Inc."

Se ha considerado conveniente resumir brevemente el principio según el cual fue diseñado originalmente el sistema de tratamiento de efluentes para así tener un punto de comparación con el funcionamiento actual y sus posibles variaciones constructivas.

4.2.1 Flujos de aguas residuales

- Agua limpia:

Bajo agua limpia se entiende toda corriente que provenga de desagües de áreas pavimentadas, parqueaderos, de techos de edificios, galpones y demás estructuras. También comprende desagües de áreas vacantes y agua de rechazo de los sistemas de potabilización y de tratamiento para calderos.

Estas aguas deberán ser dirigidas a los vertederos de drenaje natural, hay que tomar sumo cuidado que no lleguen a ser contaminadas inadvertidamente con hidrocarburos y otras corrientes residuales.

- Drenajes de áreas hidrocarburíferas:

Todas las áreas en las cuales se llevan a cabo procesos hidrocarburíferos tienen un sistema de alcantarillado abierto o cerrado que conduce las aguas residuales al canal principal de aguas aceitosas. Este canal se dirige al separador de aguas aceitosas.

Como áreas hidrocarburíferas tenemos el área de tanques de almacenamiento, el área de proceso con un drenaje superficial y un drenaje subterráneo. El alcantarillado superficial recibirá aguas lluvias que arrastren hidrocarburos, y el subterráneo las descargas propias de purgas y drenajes de proceso.

El área de carguío tiene su propio sistema, las aguas lluvias limpias son drenadas por cauces naturales, las aguas aceitosas son dirigidas a un almacenamiento de slop.

Las aguas residuales sanitarias provenientes de varias áreas son colectadas en un solo sistema el cual las dirige directamente a la piscina de estabilización, concretamente hacia su primera etapa de aireación.

4.2.2 Tratamiento

Los tres sistemas de alcantarillado desembocan a diversos puntos dentro del sistema de tratamiento de aguas residuales.

El alcantarillado de aguas aceitosas proveniente del área de proceso, descarga en el separador de aguas aceitosas. El alcantarillado sanitario se combina con el efluente de la unidad de flotación de aire para juntos ir a descargar en la piscina de estabilización. El alcantarillado de aguas lluvias es drenado en la piscina de aguas lluvias.

4.2.2.1 El separador de aguas aceitosas

Consta de dos estanques idénticos, cada uno diseñado, según especificaciones API, para recibir un caudal de 600 GPM y separar aceites pesados de hasta una densidad de 0.94 gr/cm³ a 32°C. Cada uno de los estanques puede trabajar por si solo y es suficiente para tratar el agua aceitosa de la refinería. /13/

Un ducto transversal a la corriente de agua, la cual tiene que ser laminar, recoge los hidrocarburos por medio de un canal lateral cuyo filo interior está prácticamente a pocos milímetros bajo la superficie del agua. El separador tiene un mecanismo de limpieza que recoge los lodos del fondo y barre al material flotante en la superficie.

Este mecanismo debe operar continuamente.

4.2.2.2 Unidad de flotación de aire

El efluente del separador de aguas aceitosas entra a la unidad de flotación de aire, donde el agua es clarificada. Tanto el aceite como los sólidos en suspensión que no pudieron ser removidos por el separador son eliminados en esta unidad.

Varias operaciones tienen que trabajar al mismo tiempo en conjunto para lograr este propósito.

El efluente que abandone esta unidad no deberá contener más de 20 ppm de hidrocarburos y 25 ppm de sólidos en suspensión. /13/

En la Unidad de flotación de aire se llevan a cabo las siguientes operaciones en su orden:

- Floculación por medio de sulfato de aluminio y polielectrolitos.
- Proceso de mezcla con un agitador, para conseguir un mejor contacto entre los sólidos y las sustancias floculantes.
- Recirculación de una parte del efluente ya tratado, el cual es saturado con aire en un tanque a presión, para ser impulsado hacia el agua proveniente de la floculación. Las burbujas producidas arrastran hidrocarburos y sólidos hacia la superficie.
- Un equipo desnatador (skimmer) sirve tanto a la superficie como al fondo, recogiendo todo tipo de hidrocarburos así como otros materiales que son transportados hacia un colector.

4.2.2.3 Sistema de estabilización

Este sistema consta de dos piscinas, una piscina de oxidación con aireadores automáticos, y luego una piscina de estabilización.

El sistema está diseñado para reducir una carga de DBO₅ de alrededor de 200 ppm a 25 ppm o menos con un caudal de entrada de 600 GPM. Las condiciones de mezcla del DBO y la configuración de la piscinas determinarán el dimensionamiento de los aireadores.
/13/

La segunda piscina no tiene aireadores previstos. La mayoría de los sólidos orgánicos se sedimentarán gracias a velocidades lentas de la corriente.

Para un buen funcionamiento, es importante que los efluentes que entren al sistema de estabilización provenientes de la unidad de flotación de aire y de las aguas servidas tengan propiedades constantes que permitan un adecuado crecimiento biológico. Se deben añadir suficientes trazas de nutrientes especialmente nitrógeno y fósforo en proporción al DBO que está entrando. Se deben también realizar constantes análisis y muestreos para determinar si el sistema cumple con sus requerimientos. De la piscina de estabilización parte un canal abierto de tierra para desfogar el agua al río Esmeraldas.

4.2.2.4 Piscina de aguas lluvias

Esta piscina fue diseñada para almacenar el doble del caudal producido por precipitaciones de 4 pulgadas o 100 mm. de lluvia, que caigan sobre aquellas áreas que podrían estar contaminadas con hidrocarburos, esto es el área de procesos, utilidades y diques de tanques.

Después de una tormenta, el agua acumulada deberá ser bombeada al separador de aguas aceitosas y la unidad de flotación de aire. Si el volumen del desagüe excede la capacidad de la piscina un ducto de emergencia eliminará el agua hacia el drenaje natural. La bocanoma del ducto deberá estar situada por debajo del nivel máximo, para prevenir que los hidrocarburos en flotación sean también evacuados.

Operando esta piscina según lo prescrito, ésta debería permanecer constantemente vacía, lista para recibir grandes caudales de desagüe. /13/

4.2.2.5 Lodos

Todo el lodo aceitoso proveniente del fondo del separador de agua aceitosa y de la recolección de superficie y fondo de la unidad de flotación de aire es dirigido hacia un colector. Este colector está provisto de un mezclador para eliminar las espumas que se forman frecuentemente. Del colector el lodo es impulsado a una piscina de almacenamiento de lodos aceitosos, la cual tiene capacidad para retener el lodo producido durante más de un año en cada una de sus secciones.

Cuando se llenen las piscinas, el lodo previamente concentrado deberá ser trasladado a un depósito final. Se debe poner especial atención en el manejo de lodos para asegurarse que ningún líquido sea transportado al mismo tiempo.

4.2.2.6 Recuperación del SLOP del separador de aguas aceitosas

Los hidrocarburos -SLOP- que han sido colectados del separador de aguas aceitosas contendrán una considerable cantidad de agua, la cual debe ser separada antes que el SLOP sea conducido a los tanques de almacenamiento previo a su reutilización en la refinería. Esta separación agua-SLOP se efectúa en dos tanques independientes que tienen una parte cilíndrica y un fondo en forma de cono. Esta construcción ayuda a la separación del agua. Los tanques están provistos con intercambiadores de calor internos para elevar la temperatura del líquido y así romper el proceso de emulsificación. Si esto no es suficiente se deberán añadir sustancias químicas para acelerar el proceso de demulsificación. Una vez separada el agua esta retornará al separador de aguas aceitosas. El SLOP será bombeado a sus tanques de almacenamiento.

4.3. Análisis del funcionamiento del sistema de tratamiento de efluentes

En el acápite anterior se describió cual es el proceso que debe seguir el tratamiento de aguas residuales según las normas de diseño.

Por diversas causas este procedimiento no ha sido ejecutado desde la puesta en marcha de la Refinería Estatal de Esmeraldas hasta la actualidad. Más adelante en este trabajo se discutirán las posibles causas operacionales y estructurales que han impedido que el tratamiento de efluentes cumpla con sus objetivos básicos, esto es evitar la contaminación de los ríos Teaone y Esmeraldas. En este punto vamos a analizar las deficiencias del sistema de tratamiento y se harán también las recomendaciones necesarias.

4.3.1 Canales y alcantarillado

Según informes emitidos en diferentes años por el Departamento de Seguridad Industrial de la Refinería Estatal de Esmeraldas, se puede conocer que los canales y colectores de la refinería no están dimensionados para desalojar toda el agua que cae durante fuertes lluvias y tormentas.

Alrededor de 420 mts. de tubería subterráneas del sistema de drenaje de tanques de crudo estarían obstruidos, lo que ocasionaría derrames de crudo. /16/

En la áreas de crudo, destilación al vacío, reducción de viscosidad, craqueo catalítico fluidizado y zonas de combustibles, hay alrededor de 890 mts. de tubería subterránea cuyo diametro interno se encuentra reducido a causa de incrustaciones. En el primer caso se necesita de un mantenimiento correctivo -limpieza-, en el segundo se necesita de un mantenimiento preventivo. /16/

Existen fisuras en los canales de aguas lluvias bajo la plataforma de la planta, lo que permite la intercomunicación de fluidos y la consiguiente contaminación de aguas lluvias con hidrocarburos y sustancias químicas. /14/

Hasta el momento no se ha previsto ninguna medida para solucionar este problema. Se está estudiando la utilización de láminas de polipropileno para impermeabilizar los canales dando paso a su reparación.

El caudal de recirculación que debería ser saturado con aire, frecuentemente no recibe este flujo debido a que la demanda de aire de los procesos de la refinería no lo permite. /14/

4.3.2 Separador de aguas aceitosas

Este sistema de separación, cuyo funcionamiento fue descrito en el punto 4.2.3 es de vital importancia, es el centro mismo de todo el sistema de tratamiento de aguas residuales.

Se indica en diversos informes que desde el inicio de su instalación presentó serios problemas en su funcionamiento dejando frecuentemente de operar.

Las principales razones de parada han sido fallas en las cadenas de arrastre, y especialmente daños en las bombas Y-P4001 A-B. Se pudo detectar que estas bombas han sido cambiadas 4 veces. Al parecer, frecuentemente estas bombas succionarían un producto altamente viscoso para el cual no están diseñadas, lo que causa serios desperfectos en su sistema de impulsión, en los sellos y motor. Este material de alta viscosidad podría ser producto del drenaje de tanques de almacenamiento especialmente de crudo y gasolina, los cuales no habrían sido limpiados en largo tiempo.

En la actualidad el separador A no funciona por falta de repuestos. La bomba Y-P4001 A no tiene motor. Desde agosto de 1988 hasta febrero del presente año se efectuaron 4 repaciones de magnitud en las bombas Y-P4001 A-B. /14/,/16/

Durante las paradas del separador de aguas aceitosas, éstas indetectiblemente tuvieron que ser desviadas a la piscina de aguas lluvias fracasando totalmente en sus funciones todo el sistema de tratamiento.

Sugiero que se evite que fluidos de alta viscosidad lleguen al separador. Si no es posible evitarlo durante los drenajes, se tendría que construir una trampa previa a la entrada del separador.

4.3.3 Unidad de flotación de aire

Esta unidad que sirve para reducir la cantidad de hidrocarburos y sólidos en suspensión de los efluentes ya tratados por el separador de aguas aceitosas, funcionó muy pocas veces desde el inicio de la Refinería Estatal de Esmeraldas, debido a un diseño no acorde a las circunstancias. Los motores de esta unidad entraban en cortocircuito ya que eran constantemente inundados.

A partir de la puesta en marcha de la ampliación de la refinería en 1987, la Unidad comenzó a funcionar, luego de que se hizo una nueva construcción elevándola sobre la superficie del terreno. /16/,/14/

Es recomendable que se adquiriera un compresor particular para esta función, ya que la saturación de aire cumple con un importante cometido en esta unidad. Sin ella, la eficiencia decae radicalmente.

Sugiero además que se efectúen periódicamente análisis de la calidad de agua para controlar la dosificación de floculantes y polielectrolito. Normalmente el muestreo debería hacerselo 2 veces por día.

4.3.4 Sistema de estabilización. Piscinas de aireación-oxidación y de estabilización

Este sistema es la última etapa por la cual recorre el agua residual antes de ser descargada al río Esmeraldas.

Un diseño no adecuado a las condiciones meteorológicas de la zona, especialmente en época invernal, es la causa de que el sistema de estabilización reciba un caudal mayor del que puede soportar para un tratamiento efectivo. El agua no puede ser suficientemente aireada ni posteriormente estabilizada. /16/

El proceso de oxidación de materia orgánica y de sustancias químicas es deficiente. El agua abandona las piscinas y llega al río Esmeraldas con una carga contaminante inaceptable. La piscina de aireación funciona actualmente con dos aireadores. Se debe implementar el tercer aireador que se encuentra sin funcionamiento.

Las piscinas son simples excavaciones con diques de tierra afirmada. Este método constructivo no otorga ninguna seguridad para evitar una contaminación de aguas subterráneas a través de la capa freática, muy especialmente bajo las condiciones en que se ha manejado todo el sistema de tratamiento de aguas residuales. Según datos del departamento de obras civiles de la Refinería Estatal de Esmeraldas el nivel freático oscila entre 3 - 5 mts. de profundidad en el verano y 30 cms. de profundidad en invierno. /16/

Sugiero que estas piscinas sean secadas, el lodo sea removido y trasladado para su tratamiento y el fondo sea dragado convenientemente. Después de esta operación se debería cimentar y recubrir el fondo y paredes laterales con láminas de polietileno o polipropileno para su total impermeabilización. Solamente después de este tratamiento se podría utilizar nuevamente las piscinas.

Hasta octubre de 1988 no se hicieron nunca análisis regulares de control de contaminación, y todavía hasta hoy en día no se hacen análisis para controlar la posible necesidad de nutrientes para un correcto desarrollo biológico en las piscinas.

Según los primeros análisis de control de la contaminación llevados a cabo por el laboratorio de la Refinería Estatal de Esmeraldas durante los últimos 3 meses del año pasado, se puede determinar que la presencia de hidrocarburos en las piscinas es del orden de 4,8 ppm a 0,8 ppm. (Ver anexo Nr.1).

Además hay un alarmante nivel de contaminación causada por otras sustancias. Así tenemos que no hay presencia de oxígeno disuelto salvo en una medición la cual apenas señala 2,3 ppm.

El nivel de cromatos es excesivamente alto, este oscila entre 0,72 ppm y 4.5 ppm. El límite permisible es de 0.05 ppm. El nivel ha llegado a 90 veces sobre el límite.

Los fenoles están en un nivel muy alto, dos mediciones indican 75 ppm y 32 ppm, cuando el límite máximo es de 0,2 ppm. En este caso la descarga de fenoles ha llegado a 37.500 veces por encima del límite permisible.

Los cloruros se encuentran abundantemente, las mediciones indican 140 ppm y 497 ppm, límite máximo son 200 ppm.

El factor pH fluctua entre 3,9 y 9,0, es decir con una aguda tendencia a la acidez aunque también se extralimita en alcalinidad. Esto señala una gran presencia de ácidos e hidroxidos.

La época, cuando se iniciaron estos análisis de contaminación, coincidió con varios paros de los aireadores y de la bomba de recirculación en la piscina de aireación. Esto explicaría la altísima carga contaminante detectada y también la necesidad de tomar medidas de solución para casos emergentes, las cuales serán detalladas en el punto 4.3.5.

Estas mediciones indican claramente las deficiencias del sistema de tratamiento de efluentes de la Refinería Estatal de Esmeraldas. La contaminación no solo es grave por presencia de hidrocarburos sino también por niveles muy altos de otras sustancias tóxicas. Hay que tomar en cuenta que la carga contaminante presente en el sistema de estabilización es desalojada directamente al río Esmeraldas.

4.3.5 Piscina de aguas lluvias

Hasta la actualidad esta piscina ha servido para recolectar todas las descargas de aguas contaminadas, sean estas aceitosas u otras como el agua de drenaje de laboratorio, cuando el separador de aguas aceitosas no ha funcionado. Recibe también el agua de enfriamiento, el condensado del vapor del sistema de recuperación, y desde el inicio de la operación de la refinería fue utilizada como un depósito de SLOP. Esta piscina no ha sido utilizada nunca según los lineamientos de diseño.

El contenido podría dividirse en cuatro capas bien definidas, a saber:

- Capa de SLOP libre, de 15 cm. a 30 cm. de espesor.
- Capa de SLOP, agua y lodo aceitoso con un espesor aproximado de 15 cm..
- Capa de agua y sedimentos en suspensión, especialmente carbón fino.
- Capa de lodo sedimentado. /16/

Hasta 1988 se habrían estado vertiendo en su interior desechos industriales pesados , probablemente tóxicos, lo que se desprende de la prohibición de continuar con este procedimiento impartida por el Subgerente de Industrialización el 2 de junio de 1988. /16/

El agua de esta piscina es evacuada constantemente a la piscina de aireación. La succión se hace a una cierta profundidad, a nivel de la capa con sedimentos de suspensión.

Se han llevado a cabo varios intentos de limpieza, todos infructuosos ya que el sistema de tratamiento de efluentes no fue implementado paralelamente en forma adecuada. En 1985 se calculó que el flujo diario de SLOP que llegaba a la piscina era de 15,9 m3. En 1986 se reportó la recuperación de 136.655 barriles es decir 21.728 m3 de SLOP de esta piscina. /16/

La piscina de aguas lluvias tampoco esta impermeabilizada. El riesgo de contaminación de aguas subterráneas es muy elevado, tomando en cuenta la gran cantidad de desechos tóxicos que se habrían vertido en ella.

Los análisis de la contaminación de los últimos meses de 1988 revelan que no existe oxígeno disuelto, los cromatos oscilan entre 2,2 ppm y 0.7 ppm; los fenoles llegan hasta 26 ppm. El nivel de fenoles se ha elevado 13.000 veces sobre el límite permisible.

Los cloruros alcanzan 335 ppm, el factor pH fluctua entre 6,9 y 9,5 . (Ver anexo Nr.1)

La piscina de aguas lluvias es evacuada en casos de emergencia directamente al río Teaone .

Sugiero que esta piscina sea vaciada y limpiada , el fondo deberá también ser dragado previamente a una cimentación y a una impermeabilización .

La piscina de aguas lluvias debe mantenerse constantemente vacía, lista para recibir los desagües de la refinería en caso de lluvias torrenciales .

Recomiendo además la construcción de una piscina impermeabilizada como alternativa para el desvío temporal de efluentes contaminados en caso de daños en los equipos de los sistemas involucrados. De los análisis de contaminación se desprende la necesidad de que el sistema general de tratamiento de efluentes sea ampliado en una tercera etapa , que incluya un proceso de neutralización del factor pH, y de tratamiento de sales y otras sustancias tóxicas. Este proceso podría ser de adsorción y absorción con lodos activados o con carbón activado. /8/,/9/ La eficiencia de remoción de hidrocarburos, fenoles, amoniaco, DBO, DQO, y sólidos en suspensión en éstos procesos llegan hasta un 99 % . /17/ De esta manera estaríamos previniendo que muchas sustancias químicas sean descargadas al medio ambiente , y así la piscina de aireación podría mejorar radicalmente su eficiencia .

4.3.6 Piscinas de lodos

Estas piscinas no han sido objeto de limpieza periódica . Los drenajes han estado frecuentemente obstruidos durante las lluvias, desbordándose el agua acumulada en ellas , con la consiguiente contaminación . /16/

Tampoco poseen recubrimiento impermeabilizante . Se deben tomar las mismas medidas anteriormente expuestas .

4.3.7 Canales de desfogue a los rios Teacne y Esmeraldas

Estos canales no fueron diseñados con suficiente amplitud para evacuar grandes caudales de agua especialmente durante la época invernal . Cuando esto sucede , los derrames de las piscinas es frecuente .

Se han instalado unos diques con pacas de paja para absorber a los hidrocarburos que pudiesen desfogarse también . Estos diques son bastante frágiles ante la presión de una gran masa de agua . Sugiero que se construyan unas trampas donde las pacas de paja puedan cumplir con su objetivo sin ser arrastradas por la corriente . Es necesario anotar que este método de absorción de hidrocarburos con paja no sirve para retener todas las demás sustancias químicas presentes en el agua que es evacuada .

Los canales deberían ser cimentados en hormigón , lo que facilitaría su mantenimiento y evitaría la contaminación del suelo circundante .

5. Contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica causada por una refinería es de considerable magnitud.

Las emisiones provienen especialmente de tanques de almacenamiento, de procesos, de chimeneas, de fallas de equipos y porque sus acoples no están herméticamente cerrados. Toda la variedad de contaminantes atmosféricos y sus fuentes de producción está descrita en el cuadro 1 del punto 3.1. Esta variedad agrava la búsqueda de soluciones. Cada fuente de contaminación gaseosa debe ser tratada específicamente y los procesos de descontaminación son también particulares al tipo de contaminantes. /6/

La contaminación por emanaciones de hidrocarburos es cuantitativamente la más importante, y a la que se le debe dedicar una gran atención; muy especialmente aquella causada por fugas a través de válvulas, drenajes, bombas, sellos, juntas, compresores, tuberías, también durante el mantenimiento de equipos, limpieza de tanques, limpieza de columnas de proceso etc..

Como ejemplo se podría anotar que según estudios llevados a cabo por la Environmental Protection Agency EPA en los Estados Unidos y por otros grupos de investigadores /2/, la pérdida de hidrocarburos y su consiguiente descarga al medio ambiente puede llegar hasta un 0,6 % de la masa total de la producción de una refinería.

Otros contaminantes como óxidos de azufre y de nitrógeno provienen de procesos de refinación y combustión. El monóxido de carbono y los contaminantes particulares son también producto de diversos tipos de combustión. Causa principal de estas emisiones son procesos defectuosos o ineficientes, además de la composición de los combustibles utilizados. /6/, /7/

Una estricta y ordenada operación de mantenimiento que constantemente controle y elimine las fugas reduciría radicalmente la contaminación por hidrocarburos.

5.1 Cálculo rápido de la carga contaminante emitida a la atmósfera por la Refinería Estatal de Esmeraldas

En este punto tomaremos en cuenta a las emisiones de hidrocarburos, de óxidos de nitrógeno, óxidos de carbono, partículas y otros.

Las emisiones de óxidos de azufre de proceso se tratarán específicamente en el siguiente punto 5.3.

Este cálculo se lo ha realizado según la metodología propuesta por el Manual de Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación de Aire, Agua y Suelo. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud (OPS/DMS) y Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología SEDUE de México, 1984. /11/

5.1.1 Emisiones de hidrocarburos.

Para refineries antiguas se ha calculado que estas emiten un promedio de 2,5 kg de hidrocarburos por cada m³ de carga. Para plantas nuevas la emisión sería de 1.54 kg de hidrocarburos por cada m³ de carga. /11/

El cálculo para la Refinería Estatal de Esmeraldas se lo hizo con datos de 1985 a 1988 y para 1988 se consideró ambos factores de emisión, año en el cual ya entraron en pleno funcionamiento tanto la antigua refinería con capacidad de 40000 barriles/día y la ampliación con capacidad de 50000 barriles/día.

El procedimiento fue el siguiente : se multiplicó el factor 2,5 con el 44.4 % de la carga total y el factor 1.54 con el 55.5 % de la carga total. Entonces se obtiene el siguiente cuadro :

Emisión de hidrocarburos a la atmósfera

Cuadro Nr.3

	1985	1986	1987	1988
Carga total m ³	2697086	3180922	2364230	4643731
Carga unidades antiguas 44,4 % m ³				2043241
Emisión (factor 2.5 kg/m ³)	6742715	7952305	5910575	5108104.7
Carga unidades ampliación 55,5 % m ³				2554052.1
Emisión (factor 1.54 kg/m ³)				3933240.2
Total Tm.	6742.7	7952	5910	9041.3

/11/,/18/

Estos resultados nos indican la cantidad de hidrocarburos emitidos a la atmósfera en los años en cuestión.

Las pérdidas de hidrocarburos pueden representar un serio problema ambiental, especialmente en aquellas áreas afectadas por la posibilidad de formación de Smog fotoquímico. /3/

5.1.2 Emisiones misceláneas a la atmósfera

El mismo procedimiento utilizaremos para calcular la carga contaminante producto de los procesos de combustión involucrados en la refinería.

Emisiones de óxidos de Nitrógeno Nox a la atmósfera

Cuadro Nr. 4

Combustible consumido	1985	1986	1987	1988
Fuel-Oil Tm	n.d.	n.d.	n.d.	14565
Subtotal Fuel-Oil (factor 13.2 kg/Tm)				192258
Gas de refinería m3	54527.8	63865.9	53727.9	86107.3
Subtotal gas (factor 9.6 kg/1000m3)	523.4	613.1	515.7	826.6
Total NOx Tm	0.52	0.61	0.51	193.08

n.d.: no existen datos

/11/,/18/

**Emissiones a la atmósfera de hidrocarburos provenientes
de procesos de combustión**

Cuadro Nr. 5

Combustible consumido	1985	1986	1987	1988
Fuel-Oil Tm	n.d.	n.d.	n.d.	14565
Subtotal (factor 0.13 kg/tm)				18934
Gas de refinería m3	54527.8	63865.9	53727.9	86107.3
Subtotal (factor 0.016 kg/1000m3)	0.872	1.02	0.859	1.377
Total HC Tm	0.00087	0.001	0.00085	1.89

n.d.: no existen datos

/11/,/18/

Emissiones de monóxido de carbono a la atmósfera

Cuadro Nr. 6

Combustible	1985	1986	1987	1988
Fuel-Oil Tm	n.d.	n.d.	n.d.	14565
Subtotal (factor 0.66 kg/Tm)				9612.9
Gas de refinería m3	54527.8	63865.9	53727.9	86107.3
Subtotal (factor 0.2 kg/1000m3)	10.9	12.7	10.7	17.2
Total CO Tm	0.0109	0.0127	0.0107	9.63

n.d.:no existen datos

/11/,/18/

Emisiones de anhídrido sulfuroso a la atmósfera

Cuadro Nr. 7

Combustible consumido	1985	1986	1987	1988
Fuel-Oil Tm	n.d.	n.d.	n.d.	14565
Subtotal (factor 19.9*5 kg/Tm)				492733
Gas de refinería m3				86107.3
Subtotal (factor 16.6*5 kg/1000 m3)	54527.8	63865.9	53727.9	0.0029
Total SO2 Tm	0.0018	0.0021	0.0018	492.7

n.d.: no existen datos

/11/,/18/

S= porcentaje del contenido de azufre del Fuel-Oil por peso:

Fuel-Oil = 1.7 Gas = 0,0000034

Emisiones de partículas a la atmósfera

Cuadro Nr. 8

Combustible consumido	1985	1986	1987	1988
Fuel-Oil Tm				14565
Subtotal (factor 1.04 kg/Tm)				15147.6
Gas de refinería m3	54527.8	63865.9	53727.9	86107.3
Subtotal (factor 0.24 kg/1000m3)	13.08	15.3	12.8	20.6
Total Part. Tm	0.013	0.0153	0.0128	15.1

n.d.: no existen datos

/11/,/18/

Debido a que en los balances de materia de la Refinería Estatal de Esmeraldas no se cuantificaron los datos del Fuel-Oil consumido en refinería para los años de 1985, 1986 y 1987, los cálculos fueron terminados únicamente para el año de 1988.

Podemos asumir que las cantidades de carga contaminante emitidas en los años anteriores serán casi del mismo orden que en 1988.

En 1988 se lanzaron a la atmósfera 712 TM de contaminantes (SO₂, HC, NO_x, CO, Partículas) producto de la combustión de Fuel-Oil y Gas de refinería, para la generación de energía calorífica y energía eléctrica.

Es necesario señalar que el método de cálculo rápido utilizado puede tener un cierto margen de error, pero esto en ningún modo merma su importancia para tener una idea bastante cercana a la realidad acerca de la descarga contaminante de una refinería. Solamente mediciones in situ podrán proveer de datos exactos.

5.2 La planta de recuperación de azufre

En 1987 comenzó la operación de la planta de desulfurización, la cual aprovecha como carga los gases de las diversas unidades de proceso. La planta trabaja según el proceso Claus de conversiones térmica y catalítica.

Indudablemente esta planta de recuperación es una importante ayuda para mermar la contaminación atmosférica causada por la Refinería Estatal de Esmeraldas, además que produce azufre de gran pureza y calidad. Este producto podría significar también un rubro económico importante si se consigue comercializarlo adecuadamente.

Sin embargo desde la puesta en marcha de la operación de desulfurización la planta ha trabajado parcialmente. Una serie de paros en la unidad de craqueo catalítico fluidizado FCC y paros propios han disminuido gravemente la eficiencia del proceso. /14/

Según cálculos propios de la Refinería Estatal Esmeraldas, desde Diciembre de 1987 hasta Febrero de 1989 la planta de recuperación de azufre dejó de producir 4.478 toneladas con respecto al diseño. /14/

Se puede asumir que esta cantidad fue emitida a la atmósfera en forma de óxidos de azufre.

6. Otros tipos y fuentes de contaminación

En acápites anteriores hemos analizado los dos principales tipos de contaminación de la Refinería Estatal de Esmeraldas, a saber: la contaminación hídrica y la contaminación atmosférica. A continuación mencionaremos otros tipos y fuentes de contaminación, importantes por el efecto que causan, pero en razón del enfoque específico del proyecto dentro del cual se enmarca el presente trabajo, solo serán enunciados y no analizados cuantitativamente.

6.1 Contaminación térmica

Los desechos industriales de la producción hidrocarburífera suelen tener una temperatura superior a la del medio ambiente que les rodea. Las aguas residuales con altas temperaturas que son descargadas en cauces hídricos, pueden afectar a las especies acuáticas que viven en ellos. La alta temperatura del agua incide en la solubilidad del oxígeno, dificultando que exista una transferencia de oxígeno desde la atmósfera. Algunas actividades biológicas podrían aumentar. El sistema hídrico aumentará su demanda de oxígeno como consecuencia de esto.

En las mediciones llevadas a cabo por la Superintendencia de Marina con base en Balao, se puede apreciar que las descargas de la refinería al río Teaone tienen una temperatura alta. Esta oscila entre los 30°C y 38°C habiendo llegado inclusive a los 45°C. (Ver anexo Nr.2).

Especialmente en épocas de bajo caudal (verano y sequía) el río Teaone y su vida bioacuática pueden verse afectados por las descargas cálidas provenientes de la refinería. Esto señala que las aguas residuales muchas veces han sido vertidas al medio ambiente directamente sin pasar siquiera por la piscina de aguas lluvias, lo que habría bajado la temperatura de las aguas.

6.2 Contaminación del subsuelo y de las capas freáticas

La mayor parte de la contaminación del subsuelo es causada por derrames de hidrocarburos. En la Refinería Estatal de Esmeraldas han ocurrido tanto el caso de derrames en áreas de procesos como derrames por desbordamiento de piscinas. Además hay que anotar el peligro de contaminación de aguas subterráneas por el depósito de hidrocarburos y sustancias tóxicas en las diversas piscinas del sistema de tratamiento de efluentes. Piscinas que no están impermeabilizadas. Como se anotó ya en el punto 4.3.4, el peligro es aún mayor debido a la poca profundidad a la que se encuentran los niveles freáticos.

Es importante anotar que el costo de cimentación e impermeabilización para las piscinas de aguas lluvias, de oxidación, de estabilización y de lodos estaría en alrededor de 208 millones de sucres. Para este precio se han tomado en cuenta los costos actuales del hormigón armado, y de la mano de obra. El costo de saneamiento de las piscinas está por debajo del costo de las pérdidas de masa de la Refinería Estatal de Esmeraldas en 1988, como se lo podrá comprobar más adelante en el punto 7. .

6.3 Desechos sólidos y semisólidos

Los desechos sólidos y semisólidos de una refinería pueden ser de varios tipos: lodos de proceso, catalizadores gastados como la arena de las unidades Merox, sulfuros de hierro, hollín, material refractario de hornos. chatarra, basura en general y sustancias químicas cuya fecha de vencimiento se ha cumplido.

Estos desechos deben ser manejados según su grado de complejidad y de contaminación tóxica. Se debe tratar de concentrar a los desechos, como es el caso de los lodos. Por medio de procesos mecánicos se tratará de separar toda el agua que contengan.

En caso de desechos altamente tóxicos, estos deberán ser depositados en recipientes sellados, para su disposición final, normalmente enterrados en sitios apartados e idóneos para este fin.
/9/, /4/

En la Refinería Estatal de Esmeraldas existen problemas especialmente con aquellas sustancias químicas que están caducas. A causa de una legislación no acorde a las circunstancias, estas sustancias tienen que permanecer casi a la intemperie en almacenes no adecuados para este menester, hasta por espacio de dos años mientras se legaliza su descarte oficial. Se pudo observar que los recipientes de estas sustancias estaban totalmente corroídos y su contenido se había escapado habiendo sido lavado por la lluvia, y arrastrado por los canales de desagüe a la piscina de aguas lluvias.

Urge que se tomen medidas correctivas que eviten esta fuente de contaminación altamente tóxica.

6.4 Olores

Este tipo de contaminación podría considerarsela dentro del área de contaminantes atmosféricos, pero debido a sus particularidades, se decidió enunciarla específicamente. Una refinería despidе constantemente por sus chimineas una serie de olores desagradables. Pero una de las principales causas de los olores se encuentra en fallas de equipos y la falta de juntas herméticas en válvulas, sellos y tuberías. Grandes superficies cubiertas de hidrocarburos contribuyen también a contaminar con olores.

Los principales agentes odorizantes son todos los compuestos de azufre, por ejemplo: H_2S , SO_x , y mercaptanos, también compuestos de nitrógeno, y aromáticos. La Refinería Estatal de Esmeraldas, contamina intensamente a través de sus olores, a 2 km a la redonda y más, según la dirección del viento, ya se puede distinguir su presencia.

Es de suma importancia que se lleve a cabo un mantenimiento periódico de los implementos mecánicos ya descritos para evitar fugas innecesarias.

7. Balance de masa de la Refinería Estatal de Esmeraldas

Uno de los objetivos del presente trabajo es la cuantificación de las pérdidas de materia durante el proceso de refinación de petróleo .

Estas pérdidas de materia podrían ser explicadas como una fuente de contaminación ambiental .

Con el balance de masa obtenemos un instrumento que nos permite dar un valor económico real a la pérdida de materia de un proceso industrial , la cual podría estar afectando al entorno natural . Este razonamiento nos otorga dos argumentos poderosos para mejorar la eficiencia de un proceso productivo , el argumento de la protección ambiental , y el argumento de la pérdida económica . Y en clara relación dialéctica al optimizar el proceso productivo , se estará efectuando también una importante contribución a la naturaleza .

7.1 Metodología

Para los balances de masa se consideraron cuatro años , desde 1985 hasta 1988, es decir antes y después de la ampliación de la refinería.

Se realizaron tres cálculos numerados correspondientemente , los dos primeros con datos de carga y producción proporcionados por el Departamento de Análisis Estadístico de CEPE, el cual trabaja con los balances de materia oficiales emitidos por la Refinería Estatal de Esmeraldas expresados en unidades de volumen . En el primero se calculó con datos de densidades medidos en años anteriores; en el segundo se calculó con datos de densidades correspondientes a mediciones de Enero de 1989.

El tercer balance se calculó con datos de carga y producción proporcionados por la División de Producción de la Refinería Estatal de Esmeraldas y con datos de densidades medidas en Febrero de 1989. Los datos de las densidades fueron tomados de los certificados de calidad de producto de CEPE.

El balance considera a todos los rubros y operaciones de proceso y movimiento de productos semielaborados, además de la producción total de derivados terminados en bruto . No se ha considerado la operación de mezcla de productos terminados ya que no forma parte del proceso productivo mismo .

Los datos de carga y producción están cuantificados en unidades de volumen (metros cúbicos).

Para el objeto de este estudio se han cambiado los datos de las unidades de volumen a unidades de masa , acorde al principio físico de que la materia no desaparece , solo se transforma, además que es mucho más complicado cuantificar posibles pérdidas a partir de datos volumétricos , especialmente cuando existen procesos que aumentan el volumen de la carga.

Al tomar en cuenta y calcular con los productos terminados, con los productos utilizados como combustible en la refinería, inclusive el gas quemado en tea, con todos los movimientos de productos semielaborados, y otras operaciones esporádicas, estamos cuantificando todo el flujo de masa dentro del proceso productivo. Así entonces la diferencia existente entre carga y producción reflejará una pérdida absoluta de masa dentro del proceso.

Además el balance toma como punto de partida a la materia (crudo + SLOP) que entra como carga al proceso productivo, por lo cual no es considerada la usual pérdida de hidrocarburos por evaporación en los tanques de almacenamiento.

Todas las transformaciones que sufre la carga están cuantificadas, inclusive las denominadas "ganancias en proceso" que son el resultado del aumento de volumen, lo que ocurre especialmente en las unidades de craqueo catalítico fluridizado -FCC-, donde se transforma la estructura molecular de los hidrocarburos.

Se ha tomado especial cuidado en calcular el porcentaje volumétrico de las fracciones producidas en la unidad de FCC, cada una con su densidad particular.

La masa de productos intermedios o semielaborados fue calculada con densidades promedio partiendo de las del Fuel Oil y Diesel.

En el anexo No.3 se encontrará una explicación y la procedencia exacta dentro de los balances de materia de la refinería de los siguientes rubros: ganancia en proceso, pérdidas o ganancia de productos semielaborados, productos intermedios y drenaje de semielaborados.

Hay algunos rubros correspondientes a productos que solo constan en los balances de 1987 y 1988. Su producción o su cuantificación específica comienza desde entonces.

Se han estudiado los últimos cuatro años de operación de la refinería, tomando en cuenta que en 1987 se puso en marcha la ampliación que elevó su producción de 40.000 barriles diarios a 90.000 barriles por día. De esta forma podemos establecer claramente una comparación entre la operación anterior y la actual, con la nueva planta incorporada.

7.2 Discusión de los resultados

En cada balance anual se realizan las siguientes operaciones:

- Suma de los productos terminados más Slop y los productos intermedios o semielaborados. (Ver anexo Nr.4)
- Suma de las operaciones. Aquí debe entenderse a los movimientos de semielaborados, a los rubros de ganancias y pérdidas, a ganancias en proceso y a drenaje de semielaborados, más alguna operación esporádica.
- Suma total de los rubros anteriores.
- Diferencia entre la producción (productos terminados y operaciones) y la carga (crudo y Slop), en toneladas métricas.

- Para efectos de una comprensión rápida en términos hidrocarbúricos de la magnitud de la cifra anterior , se la transformó a barriles utilizando una densidad promedio ($d=0.8698$), ya que la diferencia establecida en unidades de masa no es identificable con un producto determinado .
- Por último se calculó el porcentaje correspondiente a la diferencia entre carga y producción en unidades de masa.

La diferencia carga vs. producción indica la cantidad de masa que se pierde en el proceso productivo de la refinería . Esta cantidad varía considerablemente de año a año , es así que en 1985 se perdieron 1.011,6 toneladas métricas , en 1986 fueron 43.219,8 TM , en 1987 la pérdida fue de 36.667 TM , y en 1988 descendió a 9284 TM . Los datos mencionados corresponden al balance Nr.2 (ver cuadros de balances de masa en el anexo Nr.4).

Si tomamos el factor ambiental como argumento podemos deducir que las cantidades arriba señaladas estarían afectando al medio ambiente .

Partiendo del razonamiento económico , las cantidades de pérdida evidenciadas en el balance de masa son considerables. Tomando en cuenta precios promedio del crudo ecuatoriano de cada año , tendríamos la siguiente cuantificación :

Cuadro Nr. 9

Pérdida (datos balance Nr.2)	1985	1986	1987	1988
barriles	7303.96	312046.9	264742.7	67033.46
precio US\$	25.91	12.69	16.27	12.49
Total US\$	189244	3959863	4307352	837242

/18/, Anexo Nr.4

Soy de la opinion que la brusca fluctuación de estos resultados indica una irregularidad en el proceso productivo . Identificando las causas de esta variación , con seguridad se podrán encontrar algunas de las razones importantes para la pérdida de materia .

8. Análisis de las descargas a los ríos Esmeraldas y Teaone

Las descargas hídricas de la Refinería Estatal de Esmeraldas a los ríos Esmeraldas y Teaone son controladas regularmente por la Unidad de Control de la Contaminación de la Superintendencia del Terminal Petrolero de Balao. En el anexo Nr.6 se puede ver el promedio de los resultados de los análisis de laboratorio de las muestras tomadas.

Es necesario anotar que estos resultados no son representativos ya que por efecto de la promediación no aparecen todos los valores, especialmente aquellos que indican niveles extremos.

Se puede apreciar que los índices que indican presencia de hidrocarburos son negativos, salvo algunas excepciones.

Los valores de cloruros y los de la conductividad son altos, también los que indican presencia de alcalinidad y acidéz.

El factor pH fluctúa entre valores extremos que señalan también acidéz y alcalinidad. La temperatura de la descarga al río Teaone es bastante más alta que la del río Esmeraldas.

De estos resultados se puede deducir que los efluentes están principalmente contaminados por la presencia de sustancias químicas, provenientes probablemente de los reactivos químicos utilizados en el proceso.

Substancias orgánicas como fenoles no son señaladas en estos resultados, esto se debe principalmente a su inestabilidad. Los fenoles tienden a oxidarse rápidamente.

Al contrario de los análisis realizados a las muestras tomadas en las piscinas del sistema de tratamiento de efluentes (ver puntos 4.3.4 y 4.3.5), estos resultados indican niveles generalmente no muy altos. Se puede explicar esta situación con el alto grado de dilución en una masa de agua infinitamente mayor, que es la que aportan los ríos, especialmente el Esmeraldas.

Estudiando los datos de los muestreos efectuados por el Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos INERHI en la cuenca hidrográfica del Esmeraldas se puede apreciar que en los ríos Esmeraldas y Teaone aguas abajo de las descargas de refinería no hay rastros de las sustancias indicadas por los análisis de la Superintendencia del Puerto Petrolero de Balao. /12/

Es perentorio indicar que las descargas contaminadas de la refinería si bien son diluidas por el caudal de agua de los dos ríos, las sustancias químicas son bioacumulativas y hay que considerar el tiempo desde cuando estas están siendo vertidas constantemente. Además se debe recordar que han existido varios casos de derrames mayores con sus consecuencias.

Es necesario que se ponga en práctica un modelo matemático de dispersión el cual podrá ordenar correctamente el método del muestreo y dará mejores pautas para analizar la contaminación.

Las muestras deberán ser tomadas también del limo en el lecho de los ríos, lo cual dará pruebas más claras sobre la contaminación.

9. Posibles causas operacionales y estructurales de la contaminación

La contaminación producida por un proceso industrial responde generalmente a causas de orden operacional, en algunos casos a razones estructurales y en la mayoría de las veces a la falta de una conciencia y una política ambiental a nivel público y privado.

Causas operacionales se encuentran, en deficiencias de diseño, de manejo, de mantenimiento, de infraestructura física y de aparatos y equipos de todos los procesos industriales involucrados; se encuentran además en la actitud del personal de operarios y técnicos.

Las razones estructurales se las puede ubicar en la organización, en la planificación, en el financiamiento, y en general en la política económica y empresarial. Fundamental responsabilidad tiene el personal de mando ejecutivo en sus decisiones ante las disyuntivas costos-contaminación, producción-medio ambiente, y también en su gestión dirigida a desarrollar un programa productivo acorde al equilibrio ecológico.

Las políticas públicas están llamadas a dar los lineamientos a través de la legislación, el ordenamiento, la normalización, y el control de los procesos productivos en márgenes de respeto con el entorno humano y ambiental.

9.1 La Refinería Estatal de Esmeraldas y la contaminación

A lo largo del presente trabajo se ha demostrado cual es la magnitud de la contaminación causada por la refinería. Por lo que conviene cuestionar las causas de este efecto, tanto a nivel de los procesos como en la estructura misma de CEPE.

Dentro de los procesos en la planta se puede mencionar la existencia de problemas en los equipos, en su operación como también en su mantenimiento preventivo.

Existen gran cantidad de fugas en los diversos sistemas de servicios de energía, las cuales en la actualidad llegan a las 20 t/h. Las purgas deberían reducirse de un 4,5 % a un 1,2 % según la auditoría energética llevada a cabo por IDOM ./15/,/14/. Esto es de suma importancia ya que una buena cantidad de sustancias químicas de tratamiento de aguas como cloruros y otros se pierden y son vertidos al sistema de aguas aceitosas elevando la contaminación de estos efluentes.

Una gran cantidad de paradas, 387 en total entre 1985 y 1988, de las cuales solo 87 de ellas fueron a causa de paros programados o fallas en el sistema eléctrico interconectado del país, las demás fueron ocasionadas por daños de la más diversa índole, como fallas en bombas, compresores, calderas, instrumentación etc., falta de repuestos. Estas paradas dan una pauta de que la operación de la refinería no es regular ./14/

La instrumentación es poco fiable especialmente en las unidades antiguas debido a su desgaste y falta de mantenimiento. Los controles no son suficientes por falta de personal adecuadamente entrenado. Una refinería con una producción de 90000 barriles/día debería operar con un equipo de 20 técnicos encargados de instrumentación, tanto para la reparación-calibración de la instrumentación como para las respectivas mediciones. Actualmente se cuenta con 10 técnicos./15/

El mantenimiento general que se efectúa en la planta no es preventivo sino correctivo y además frenado por impedimentos de gestión.

En la refinería no se han llevado a cabo nunca balances de masa ni en las unidades de proceso ni para el conjunto de la operación.

Esto trae consigo un desconocimiento de los rendimientos efectivos de cada proceso unitario y también de las pérdidas de masa existentes. Los balances también servirían para controlar el estado de los instrumentos y aumentar la confianza en la medición, además de ser un buen recurso para controlar la contaminación ambiental.

Todos los hechos mencionados revelan una predisposición a conducir la refinería bajo una filosofía de producción, atendiendo únicamente a unos requerimientos y metas que en el mediano plazo entrarían en grave contradicción con la propia vida útil de la planta.

Al mismo tiempo la estructura de gestión de CEPE dificulta un correcto desenvolvimiento de la refinería. CEPE, si bien es una empresa, funciona en cambio controlada por las normas de gasto público, no tiene un presupuesto libre; para cualquier tipo de adquisición debe recorrer una serie de pasos administrativos que imposibilitan su efectividad.

Este panorama revela una intensa correlación de causas, que derivan en una falta de adecuado control de la contaminación ambiental.

Urge que se implementen medidas correctivas que puedan mejorar la operación del proceso productivo y con ello se disminuyan las pérdidas de masa que en la actualidad se descargan en el medio ambiente.

10. Contaminación causada por la ciudadela de CEPE

Se ha incluido en el presente trabajo una breve descripción del problema que causan las descargas de las aguas servidas de la urbanización de CEPE, en razón al interés manifestado por CEPE de que dentro del marco general del "Proyecto de mejoramiento de la calidad del agua de los ríos Esmeraldas y Teaone", se considere no solo a la Refinería Estatal de Esmeraldas sino también a su urbanización.

CEPE construyó paralelamente al montaje de la Refinería Estatal de Esmeraldas, una ciudadela para proveer de vivienda a sus empleados. Esta ciudadela se encuentra a pocos kilómetros de la refinería y a unos 500 mts. del río Teaone aguas abajo de la refinería. En ella habitan alrededor de 1300 personas permanentemente.

Para el desalojo y tratamiento de las aguas servidas de ésta urbanización se previó un sistema que consta de 2 zanjas de oxidación y sus correspondientes equipos y tableros de control. Las zanjas están compuestas cada una por una entrada de agua cruda (agua sin tratamiento), y una salida de agua tratada. Cuenta además con un equipo de aireación (cepillo) y de una bomba de fangos.

Cada zanja trabajaría 24 horas alternadamente, una cumpliendo un periodo de oxidación y la otra de decantación, y después invirtiendo esta operación. /16/

En la actualidad este sistema de tratamiento no funciona. Al parecer fue construido en un solar privado que no pertenecía a CEPE, los consiguientes problemas legales y posteriormente el hurto de equipos han imposibilitado la operación del sistema.

La descarga de las aguas servidas de la urbanización llega sin tratamiento al río Teaone causando una apreciable contaminación con materia orgánica. Este problema se agudiza en verano y épocas de sequía, al bajar el caudal normal del río. En mediciones puntuales realizadas la demanda bioquímica de oxígeno -DBO5 - suele ser muy alta.

CEPE tendrá que solucionar los problemas legales, o en su defecto construir una planta de tratamiento al interior de la urbanización para impedir que las aguas servidas continúen afectando al río Teaone.

11. Sugerencias

Meta principal del presente trabajo es recomendar cambios y soluciones que permitan optimizar el sistema de tratamiento de efluentes , además de discurrir e identificar otras posibles causas de contaminación en la Refinería Estatal de Esmeraldas .

Es así que considero primordial hacer las siguientes sugerencias :

- Se debe asegurar el funcionamiento regular y eficiente del sistema de tratamiento cuidando que todos sus equipos estén constantemente en condiciones de operación .

Sugiero ampliar el sistema de tratamiento de efluentes , incorporando un proceso final de adsorción y absorción de las aguas aceitosas por medio de lodos activados o de carbón activado .

Se debe construir una piscina impermeabilizada que ayude a receptar temporalmente los desagües de toda la planta en caso de tormentas o temporadas de gran pluviosidad .

- Recomiendo que se ejecute un seguimiento analítico de los procesos de producción por medio de balances de masa. Estos deben efectuarse regularmente tanto en unidades de proceso como también para el conjunto de la refinería . Los balances de masa constituyen un eficiente método de control . Se debe llevar a cabo una auditoria que permita identificar con exactitud las causas de las pérdidas de materia durante el proceso , pérdida evidenciada en el presente documento .

- Recomiendo que se mejore el sistema de control con su respectiva instrumentación, además de aumentar el personal necesario para la eficiente ejecución de esta labor .

Sugiero también que se aproveche el aporte económico ofrecido por la Comunidad Económica Europea CEE a través de su "Programa de Capacitación de Gerencia de Energía en la Industria" /15/ , para el suministro de instrumentación complementaria que permita mejorar los sistemas actuales.

- Se deben optimizar las condiciones de los diferentes procesos de combustión en la refinería .

- Sugiero la inmediata reparación de fugas en equipos y ductos , especialmente en el área de servicios .

- El mantenimiento de unidades , aparatos , equipos e infraestructura debe cambiar del mantenimiento correctivo actual a un mantenimiento preventivo .

Se deben crear además las condiciones económicas y de gestión que permitan mejorar la eficiencia de la operación .

El mantenimiento de la planta debe estar a cargo de una sección dotada de amplios recursos y facultades , o en su defecto debe ser encargado a una empresa externa que se responsabilice por esta función .

- Para prevenir posibles accidentes que afecten a la salud humana y al medio ambiente se deben llevar a cabo análisis de la confiabilidad del funcionamiento de los procesos , aparatos , equipos, e infraestructura de la refinería . Estos estudios deben ejecutarse por medio de análisis de árboles de fallos , los cuales son los modelos lógicos de los procesos técnicos respecto de los sucesos que no deben ocurrir (accidentes, fallas , daños, etc.) /10/.

Es recomendable también que se realice una auditoría de seguridad la cual tendría como meta descubrir los lados fuertes y los lados débiles especialmente en las zonas de riesgo, por medio de estudios sistemáticos de toda la planta /10/.

- Sugiero también la creación de un comité de control ambiental con el personal de refinería que represente a las distintas áreas de trabajo , incluyendo al superintendente . Este comité se encargaría de capacitar , de motivar al personal y de vigilar el correcto funcionamiento de los procesos para evitar la contaminación del medio ambiente .

- A lo largo del presente trabajo se han definido también otras recomendaciones puntuales , específicas a cada sistema o área analizada .

12. Conclusiones

La Refinería Estatal de Esmeraldas bajo las actuales condiciones de operación es indudablemente un factor contaminante . Las fuentes de contaminación son varias y de diversa magnitud , las cuales en muchos casos han sido acrecentadas por fallas de operación .

El principal peligro radica en la imposibilidad de atender eficientemente situaciones emergentes , las cuales podrían causar severos daños al medio ambiente .

En la actualidad los efluentes líquidos de la refinería arrastran una carga contaminante que no puede ser detectada a cabalidad en los ríos Esmeraldas y Teatone , especialmente debido a factores de dilución y dispersión y también a causa de la falta de un muestreo más amplio y regular así como por la falta de análisis que abarquen una mayor cantidad de parámetros .

Las emisiones gaseosas de la refinería son muy significativas . Existe una planta de desulfurización para el tratamiento de los gases de proceso , aunque esta todavía no cumple con su cometido eficientemente . Los gases producto de los procesos de combustión son lanzados a la atmósfera sin mayor tratamiento. La contaminación atmosférica es visible y afecta a toda la región circundante .

Es necesario tomar atención sobre el riesgo de la contaminación de las aguas subterráneas y de las capas freáticas.

El sistema de tratamiento de efluentes líquidos debe ser radicalmente mejorado tanto en su operación como en su infraestructura .

En general se debe poner mayor énfasis en mejorar el mantenimiento y la operación de la planta con el objetivo de reducir la carga contaminante de los desechos y de recuperar las pérdidas de materia .

Bibliografia

- /1/ Environmental Management Practices in oil refineries and terminals
United Nations Environmental Programme UNEP, Paris 1987
- /2/ Environmental Study of the Petrochemicals Industry
United Nations Industrial Development Organization UNIDO
Sectoral Working Paper Series No. 36
- /3/ Environmental Aspects of the Petroleum Industry
An Overview
United Nations Environmental Programme UNEP, Paris 1978
- /4/ Perry's Chemical Engineers' Handbook
Mc Graw Hill 50th Edition, 1984
- /5/ Lehrbuch für Abwassertechnik und Gewässerschutz
Prof. Dr. Ing. habil Franz Pöpel
Deutscher Fachschriften Verlag, Wiesbaden 1988
- /6/ Luftreinhaltung durch Adsorption, Absorption und Oxidation
Harald Menig, Deutscher Fachschriften Verlag, Wiesbaden 1977
- /7/ Abgas Entschwefelung und -Entstickung
Harald Menig, Deutscher Fachschriften Verlag, Wiesbaden 1987
- /8/ Grundoperationen chemischer Verfahrenstechnik
Vauck/Müller, Verlag Chemie Weinheim, Basel 1982
- /9/ Deutsch - Türkisches Seminar über Technischen Umweltschutz
Zentrum für Technologische Zusammenarbeit ZTZ, Heft 12
Technische Universität Berlin, Berlin 1988
- /10/ Technische Risiken
U. Hauptmanns, Springer Verlag, Berlin 1987

- /11/ Manual de Evaluación rápida de fuentes de contaminación de aire, agua y suelo.
Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud (OPS/OMS) y Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología SEDUE de México, 1984
- /12/ Carta de calidad del agua - Cuenca hidrográfica Esmeraldas
Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos INERHI, Quito 1986
- /13/ Original Design Philosophy Waste Treatment System
CEPE-Esmeraldas Refinery, UOP Process Division, Illinois 1983
(Documento interno)
- /14/ Cuestionario presentado a la Refinería Estatal de Esmeraldas
Proyecto CEPAL/PNUMA-CEPE 1989
(Documento interno)
- /15/ Auditoría Energética Refinería Esmeraldas
Acciones ADE 933/85/05 y 87/04
Comisión de Comunidades Europeas
Proyecto: "Manejo de Energía en la Industria"
Programa de Capacitación en Gerencia de Energía en la Industria
IDOM 1989
- /16/ Memoranda e informes (varios, Refinería Estatal de Esmeraldas)
- /17/ Lineamientos para un plan de acción regional sobre energía y medio ambiente
Francisco Szekely, Organización Latinoamericana de Energía OLADE, Quito 1988
- /18/ Balances de materia Refinería Estatal de Esmeraldas
Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana CEPE, Quito 1985, 1986, 1987, 1988

ANEXOS

Anexo 1

Balance Nr.1

CUADRO PREELIMINAR BALANCE DE MASA REFINERIA ESTATAL DE ESMERALDAS
UNIDAD : BARRILES DENSIDADES PROMEDIO : VARIOS AÑOS

		1985		1986		1987		1988	
			densidad		densidad		densidad		densidad
CARGA TOTAL	CRUDO	16714680	0.8845	19546859	0.8845	14617487	0.8845	28981552	0.8845
	SLOP	249452	0.8845	460508	0.8845	253053	0.8845	226592	0.8845
SUMA		16964132	0.8845	20007367	0.8845	14870540	0.8845	29208144	0.8845
PRODUCCION :									
GASOLINA 80		4720226	0.73162	5632489	0.73162	3635910	0.73162	7731090	0.73162
GASOLINA 92		472856	0.7519	626897	0.7519	567026	0.7519	745991	0.7519
KEROCEPE (DEST. # 1)		1210225	0.8179	1459981	0.8179	981309	0.8179	1687348	0.8179
DIESEL		3274084	0.855	3917321	0.855	3047060	0.855	6246399	0.855
JET-FUEL		726654	0.8076	712687	0.8076	680583	0.8076	835634	0.8076
ASFALTO AP-3 (85/100)		531771	1.0084	604131	1.0084	465338	1.0084	881332	1.0084
ASFALTO RC-2		42693	0.9582	35493	0.9582	27460	0.9582	39840	0.9582
FUEL-OIL REFINERIA								93978	0.9649
GAS LICUADO DE PETROLEO GLP		702701	0.561	864282	0.561	573174	0.561	1033447	0.561
FUEL-OIL #4 (NACIONAL)		91189	0.9649	159233	0.9649	85416	0.9649	193678	0.9649
FUEL-OIL #6 (EXPORTACION)		5325210	0.9803	6144583	0.9803	4374882	0.9803	9203025	0.9803
AZUFRE						30692	1.8	177834	1.8
GAS QUEMADO EN TEA								141559	0.561
GAS DE REFINERIA		342969	0.561	401704	0.561	337938	0.561	541598	0.561
SLOP (PRODUCCION)		24992	0.8811	25716	0.8811	95676	0.8811	169117	0.8811
PRODUCTOS INTERMEDIOS		-75548	0.8	-220661	0.8	135022	0.8	6172	0.8

GANANCIAS EN PROCESO (TOTAL)		426491		435144		260600		541049	
(60% DENSIDAD GASOLIN.)		255894.6	0.73162	261086	0.73162	156360	0.73162	324629.4	0.73162
(27% DENSIDAD GLP)		115152.5	0.569	117488.8	0.569	70362	0.569	146083.2	0.569
(13% DENSIDAD AC. CICLICOS)		55443.8	0.91756	56568.7	0.91756	33878	0.91756	70336.3	0.91756
PERDIDAS O GANANCIAS EN SEMIELABORADOS		565	0.8	-77931	0.8	-45005	0.8	-18180	0.8
DRENAJE DE SEMIELABORADOS		1020	0.8	720	0.8	8440	0.8	2968	0.8
JET-FUEL SEMIELABORADO						40210	0.8076		
DESPACHADO A GUAYAQUIL (1987)									
SEMIELABORADO EMPAQUETADO EN TUBERIAS (SOLO 1987)						4568	0.8		

PRODUCCION BRUTA		17390022		20363856		15037486		29728042	
SUMA PARCIAL DE OPERACIONES		428076		357733		268813		525837	
TOTAL DE PRODUCCION Y OPERACIONES		17818098		20721789		15306299		30253879	
DIFERENCIA CARGA VS. PRODUCCION BARRILES (DENSIDAD PROMEDIO)									
PORCENTAJE DE POSIBLE CONTAMINACION									

(continúa)

BALANCE DE MASA DE LA REFINERIA ESTATAL DE ESMERALDAS

UNIDAD : TONELADAS METRICAS DENSIDADES PROMEDIO VARIOS AÑOS

		1985	1986	1987	1988
		V(m3)*dens.	V(m3)*dens.	V(m3)*dens.	V(m3)*dens.
CARGA TOTAL	CRUDO	2354161.	2753056.	2058784.	4081876.
	SLOP	35133.80	64859.76	35640.98	31914.11
SUMA		2389295.	2817916.	2094425.	4113790.

PRODUCCION :

GASOLINA 80	549906.3	656184.9	423583.5	900671.9
GASOLINA 92	56614.71	75057.93	67889.62	89316.97
KEROCEPE (DEST. # 1)	157618.3	190146.2	127804.5	219758.2
DIESEL	445755.0	533329.5	414846.5	850425.3
JET-FUEL	93446.77	91650.64	87522.10	107461.4
ASFALTO AP-3 (85/100)	85388.19	97007.27	74720.83	141518.3
ASFALTO RC-2	6514.081	5415.508	4189.836	6078.771
FUEL-OIL REFINERIA				14439.39
GAS LICUADO DE PETROLEO GLP	62773.13	77207.35	51202.32	92319.07
FUEL-OIL #4 (NACIONAL)	14010.87	24465.59	13123.86	29757.94
FUEL-OIL #6 (EXPORTACION)	831258.4	959161.5	682913.5	1436580.
AZUFRE			8797.070	50971.52
GAS QUEMADO EN TEA				12645.63
GAS DE REFINERIA	30637.83	35884.70	30188.41	48381.60
SLOP (PRODUCCION)	3506.441	3608.020	13423.58	23727.54
PRODUCTOS INTERMEDIOS	-9623.94	-28109.6	17200.25	786.2420

GANANCIAS EN PROCESO (TOTAL)	48345.92	49326.75	29540.95	61331.92
(60% DENSIDAD GASOLIN.)	29811.72	30416.51	18215.94	37819.32
(27% DENSIDAD GLP)	10433.40	10645.08	6375.155	13235.88
(13% DENSIDAD AC. CICLICOS)	8100.798	8265.155	4949.856	10276.71
PERDIDAS O GANANCIAS EN SEMIELABORADOS	71.97452	-9927.51	-5733.12	-2315.92
DRENAJE DE SEMIELABORADOS	129.9363	91.71974	1075.159	378.0891
JET-FUEL SEMIELABORADO			5122.292	
DESPACHADO A GUAYAQUIL (1987)				
SEMIELABORADO EMPAQUETADO EN TUBERIAS (SOLO 1987)			581.9108	

PRODUCCION BRUTA	2327806.	2721009.	2017406.	4024840.
SUMA PARCIAL DE OPERACIONES	48547.83	39490.96	30587.19	59394.08
TOTAL DE PRODUCCION Y OPERACIONES	2376354.	2760500.	2047993.	4084234.
DIFERENCIA CARGA VS. PRODUCCION	12941.19	57415.92	46432.33	29555.65
BARRILES (DENSIDAD PROMEDIO)	93435.43	414543.0	335241.4	213391.8
PORCENTAJE DE POSIBLE CONTAMINACION	0.5%	2.0%	2.2%	0.7%

Balance Nr.2

CUADRO PREELIMINAR BALANCE DE MASA REFINERIA ESTATAL DE ESMERALDAS									
UNIDAD : BARRILES		DENSIDAD PROMEDIO SEGUN DATOS REE DE ENERO 1989							
		1985		1986		1987		1988	
			densidad		densidad		densidad		densidad
CARGA TOTAL	CRUDO	16714680	0.8845	19546859	0.8845	14617487	0.8845	28981552	0.8845
	SLOP	249452	0.8845	460508	0.8845	253053	0.8845	226592	0.8845
SUMA		16964132	0.8845	20007367	0.8845	14870540	0.8845	29208144	0.8845
PRODUCCION :									
GASOLINA 80		4720226	0.7439	5632489	0.7439	3635910	0.7439	7731090	0.7439
GASOLINA 92		472856	0.7466	626897	0.7466	567026	0.7466	745991	0.7466
KEROCEPE (DEST. # 1)		1210225	0.8191	1459981	0.8191	981309	0.8191	1687348	0.8191
DIESEL		3274084	0.8618	3917321	0.8618	3047060	0.8618	6246399	0.8618
JET-FUEL		726654	0.8128	712687	0.8128	680583	0.8128	835634	0.8128
ASFALTO AP-3 (85/100)		531771	1.0101	604131	1.0101	465338	1.0101	881332	1.0101
ASFALTO RC-2		42693	0.9599	35493	0.9599	27460	0.9599	39840	0.9599
FUEL-OIL REFINERIA								93978	0.9732
GAS LICUADO DE PETROLEO GLP		702701	0.561	864282	0.561	573174	0.561	1033447	0.561
FUEL-OIL #4 (NACIONAL)		91189	0.9733	159233	0.9733	85416	0.9733	193678	0.9733
FUEL-OIL #6 (EXPORTACION)		5325210	0.9782	6144583	0.9782	4374882	0.9782	9203025	0.9782
AZUFRE						30692	1.8	177834	1.8
GAS QUEMADO EN TEA								141559	0.561
GAS DE REFINERIA		342969	0.561	401704	0.561	337938	0.561	541598	0.561
SLOP (PRODUCCION)		24992	0.8811	25716	0.8811	95676	0.8811	169117	0.8811
PRODUCTOS INTERMEDIOS		-75548	0.8	-220661	0.8	135022	0.8	6172	0.8

GANANCIAS EN PROCESO (TOTAL)		426491		435144		260600		541049	
(60% DENSIDAD GASOLIN.)		255894.6	0.7439	261086	0.7439	156360	0.7439	324629.4	0.7439
(27% DENSIDAD GLP)		115152.5	0.561	117488.3	0.561	70362	0.561	146083.2	0.561
(13% DENSIDAD AC. CICLICOS)		55443.8	0.91756	56568.7	0.91756	33878	0.91756	70336.3	0.91756
PERDIDAS O GANANCIAS EN SEMIELABORADOS		565	0.8	-77931	0.8	-45005	0.8	-18180	0.8
DRENAJE DE SEMIELABORADOS		1020	0.8	720	0.8	8440	0.8	2968	0.8
JET-FUEL SEMIELABORADO						40210	0.8128		
DESPACHADO A GUAYAQUIL (1987)									
SEMIELABORADO EMPAQUETADO EN TUBERIAS (SOLO 1987)						4568	0.8		

PRODUCCION BRUTA		17390022		20363856		15037484		29728042	
SUMA PARCIAL DE OPERACIONES		428076		357938		268013		525837	
TOTAL DE PRODUCCION Y OPERACIONES		17818098		20721789		15306299		30253879	
DIFERENCIA CARGA VS. PRODUCCION BARRILES (DENSIDAD PROMEDIO)									
PORCENTAJE DE POSIBLE CONTAMINACION									

(continúa)

BALANCE DE MASA DE LA REFINERIA ESTATAL DE ESMERALDAS

UNIDAD : TONELADAS METRICAS (DENSIDAD SEGUN DATOS REE ENERO 1989)

	1985	1986	1987	1988
CARGA TOTAL CRUDO	2354161.	2753056.	2058784.	4081876.
SLOP	35133.80	64859.76	35640.98	31914.11
SUMA	2389295.	2817916.	2094425.	4113790.
PRODUCCION :				
GASOLINA 80	559136.3	667198.8	430693.2	915789.4
GASOLINA 92	56215.65	74528.86	67411.08	88687.40
KEROCEPE (DEST. # 1)	157849.5	190425.2	127992.0	220080.6
DIESEL	449300.2	537571.2	418145.9	857188.9
JET-FUEL	94048.46	92240.76	88085.64	108153.3
ASFALTO AP-3 (85/100)	85532.14	97170.81	74846.80	141756.9
ASFALTO RC-2	6525.638	5425.116	4197.269	6089.556
FUEL-OIL REFINERIA				14565.09
GAS LICUADO DE PETROLEO GLP	62773.13	77207.35	51202.32	92319.07
FUEL-OIL #4 (NACIONAL)	14132.84	24678.57	13238.11	30017.00
FUEL-OIL #6 (EXPORTACION)	829477.7	957106.8	681450.5	1433503.
AZUFRE			8797.070	50971.52
GAS QUEMADO EN TEA				12645.63
GAS DE REFINERIA	30637.83	35884.70	30188.41	48381.60
SLOP (PRODUCCION)	3506.441	3608.020	13423.58	23727.54
PRODUCTOS INTERMEDIOS	-9623.94	-28109.6	17200.25	786.2420

GANANCIAS EN PROCESO (TOTAL)	48699.61	49687.62	29757.06	61780.61
(60% DENSIDAD GASOLIN.)	30312.10	30927.05	18521.68	38454.10
(27% DENSIDAD GLP)	10286.71	10495.41	6285.522	13049.78
(13% DENSIDAD AC. CICLICOS)	8100.798	8265.155	4949.856	10276.71
PERDIDAS O GANANCIAS EN SEMIELABORADOS	71.97452	-9927.51	-5733.12	-2315.92
DRENAJE DE SEMIELABORADOS			1075.159	378.0891
JET-FUEL SEMIELABORADO			5204.249	
DESPACHADO A GUAYAQUIL (1987)				
SEMIELABORADO EMPAQUETADO EN TUBERIAS (SOLO 1987)			581.9108	

PRODUCCION BRUTA	2339512.	2734936.	2026872.	4044663.
SUMA PARCIAL DE OPERACIONES	48771.58	39760.10	30885.26	59842.78
TOTAL DE PRODUCCION Y OPERACIONES	2388283.	2774696.	2057757.	4104505.
DIFERENCIA CARGA VS. PRODUCCION	1011.628	43219.80	36667.96	9284.412
BARRILES (DENSIDAD PROMEDIO)	7303.961	312046.9	264742.7	67033.46

Anexo 3

Procedencia de las operaciones mencionadas en los balances de masa

- Ganancias en proceso :

Se encuentra en el balance de carga y producción bajo el rubro de pérdidas y ganancias, con el nombre de ganancias en unidades de proceso.

- Pérdidas o ganancias de semielaborados :

Igual que el anterior , bajo el nombre de pérdidas en tanques de productos semielaborados.

- Productos semielaborados :

Aparecen en el balance de carga y producción como productos semielaborados , como una diferencia entre el inventario inicial (los productos almacenados) y el inventario final. Si la diferencia es positiva significa que quedaron productos intermedios de la carga del período presente. Si la diferencia es negativa significa que se tomó más producto del stock anterior.

- Drenaje de los semielaborados :

Es un rubro que influye en el proceso intermedio de refinación . Aparece como rubro específico en el balance de carga y producción como drene en tanques semielaborados.