



DIRECCIÓN ACADÉMICA
VICERRECTORADO ACADÉMICO

Facultad de Ingeniería

Carrera de Ingeniería Industrial

Informe de Actividad de Investigación Formativa

Periodo Académico
Mayo 2021 – Septiembre 2021



Contenido

1. Autores.....	3
2. Personal Académico	3
3. Resultados de Aprendizaje de la asignatura:	3
4. Tema de la Actividad de la Investigación Formativa:	3
5. Objetivos de la(s) actividad(es):	3
6. Fecha de la ejecución:.....	3
7. Desarrollo del Informe	4
7.1 Introducción. (1 página).....	4
7.2 Descripción de la metodología (Especificación de cómo se realizaron la(s) actividad(es) de Investigación Formativa. (Qué y Cómo)	5
7.3 Descripción de la(s) acción(es) realizadas (Fase de Ejecución y Seguimiento y Fase de Socialización y Reflexión)	5
7.4 Resultados	2
7.5 Bibliografía	3
8. ANEXOS (Evidencias)	3



1. Autores

- Kruger Cajamarca
- Sayonara Chico
- Christian Guamán
- Ángel Guananga
- Marlon Satán

2. PERSONAL ACADÉMICO

- Dr. Fabián Silva
- Ing. Manolo Córdova

3. RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA:

Identifica los procesos petroquímicos a través del análisis, estudio práctico y revisión de bibliografía, para de esta manera aplicar en la industria profesionalmente

4. TEMA DE LA ACTIVIDAD DE LA INVESTIGACIÓN FORMATIVA:

Proceso de refinación del petróleo en la REFINERIA ESMERALDAS

5. OBJETIVOS DE LA(S) ACTIVIDAD(ES):

Objetivo General:

- Desarrollar un diagrama de flujo de proceso para la refinación del petróleo considerando todos los procesos unitarios

Objetivos Específicos:

- Analizar los procesos a los que es sometido el petróleo durante la refinación

6. FECHA DE LA EJECUCIÓN:

28 de septiembre del 2021



7. DESARROLLO DEL INFORME

7.1 Introducción

El petróleo tiene un gran peso en la economía ecuatoriana ya que aporta con divisas, equilibra la balanza comercial y contribuye con el presupuesto del Estado. Los seis usos principales del petróleo son el transporte, energía industrial, calefacción e iluminación, lubricantes, uso de subproductos y la industria petroquímica. El transporte, la defensa, la tecnología, la industria, el comercio, la investigación y el desarrollo y muchas otras facetas de las actividades humanas están directa o indirectamente vinculadas al uso del petróleo o de sus subproductos. El transporte puede ser de mercancía y productos Todo el sistema de transporte del mundo depende del petróleo. La gasolina y el diésel son las principales fuentes de energía para todo tipo de vehículos de transporte modernos. El petróleo es la principal fuente de energía industrial. El diésel y la gasolina se utilizan en las turbinas de gas para producir electricidad. Los aceites más pesados se utilizan en las plantas de calefacción central para tiendas, oficinas y hogares. El petróleo también se utiliza para producir electricidad para uso industrial y doméstico. Los grados más ligeros de aceite, como el “keroseno”, siguen siendo utilizados para fines domésticos. Los lubricantes son muy útiles para todo tipo de máquinas, especialmente para las máquinas utilizadas en el transporte y las industrias. Todos los tipos de lubricantes y grasas se producen a partir de petróleo. Vehículos de todo tipo y la amplia gama de maquinaria sofisticada en uso en las fábricas y oficinas dependen de lubricantes y moler a la parada si no estaban disponibles. El petróleo crudo es una mezcla de carbono, hidrógeno, impurezas y pocos otros componentes. El proceso de refinado separa varias fracciones de hidrocarburos y se han producido varios subproductos



7.2 Descripción de la metodología

El estudio de los procesos a los que es sometido el petróleo para su refinación corresponden a tipos de datos cualitativos, donde no requerimos datos numéricos, más bien información correspondiente al caso, para lo cual utilizaremos una metodología de investigación descriptiva, que tal como su nombre lo indica describa cuales son estos procesos, especificando que es lo que se realiza en cada proceso y conocer cuál es el orden de estos procesos en la refinación mediante la visualización de una Diagrama de procesos (PFD) facilitando así su entendimiento.

7.3 Descripción de las acciones realizadas

Las transformaciones físicas y químicas que experimenta el crudo en una refinería ocurren a través de varios procesos específicos, cada uno de ellos llevados a cabo en una instalación o unidad de proceso diferente. Las grandes y modernas refinerías incluyen cincuenta procesos específicos, que operan en una estrecha interacción. Sin embargo, a los fines de esta guía, estos procesos se pueden considerar en función de unos tipos amplios

- Destilación del crudo

La destilación del crudo es el punto de partida de cualquier refinería, más allá de su tamaño o configuración total. Es una función específica que afecta a todos los procesos de refinación, desde su origen. (πMathPro, 2011)

La destilación del crudo separa los diferentes componentes del petróleo crudo (por lo general una mezcla de petróleos crudos) en un número de flujos de refinación intermedios (conocidos como fracciones de crudo” o “cortes”), que se caracterizan por sus puntos de ebullición (una medida de su volatilidad, o propensión a evaporarse). Cada fracción que resulta de la unidad de destilación del crudo se define mediante un punto de ebullición único y (2) está compuesta por cientos o miles de distintos compuestos de hidrocarburo, todos los cuales tienen puntos de ebullición dentro del rango de corte. Estas fracciones incluyen (a fin de aumentar el punto de ebullición) gases livianos, naftas, destilados, gasóleos y aceites residuales. Cada una de estas fracciones pasa por un proceso de refinación diferente para continuar su procesamiento.

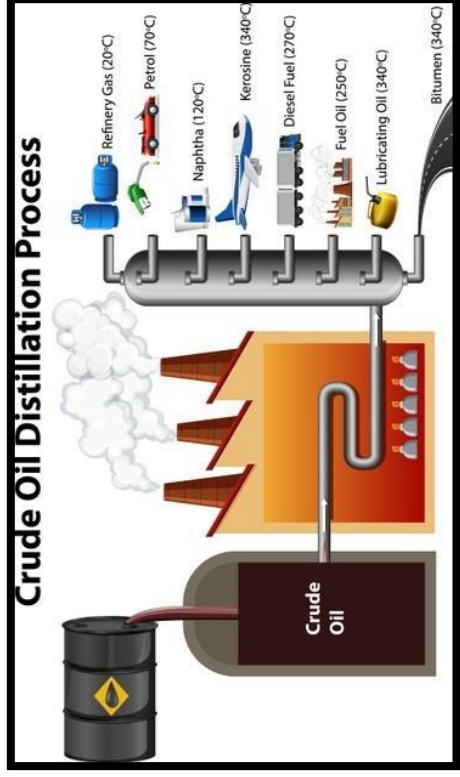


Figura 1: Destilación del crudo

- **Procesos de conversión (craqueo)**

Los procesos de conversión provocan reacciones químicas que rompen (“descomponen”) moléculas de hidrocarburo (de escaso valor económico) de gran tamaño y de alta ebullición, lo que da origen a moléculas apropiadas más pequeñas y livianas, después del procesamiento, para mezclar con gasolina, combustible pesado, combustible diésel, materias primas de petroquímicos y otros productos livianos de alto valor. Las unidades de conversión forman el núcleo central de las operaciones de refinación modernas debido a que (1) permiten que las refinerías alcancen altos rendimientos de transporte de combustibles y otros productos livianos valiosos, (2) brindan flexibilidad operativa para mantener la elaboración de productos livianos conforme a las fluctuaciones normales en la calidad del petróleo crudo y, (3) permiten el uso económico de los crudos sulfurosos pesados.

Los procesos de conversión de mayor interés son el craqueo catalítico fluidizado, el hidro craqueo y la coquización. (πMathPro, 2011)

Cuanto más pesado (más denso) es el crudo, más alta es su proporción de C/H. Del mismo modo, en un petróleo crudo en particular, cuanto más pesada es la fracción del punto de ebullición, más alta es su proporción de C/H. Este mismo fenómeno se aplica a los productos refinados: Cuanto más pesado es el producto, más alta es su proporción de C/H. En consecuencia, las operaciones de refinación deben, en conjunto, reducir la proporción de C/H del petróleo crudo y los flujos intermedios que procesan. Gran parte de esto (aunque no toda) recae sobre los procesos de conversión.

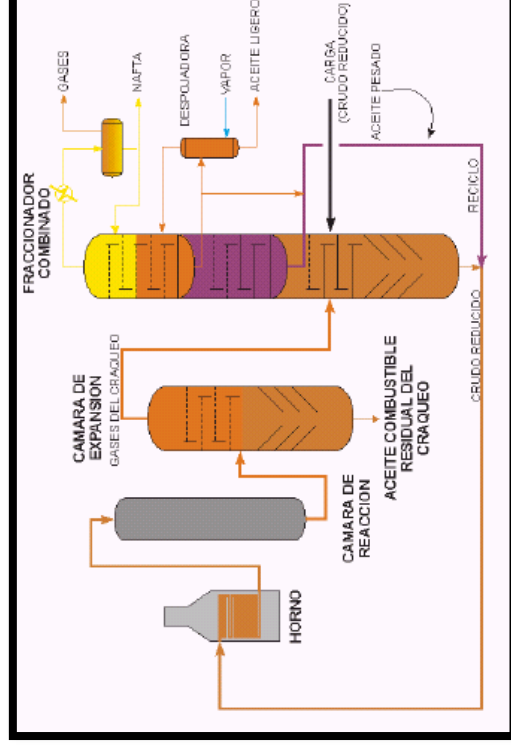


Figura 2: Procesos de conversión

- Procesos de mejoramiento

Los procesos de mejoramiento provocan reacciones químicas que combinan o reestructuran las moléculas en los flujos de bajo valor para producir otros de mayor valor, principalmente una mezcla de componentes de gasolina con alto octanaje y bajo contenido de azufre. Todos los procesos de mejoramiento de principal interés emplean catalizadores, incluyen moléculas de hidrocarburo pequeñas y se aplican a la producción de gasolina.

Entre los procesos de mejoramiento, los más importantes son el reformado catalítico, la alquilación, la isomerización, la polimerización y la esterificación.

Reformado catalítico

El reformado catalítico es el proceso de mejoramiento más usado, en particular, en las refinerías de los Estados Unidos. Las unidades de reformado procesan diversos flujos de nafta (principalmente, pero no de manera exclusiva, nafta de destilación directa a partir de la destilación del crudo).

Los reformadores catalíticos realizan una serie de reacciones catalíticas en estos flujos de nafta, que aumentan significativamente el nivel de octano de los mismos. El rendimiento del reformador (llamado reformado) es una mezcla de componentes de gasolina especial, de alto octanaje. El reformado representa alrededor del 25% del yacimiento de gasolina de los Estados Unidos.

Alquilación

La alquilación combina las olefinas livianas (principalmente olefinas C4 y algunas C3 con isobutano para producir una mezcla de componentes de gasolina (alquilato) de alto octanaje. Las olefinas livianas y la mayoría (o todos) los isobutanos provienen de la unidad de FCC



de la refinería.8 Por ende, las unidades de alquilación se encuentran sólo en las refinerías que disponen de unidades de FCC. Los Estados Unidos tienen la mayor capacidad de FCC, en comparación con otros países y, en consecuencia, cuentan con la mayor capacidad de alquilación. Debido a la naturaleza del proceso de alquilación, el alquilato no contiene aromáticos ni azufre, lo cual lo convierte en una mezcla de componentes de gasolina especial.

Isomerización

La isomerización reorganiza las moléculas de parafina normal de bajo octanaje C5 y C6 en la nafta de destilación directa liviana, para producir las correspondientes isoparafinas de alto 8 Algunas refinerías que están ubicadas cerca de los lugares de producción de gas natural obtienen isobutano adicional de las plantas de líquidos del gas natural. y, de ese modo, incrementar en forma significativa el octano que resulta del flujo de nafta (isomerato) para convertirlo en una valiosa mezcla de componentes de gasolina. Como un beneficio adicional del proceso, la isomerización elabora un producto que prácticamente no contiene azufre ni benceno. Por ende, algunas refinerías han agregado recientemente la capacidad de isomerización, como un medio para cumplir los estrictos estándares del nuevo benceno en su producción de gasolina.

Polimerización

La polimerización combina dos o tres moléculas de olefina liviana (C3 o C4) para producir una mezcla de componentes de gasolina de alto octanaje y olefínica (poligasolina). La polimerización es un proceso relativamente económico. Pero no se usa demasiado debido a que la poligasolina es una mezcla de componentes de gasolina no muy deseada. Es altamente olefínica y las olefinas son inestables en la gasolina (tienden a formar gomas cuando se almacenan).

Esterificación

La esterificación combina olefinas C4 y/o C5 producidas por las plantas de FCC con alcohol comprado (metanol y etanol) para producir éter (una clase de compuesto orgánico que contiene oxígeno). Los éteres son una mezcla de componentes de gasolina especial, con contenido de octano muy alto y otras propiedades de mezcla deseables. El proceso de esterificación más común combina metanol con isobutano (una olefina C4) para producir éter butílico terciario metílico (MTBE, por sus siglas en inglés). Otros éteres de uso comercial (aunque sólo en pequeños volúmenes) incluyen el éter butílico terciario etílico (ETBE, por sus siglas en inglés) (producido a partir de etanol e isobutano) y el éter metílico

terciario amílico (TAME, por sus siglas en inglés), producido a partir de metanol e isoamileno (una olefina C5). Los éteres son producidos tanto en unidades de refinación (las cuales tienden a ser pequeñas) como en plantas mercantes dedicadas (las cuales tienden a ser más grandes).

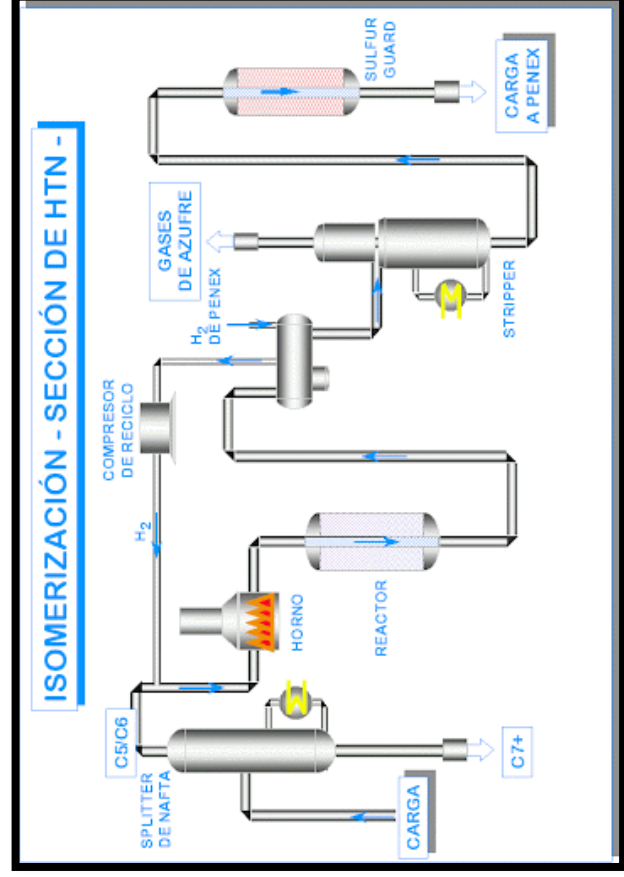


Figura 3: Proceso de Mejoramiento

- **Procesos de tratamiento (hidrotratamiento)**

Los procesos de tratamiento provocan reacciones químicas que extraen los heteroátomos (por ejemplo, azufre, nitrógeno, metales pesados) y/o ciertos compuestos específicos de las fracciones de petróleo crudo y los flujos de refinación, para diferentes fines. Los fines más importantes son (1) cumplir las especificaciones del producto refinado (por ejemplo, el contenido de azufre en la gasolina y el combustible diésel, el contenido de benceno en la gasolina, etc.) y (2) proteger los catalizadores que se usan en los diferentes procesos de refinación de la desactivación (“contaminación”) ocasionada por el contacto prolongado con heteroátomos.⁹ Sin duda, entre las diversas tecnologías de tratamiento, la que se usa con más frecuencia es la hidrogenación catalítica o hidrotratamiento.

Los hidrotratadores extraen los heteroátomos ocasionando una reacción de los flujos de refinación que contienen el/los heteroátomos/s con hidrógeno en presencia de un catalizador.

El hidrógeno se combina con el/los heteroátomos/s para formar moléculas distintas de los hidrocarburos que se separan fácilmente de los flujos de refinación.

El hidrotratamiento tiene diversas formas y grados de severidad. Como consecuencia de ello, se lo designa con diferentes términos en la industria de la refinación y en la bibliografía

relacionada. El hidrotratamiento destinado a eliminar el azufre se define usualmente como hidrodesulfuración, mientras que el proceso por el cual se elimina el nitrógeno se denomina hidrodensitrificación, y así sucesivamente. El hidrotratamiento se realiza a altos índices (es decir, alta temperatura, presión y concentración de hidrógeno), y a menudo implica también algún hidrocrackeo incidental. El hidrotratamiento profundo de este tipo se denomina hidrorefinación. Este procedimiento realizado a bajos índices se utiliza para modificar ciertas características de los productos de especialidad refinados (por ejemplo, diferentes propiedades de aceites lubricantes) para cumplir las especificaciones. El hidrotratamiento leve con frecuencia se denomina hidroacabado.

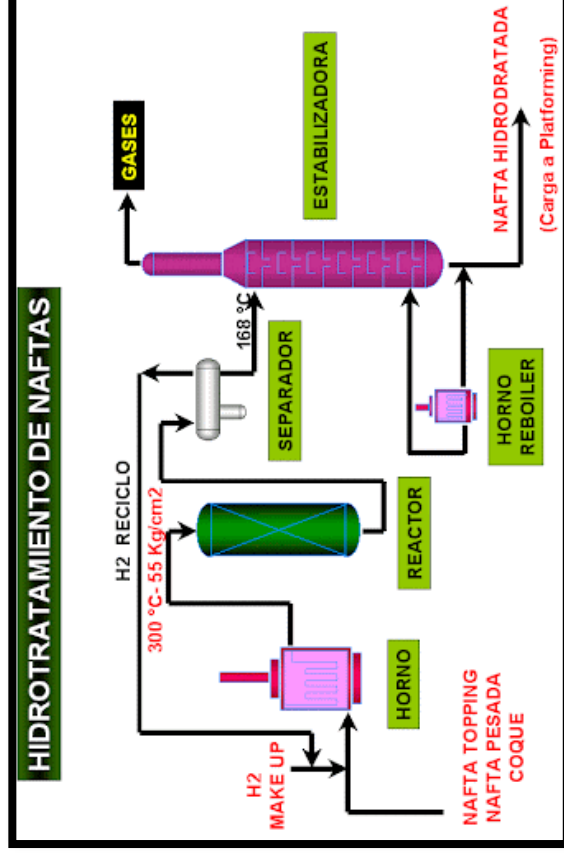


Figura 4: Proceso de tratamiento

- Procesos de separación

Prácticamente todos los flujos de refinación son mezclas de compuestos de hidrocarburos. Los procesos de separación utilizan las diferencias en las propiedades físicas y químicas de estos compuestos para separar un flujo de refinación en dos o más flujos nuevos. La destilación o fraccionamiento, los procesos de separación más comunes, utilizan las diferencias en las temperaturas en las cuales se alcanzan los puntos de ebullición para producir como efecto la separación en mezclas relativamente más livianas (menos ebullición) y pesadas (mayor ebullición). La destilación emplea tecnologías reconocidas y es, sin lugar a dudas, el proceso de refinación más usado. Las unidades de destilación (fraccionadores) están presentes en todas las refinerías. Las unidades de destilación requieren entradas significativas de energía térmica para hervir los componentes más volátiles de la mezcla que se está separando. Como consecuencia, las unidades de destilación

de una refinería, incluida la destilación del crudo (Sección 4.1.1), de manera colectiva representan una fracción significativa del total de uso de energía de la refinería. La extracción, otro proceso de separación común, utiliza las diferencias en la solubilidad relativa de diferentes compuestos en un solvente líquido para extraer los compuestos específicos de las mezclas de hidrocarburos. La aplicación de refinación de extracción más común es la extracción de aromáticos, mediante la cual se extraen en forma selectiva ciertos compuestos aromáticos (ver la Figura 1) de los flujos reformados altamente aromáticos que se producen mediante el reformado catalítico (Sección 4.1.3). Los aromáticos que se extraen (benceno, tolueno y xileno) son principalmente materias primas de petroquímicos.

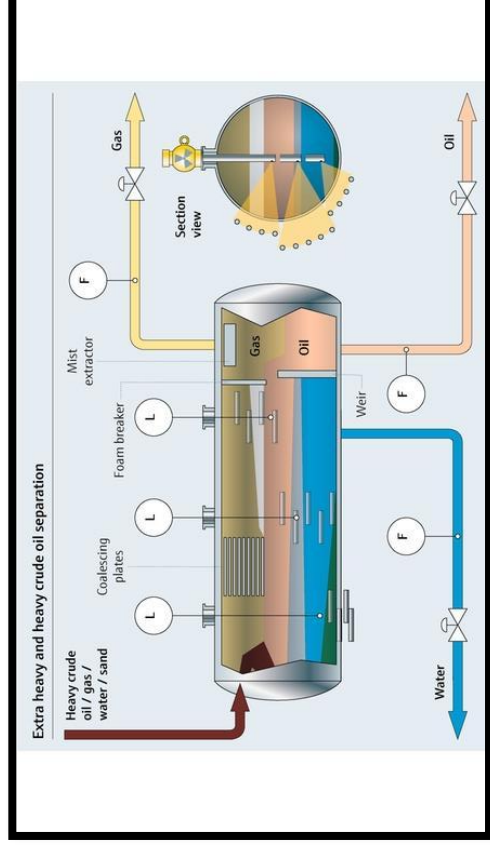


Figura 5: Proceso de separación

- Mezcla de productos

La mezcla de productos, la operación en el proceso final de cada refinería, a pesar del tamaño o la configuración total, consiste en la mezcla los flujos de refinación en diferentes proporciones para elaborar productos refinados terminados, cuyas propiedades cumplen todas las normas industriales y gubernamentales aplicables, a un costo mínimo. Las diferentes normas corresponden a las propiedades físicas (por ejemplo, densidad, volatilidad, punto de ebullición), químicas (por ejemplo, contenido de azufre, de aromáticos, etc.) y las características de funcionamiento (por ejemplo, número de octano, punto de humo). La producción de cada producto terminado requiere la mezcla de varios componentes debido a que (1) las refinerías no producen el volumen suficiente de una única mezcla de componentes para cumplir la demanda de cualquiera de los principales productos de mezcla, como la gasolina, el combustible pesado y el combustible diésel, (2) muchos componentes de mezcla tienen propiedades que satisfacen algunos, pero no todos, los estándares pertinentes para los



productos refinados con los cuales se deben mezclar y, (3) la reducción del costo provoca que los productos refinados sean mezclados para cumplir, en lugar de superar, las especificaciones, en la medida de lo posible. Por lo general, la gasolina es una composición de $\approx 6-10$ componentes de mezcla. El combustible diésel es una composición de $\approx 4-6$ componentes de mezcla. La mezcla de gasolina es la operación de mezcla más compleja y altamente automatizada. En las refinerías modernas, los sistemas automatizados miden y mezclan los componentes de mezcla y aditivos. Los analizadores en línea (complementados por los análisis de laboratorio de las muestras de mezcla) supervisan en forma constante las propiedades de la mezcla. El control computarizado y los modelos matemáticos establecen las fórmulas de mezcla que producen los volúmenes de productos requeridos y cumplen todas las especificaciones de mezcla, a un costo de producción mínimo. La mezcla de otros productos, por lo general, implica menos automatización y análisis matemático. (π MathPro, 2011)



En la ilustración se puede observar todo el proceso por los cuales debe pasar el crudo de petróleo hasta llegar a su producto final como la gasolina la cual es la más utilizada y más común que se emplea en la sociedad principalmente para los vehículos.

El crudo es almacenado en tanques ahí permanece por varios días para sedimentar y drenar el agua. Luego es mezclado con otro crudo sin agua y pasa a las plantas.

Destilación Atmosférica. El petróleo es sometido a un proceso de desalado para eliminar sales básicamente de cloro y azufre; evitando la corrosión en las unidades de proceso y mejorando la calidad de los combustibles. Calentando el horno a 350°C, ingresa a dos torres de destilación atmosférica en donde se separan los productos en base a las diferentes curvas de ebullición; gas combustible, gas licuado de petróleo o LGP, gasolinas, kerosén o diésel, jet fuel, diésel 2. La capacidad total es de 90.000 barriles por día.

Destilación al Vacío. Los fondos de las torres de destilación atmosférica o crudo reducido, previamente calentado ingresan a las torres de vacío, para obtener gasóleos, hidrocarburos más pesados que el diésel. El residuo de vacío tiene tres usos; carga a las reductoras de viscosidad; preparación de fuel oil o bunker; y asfaltos. La capacidad de procesamiento es de 42.500 bpd.

Reductora de Viscosidad. Dos unidades reductoras de viscosidad, que procesan 12.600 bpd, cada una, permiten romper las moléculas de los fondos de vacío y obtener un producto cuatro veces más liviano, con lo que se reduce la cantidad de diésel necesario para preparar el jet fuel.

Reformación Catalítica. Las gasolinas extraídas de las torres de destilación atmosférica tienen octanajes relativamente bajos, de 50 o 60 octanos. En esta unidad, de 2.780 bpd, los reactores, mediante un catalizador a base de platino, modifican la estructura lineal y ramificada de las moléculas de las gasolinas, para obtener anillos bencénicos que incrementan su octanaje.

Craqueamiento Catalítico Fluido o FCC. Las cadenas largas de gasóleos, sometidas a temperaturas de 520°C, mediante un catalizador, se fraccionan dando como resultado gas licuado de petróleo o LGP, gasolina de alto octano y aceites cíclicos utilizados como diluyente de fuel oil. Las gasolinas de alto octano obtenidas en estos dos procesos, permiten que Refinería Esmeraldas entregue al País gasolinas libres de plomo, promoviendo la preservación de nuestro ambiente.

Procesos Merox y Tratamiento de Jet Fuel. Las unidades Merox reducen el contenido de azufre y mejoran la cantidad de LGP y las gasolinas. La Unidad de Tratamiento de Jet Fuel

elimina totalmente el agua que puede contener este combustible, para satisfacer las normas de calidad.

Tratamiento de gases, agua y Recuperación de Azufre. Los gases utilizados como combustible de Refinería y las aguas industriales son tratados para eliminar compuestos de nitrógeno y azufre que contaminan estas corrientes. El gas sulfhídrico resultante es sometido a un tratamiento que permite producir azufre de alta pureza. Estos procesos reducen el impacto de la Refinería sobre el ambiente.

Oxidadora de Asfaltos. Los asfaltos oxidados se utilizan en la preparación de productos impermealizables.

7.5 Bibliografía

- π MathPro. (24 de Octubre de 2011). Obtenido de https://theicct.org/sites/default/files/ICCT_RefiningTutorial_Spanish.pdf

8. ANEXOS



Anexo 1.- refinería de esmeraldas