



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE MONAGAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO  
MATURÍN / MONAGAS / VENEZUELA**

**DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE MEJORAMIENTO DE  
LOS CRUDOS PESADOS Y EXTRAPESADOS A NIVEL DE  
SUPERFICIE APLICADOS EN LA FAJA PETROLÍFERA DEL  
ORINOCO**

**REALIZADO POR:**

**FERNÁNDEZ BARBA RAMÓN REYNALDO**

**C.I: 21.262.675**

**LARES MARCANO DANIEL EDUARDO**

**C.I: 18.658.981**

**PÉREZ PÉREZ LEONARDO JOSÉ**

**C.I: 18.268.251**

Seminario de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

**INGENIERO DE PETRÓLEO**

**Maturín, junio de 2012**



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE MONAGAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO  
MATURÍN/ MONAGAS/ VENEZUELA**

**DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE MEJORAMIENTO DE  
LOS CRUDOS PESADOS Y EXTRAPESADOS A NIVEL DE  
SUPERFICIE APLICADOS EN LA FAJA PETROLÍFERA DEL  
ORINOCO**

**REALIZADO POR:  
FERNÁNDEZ BARBA RAMÓN REYNALDO  
C.I: 21.262.675  
LARES MARCANO DANIEL EDUARDO  
C.I: 18.658.981  
PÉREZ PÉREZ LEONARDO JOSÉ  
C.I: 18.268.251**

**REVISADO POR:**

**Ing. Alicia Da Silva  
Asesor Académico**

**Maturín, junio de 2010**

**APROBADO POR:**



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE MONAGAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO  
MATURÍN/ MONAGAS/ VENEZUELA**

**DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE MEJORAMIENTO DE  
LOS CRUDOS PESADOS Y EXTRAPESADOS A NIVEL DE  
SUPERFICIE APLICADOS EN LA FAJA PETROLÍFERA DEL  
ORINOCO**

**REALIZADO POR:**

**FERNÁNDEZ BARBA RAMÓN REYNALDO**

**C.I: 21.262.675**

**LARES MARCANO DANIEL EDUARDO**

**C.I: 18.658.981**

**PÉREZ PÉREZ LEONARDO JOSÉ**

**C.I: 18.268.251**

**APROBADO POR:**

**Ing. Alicia Da Silva**

**Asesor**

**Ing. Henry Martínez**

**Jurado**

**Ing. Tomas Marín**

**Jurado**

**Ing. Milagros Sucre**

**Jurado**

**Maturín, junio de 2012**

## DEDICATORIAS

A Dios todo poderoso, por darme la oportunidad, salud y sabiduría para lograr mis sueños y metas anheladas.

A mi mama Zaida Marcano, quien me dio todo su apoyo y confianza para salir adelante y realizar mi vida como profesional. En todo momento fue la voz que me guio y ayudo a solucionar muchos de los obstáculos que se presentaron en el camino.

A mis familiares: Hermanos, tíos (a), primos (a) por estar siempre a mi lado, apoyándome y brindándome su colaboración para el cumplimiento de mis metas.

A todos mis Amigos, siempre consecuentes y presentes e indispensables quienes vivieron a junto a mí los buenos y malos momentos durante la carrera universitaria.

Muchas gracias a todos...

**Lares Marcano Daniel Eduardo**

## DEDICATORIAS

A mis padres Saúl y Magaly, sin ustedes nada de esto hubiera sido posible, no solo me dieron la vida sino también su amor, su apoyo incondicional, creyeron y confiaron en mi. No soy el ser más expresivo del mundo pero quiero decirle que los quiero mucho y estoy infinitamente orgulloso de ustedes.

A mis abuelos Gladys, Dora y Reynaldo por su cariño, sus consejos su apoyo por estar siempre preocupados y pendientes por mi, agradezco infinitamente sus oraciones porque estoy seguro que me ayudaron muchísimo y a mi abuelo Ramón se que me cuida desde arriba y estará orgulloso de mi.

A mis tíos Mary Carmen, Raymundo, Ramón gracias por su cariño, su apoyo y estar siempre presente mil gracias.

A mi novia, Stephanie por su amor infinito que me dio tanta fortaleza, su paciencia, y ese apoyo tan especial que siempre me has brindado, esto es para ti mi bella niña poeta NAPS.

A mi suegra Yolanda y sus padres Ramiro y Alda por su apoyo por abrirme las puertas de su casa y corazón, mil gracias, son personas realmente muy especiales y tienen una hermosa familia.

A mi amigo y hermano Luis Felipe, cuantas cosas hemos pasamos juntos hermano, gracias por estar siempre allí sos un gran amigo.

**Ramón Reynaldo Fernández Barba**

## DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado en primer lugar a mis padres Senaida Pérez y Nicasio Pérez quienes me dieron la vida y fueron mi inspiración y mi fortaleza en todo momento los amo, para ambos este triunfo.

También se lo dedico a mis hermanos y familiares, para transmitirles que si es posible lograr nuestras metas, que se debe trabajar mucho y hacer grandes sacrificios. Tenemos que luchar por alcanzar nuestros sueños, con mucha humildad y siempre recordando que lo único verdadero en la vida es la familia, este logro es para ustedes.

A mi novia Liz Reyes por el apoyo que me ha brindado en el tiempo que hemos estado juntos y que fue la persona que me impulso a dar este último paso. Por eso gracias mi amor te amo.

También a mis compañeros y amigos que me brindaron su amistad y compañía durante todos estos años de vida universitaria.

A todo el personal de la Universidad de Oriente en especial al personal del comedor y el de la biblioteca.

A los profesores Alicia Da Silva, Milagros Sucre, Henry Matinez y Tomas Marín por enseñanzas, sabiduría y compromiso con nosotros.

En fin gracias a todos por formar parte de este logro, tan importante en mi vida.

**Leonardo Jose Perez**



## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios Todopoderoso por darnos la sabiduría y bendecir nuestros estudios.

Agradecemos a la Universidad de Oriente - Núcleo de Monagas y a la Escuela de Ingeniería de petróleo por habernos brindado los conocimientos y experiencias que nos formaron como Profesionales en la Ingeniería.

A la Profesora Alicia Da Silva por su valiosa ayuda a cooperar en su asesoría,  
A los Profesores; Tomás Marín, Milagros sucre y Henry Martínez por habernos dado sus conocimientos teóricos y prácticos que nos formaron como Ingeniero.

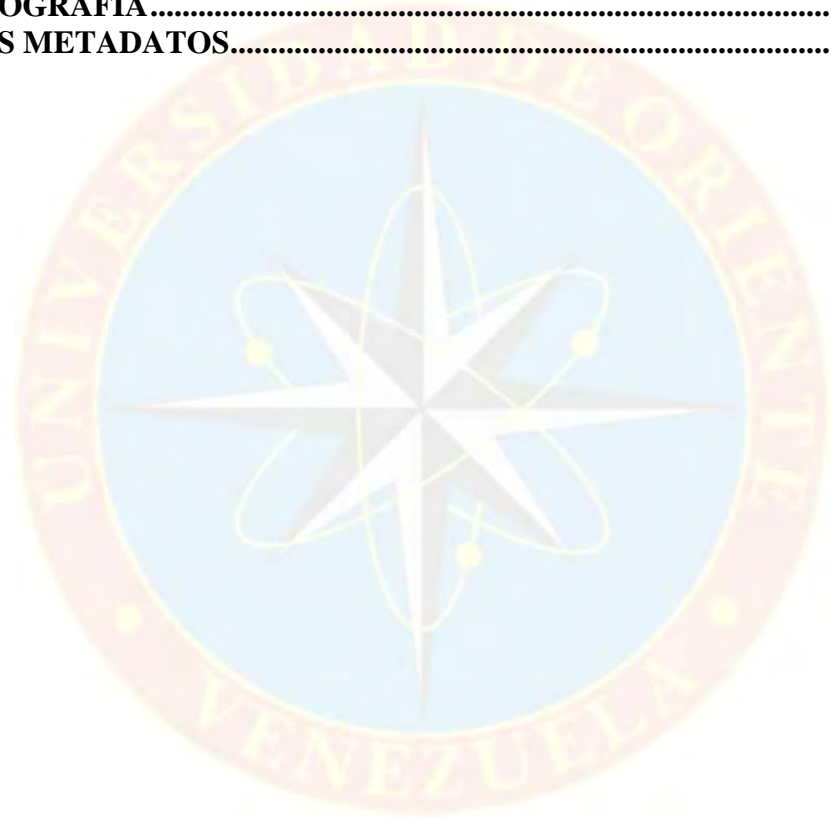


## INDICE GENERAL

<b>APROBADO POR:</b> .....	<b>iii</b>
<b>DEDICATORIAS</b> .....	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>vii</b>
<b>INDICE GENERAL</b> .....	<b>viii</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>x</b>
<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	<b>xi</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xii</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>2</b>
<b>EL PROBLEMA</b> .....	<b>2</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
1.2.1 Objetivo General.....	3
1.2.2 Objetivos Específicos .....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>5</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>5</b>
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	5
2.2 DESCRIPCIÓN DE LA FAJA PETROLÍFERA DEL ORINOCO .....	6
2.3 PLANTAS MEJORADORAS DE CRUDO EN VENEZUELA .....	8
2.4 BASES TEÓRICAS .....	11
2.4.1 Adición de hidrogeno .....	11
2.4.2 Rechazo de carbón.....	12
2.4.3 Mejoramiento de crudo pesado y extrapesado .....	13
2.4.3.1 Objetivo del mejoramiento de los crudos pesados y extrapesados.....	13
2.4.4 Hidrotratamiento.....	14
2.4.4.1 Hidrotratamiento de naftas.....	15
2.5 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS PREVIOS A LA ENTRADA DEL CRUDO EN LOS MEJORADORES.....	16
2.5.1 Inyección de diluyente.....	16
2.5.2 Proceso de calentamiento de crudo .....	17
2.5.3 Deshidratación y Desalación .....	18
2.5.4 Destilación Atmosférica del Crudo .....	21
2.5.5 Destilación al Vacío.....	22
2.6 IDENTIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE MEJORAMIENTO USADOS EN LA CONVERSIÓN DE LOS CRUDOS PESADOS Y EXTRAPESADOS .....	24
2.6.1 Coquificación Retardada .....	24
2.6.2 Viscorreducción.....	26

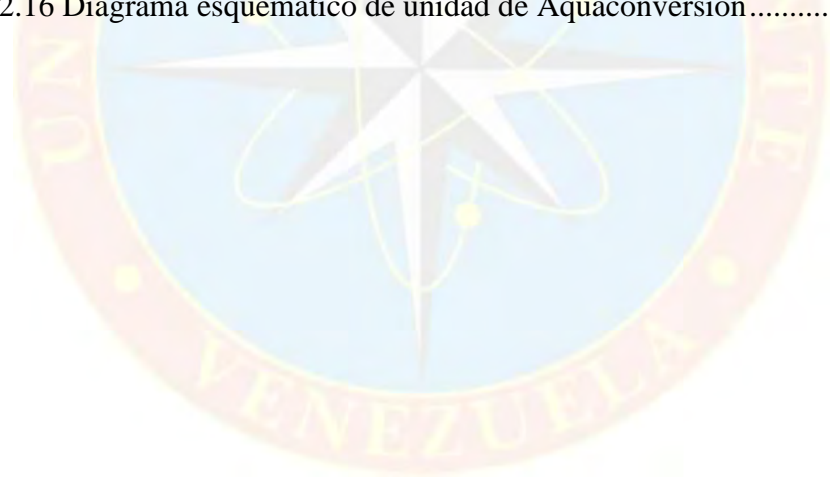


2.6.3 HDHplus.....	27
2.6.3.1 Características.....	28
2.6.4 Aquaconversión.....	29
2.7 SELECCIÓN DE LOS MÉTODOS MÁS APROPIADOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS CRUDOS PESADOS Y EXTRAPESADOS DE LA FAJA PETROLÍFERA DEL ORINOCO .....	31
2.8 CONCEPTOS BÁSICOS.....	35
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>37</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>38</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>39</b>
<b>HOJAS METADATOS.....</b>	<b>41</b>



## INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Ubicación geográfica y división de la FPO .....	6
Figura 2.2 Ubicación de los mejoradores de crudo en Venezuela .....	8
Figura 2.3 Esquema de la planta mejoradora de Petropiar.....	9
Figura 2.5 Esquema de la planta mejoradora de Petroanzoátogui .....	10
Figura 2.4 Esquema de la planta mejoradora de Petromonagas.....	11
Figura 2.6 Esquema general de mejoramiento en Venezuela .....	12
Figura 2.7 Proceso de hidrotratamiento de naftas .....	16
Figura 2.8 Transporte de crudo pesado bajo esquema de calentamiento .....	18
Figura 2.9 Proceso de deshidratación de Crudo.....	19
Figura 2.10 Sistema convencional de deshidratación y desalado de crudo .....	21
Figura 2. 11 Unidad de destilación atmosférica – Topping .....	22
Figura 2.12 Proceso de destilación al vacío .....	23
Figura 2.13 Diagrama de flujo del proceso de coquificación retardada .....	25
Figura 2.14 Diagrama esquemático de unidad del viscorreductor.....	27
Figura 2.15 Diagrama del proceso HDHPLUS/SHP .....	28
Figura 2.16 Diagrama esquemático de unidad de Aquaconversión.....	31



## INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Características generales de la Faja Petrolífera del Orinoco.....	7
Tabla 2.2 Características operacionales del proceso de coquificación retardada .....	25
Tabla 2.3 Características operacionales del proceso de Viscorreducción.....	26
Tabla 2.4 Características operacionales del proceso HDHplus .....	29
Tabla 2.5 Características operacionales del proceso Aquaconversión.....	30
Tabla 2.6 Comparación de los procesos de conversión .....	34





**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE MONAGAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO  
MATURÍN / MONAGAS / VENEZUELA**

**RESUMEN**

**DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE MEJORAMIENTO DE LOS CRUDOS  
PESADOS Y EXTRAPESADOS A NIVEL DE SUPERFICIE APLICADOS EN LA  
FAJA PETROLÍFERA DEL ORINOCO**

**AUTORES:**

**Fernández Barba Ramón Reynaldo**

**C.I: 21.262.675**

**Lares Marcano Daniel Eduardo**

**C.I: 18.658.981**

**Pérez Pérez Leonardo José**

**C.I: 18.268.251**

**ASESOR:**

**Ing. Da Silva, Alicia**

Venezuela cuenta con enormes reservas de crudo, 297 mil millones de barriles según cifras del Ministerio de Energía y Petróleo, de los cuales unos 210 mil millones de barriles (71%) son petróleo pesado y extrapesado proveniente de la Faja del Orinoco. Este crudo, con alto contenido azufre y muy denso, requiere de un proceso complejo para convertirlo en uno más liviano y de fácil comercialización. Las refinerías se están adaptándose para tratar este petróleo pesado, junto con los mejoradores, la diferencia entre las refinerías y los llamados "mejoradores" es que las primeras procesan el crudo para obtener productos como gasolinas, diesel, asfalto, entre otros. En cambio, los "mejoradores" sólo están para procesar el crudo pesado o extrapesado y convertirlo en uno más liviano que pueda ser luego enviado a las refinerías o terminales de embarque para su exportación. Las actuales empresas mixtas que operan en la Faja del Orinoco producen 722 MBPD que representan después de su mejoramiento 532 MBPD de petróleo con calidades entre 16 API y 32 API. En la extracción y producción de crudo pesado y extrapesado, el gas asociado es separado del crudo; el cual es diluido, calentado y deshidratado para garantizar las condiciones requeridas para su transporte hasta los mejoradores, una vez en los mejoradores el crudo es sometido a procesos como: Fraccionamiento, Hidroprocesos y Conversión: Destilación, Hidrocraqueo, Hidrotratamiento, Coquificación retardada. Al mejorar el crudo se logra un incremento en un rango 16 API a 32 API como es el caso del crudo Zuata Sweet, alcanzando un aumento del valor comercial de los crudos pesados venezolanos facilitando su colocación en el mercado internacional.

## INTRODUCCIÓN

Los crudos pesados que se obtienen de los campos de producción en la Faja Petrolífera del Orinoco, generalmente se encuentran mezclados con agua, por lo que deben ser tratados para deshidratarlos, desalarlo y diluirlo para asegurar su fluidez durante su transporte desde las facilidades de producción hasta los mejoradores de crudo.

Una vez el crudo es deshidratado y desalado, se mezcla con diluyente para reducir su viscosidad a niveles en que el crudo pueda ser almacenable y bombeable.

En el mejorador, el crudo es tratado para aumentar su gravedad API en los niveles requeridos en los centros de refinación. Esto, mediante la reducción de su contenido de hidrocarburos pesados, que son mayormente convertidos en azufre elemental y coque de petróleo. Las tecnologías que normalmente se aplican para mejorar el crudo son procesos licenciados por empresas altamente especializadas y entre estas se encuentran las relacionadas con los procesos de fraccionamiento, hidroprocesos y conversión: Destilación, Coquificación retardada, viscorreducción, Aquaconversión, hidrotratamiento y HDHplus

Venezuela es uno de los países con mayores reservas de crudo pesado en el mundo y que cuenta con las tecnologías de mejoramiento de crudo más avanzadas que se consiguen en el mercado actualmente.

En el presente trabajo se estarán describiendo los procesos de mejoramiento y los previos a estos, permitiendo definir en función de sus variables operacionales cuál de ellos es el candidato idóneo para ser aplicado en la faja Petrolífera del Orinoco, que permitan su adecuado desarrollo, implementando tecnologías que simplifiquen las operaciones de campo y generen menos pasivos ambientales.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La mayor parte de las reservas de petróleo en Venezuela corresponde a hidrocarburos pesados y extrapesados, que son difíciles y costosos de producir y refinar. Por lo general, mientras más pesado o denso es el petróleo crudo, menor es su valor económico. Las fracciones de crudo más livianas y menos densas, derivadas del proceso de destilación simple, son las más valiosas. Los crudos pesados tienden a poseer mayores concentraciones de metales y otros elementos, lo que exige más esfuerzos para su mejoramiento y la disposición final de los residuos. Con la gran demanda y los altos precios del petróleo, y estando en declinación la producción de la mayoría de los yacimientos de petróleo convencionales, la atención de la industria en muchos lugares del mundo se está desplazando hacia la explotación y mejoramiento de crudos pesados y extrapesados.

Si bien la densidad del crudo es importante para evaluar el valor de este recurso, estimar el rendimiento y los costos de refinación, la propiedad del fluido que más afecta a los procesos de mejoramiento es la viscosidad del crudo, cuando más viscoso es el crudo, más difícil resulta mejorarlo. No existe ninguna relación estándar entre densidad y viscosidad, pero los términos “pesado” y “viscoso” tienden a utilizarse en forma indistinta para describir los crudos pesados

De todo lo antes expuesto surge la necesidad de evaluar los procesos de mejoramiento de crudo, creados a partir de la necesidad de desarrollar las reservas de hidrocarburos pesados y Extrapesados, como los presentes en la Faja Petrolífera del



Orinoco en vista del crecimiento de la demanda de crudo a nivel mundial y ante el eminente agotamiento de las reservas crudos livianos y medianos.

## **1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1 Objetivo General**

Describir los procesos de mejoramiento de los crudos pesados y extrapesados a nivel de superficie aplicados en la Faja Petrolífera del Orinoco.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

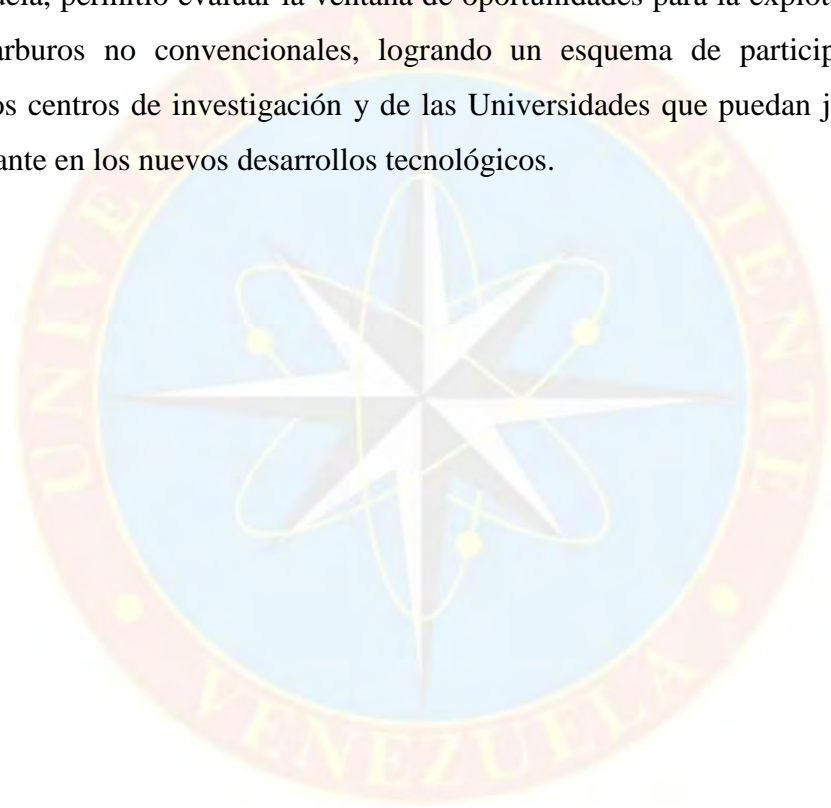
- Describir los procesos previos a la entrada del crudo en los mejoradores.
- Identificar los métodos de mejoramiento usados en la conversión de los crudos pesados y Extrapesados.
- Seleccionar los métodos más apropiados para el mejoramiento de los crudos pesados y Extrapesados de la Faja petrolífera del Orinoco.

## **1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Venezuela cuenta con uno de los campos de hidrocarburos más grandes del mundo, La Faja Petrolífera del Orinoco, con crudos no convencionales, compuestos principalmente por crudos pesados (10 - 22) API, Extrapesados menores a 10 API y bitumen natural Debido a la facilidad de perforación, producción y procesamiento y a sus costos menores asociados, los crudos livianos, medianos y condensados han sido los primeros en ser recuperados en los diferentes campos del país.

Sin embargo, los crecientes precios del petróleo y la dificultad de nuevos hallazgos de yacimientos con crudos livianos, han aumentado el interés por la recuperación de crudos pesados, haciendo uso de técnicas de recuperación mejorada y procesos de mejoramiento del petróleo con el propósito de reducir su viscosidad.

Los retos tecnológicos en la recuperación y mejoramiento de crudos pesados en Venezuela, permitió evaluar la ventana de oportunidades para la explotación de estos hidrocarburos no convencionales, logrando un esquema de participación de los distintos centros de investigación y de las Universidades que puedan jugar un papel importante en los nuevos desarrollos tecnológicos.



## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

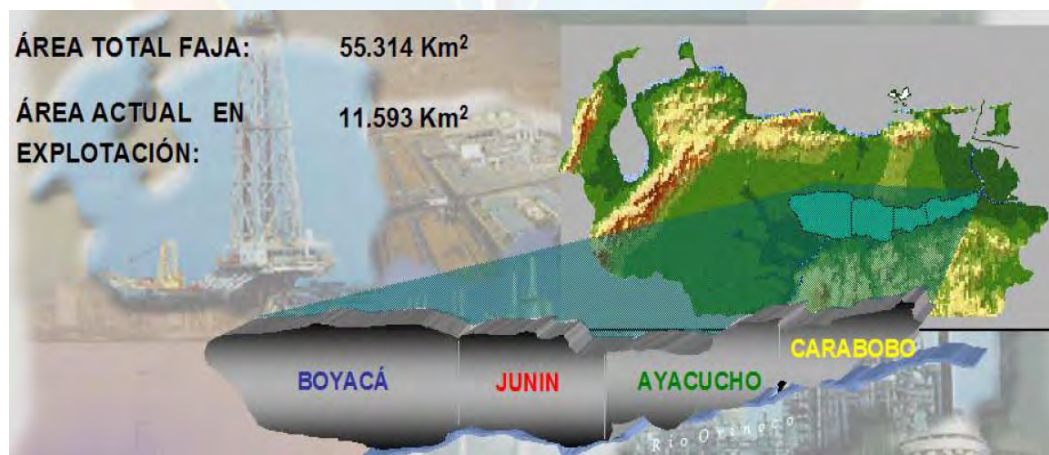
- Khayat E. y Moreno C. (2004). “Factibilidad de aplicación del proceso de Aquaconversión para el mejoramiento en sitio de crudos pesados y extrapesados en el yacimiento Morichal 01”. Donde se llegó a las siguientes conclusiones: la aplicación de Aquaconversión como tecnología de mejoramiento de crudos pesados y extrapesados en el oriente es técnicamente factible y representa una opción que potencia el plan de negocios de PDVSA, la evaluación tecno-económica realizada indica que esta técnica es la mejor oportunidad de reducir en forma perceptible los costos de producción de los crudos pesados y extrapesados, esta técnica permite disminuir la viscosidad y aumentar la °API de los crudos extrapesados de 8,5 °API a crudo sintético de 16 °API, lo que facilita el transporte sin necesidad de diluyente.
  
- Ribas R. (2010). “Evaluación del proceso de inyección de diluyente en crudo Extrapesado de la Faja Petrolífera del Orinoco, campo Huyapari”. Donde se describen características generales de la Faja Petrolífera del Orinoco y esquemas de producción a través de la inyección de diluyente, obteniendo como conclusión más relevante; la disminución de las caídas de presión durante la producción y el transporte del crudo extrapesado, usando el esquema de dilución se logra disminuir significativamente la viscosidad del crudo, generando un incremento en la eficiencia de tratamientos posteriores como la deshidratación.

## 2.2 DESCRIPCIÓN DE LA FAJA PETROLÍFERA DEL ORINOCO

Los crudos pesados y extrapesados son considerados como una fuente alternativa de energía debido a que constituyen una de las más grandes reservas de combustible fósil poco explotada.

La Faja Petrolífera del Orinoco (FPO) es una zona reconocida a nivel mundial por sus inmensas acumulaciones de hidrocarburos pesado/extrapesado, y representa para Venezuela la principal fuente de reservas energéticas del futuro, considerando que en la actualidad es allí donde se encuentra el 70% del total de las reservas probadas de petróleo para la Nación.

Estos depósitos se encuentran ubicados al Sureste del país, al Norte del río Orinoco, comprenden parte del Sur de los estados Guárico, Anzoátegui y Monagas. La FPO se encuentra dividida en cuatro áreas administrativas que son Carabobo, Ayacucho, Junín y Boyacá. Fig. 2.1.



**Figura 2.1 Ubicación geográfica y división de la FPO**  
**Fuente: Presentación Planes estratégicos de PDVSA “Faja Petrolífera del Orinoco”.**

Una de las características más importantes del crudo presente en la Faja petrolífera del Orinoco es su altas viscosidades y contenido de impurezas como ( sales, Azufre, metales pesados), lo que hace que la refinación de estos crudos requiera métodos y tratamientos especiales para mejorar su calidad y obtener los resultados deseados de comercialización. Las características generales de la FPO se presentan en la Tabla 2.1

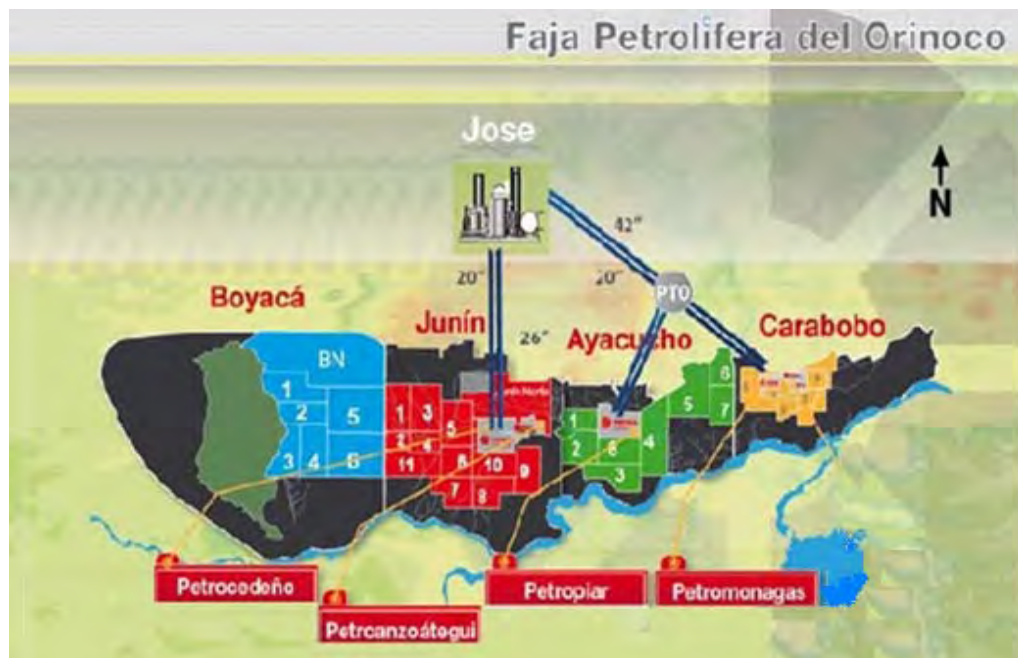
**Tabla 2.1 Características generales de la Faja Petrolífera del Orinoco**

CARACTERÍSTICA	RANGO
Profundidad (pies):	3000 – 4000
Temperatura del yacimiento (°F):	100 - 140
Contenido de Metal (ppm):	Níquel 11 – 150 Vanadio 40 - 2000
Gravedad del crudo (°A.P.I.):	7 – 12
Viscosidad del petróleo CY (cPs)	100 @ 140 °F 5000 @ 100 °F
Relación Gas/Petróleo (PCN/BN)	60 – 80
Porosidad (%)	20 - 35
Saturación de petróleo (%)	70 – 85
Espesor de las arenas (pies)	20 – 300
Azufre (%)	2 – 8



### 2.3 PLANTAS MEJORADORAS DE CRUDO EN VENEZUELA

Son las encargadas de la producción de crudo sintético, a partir del crudo pesado y extrapesado proveniente de la faja petrolífera del Orinoco. En la figura 2.2 se presenta la ubicación geográfica de las plantas mejoradoras en Venezuela.



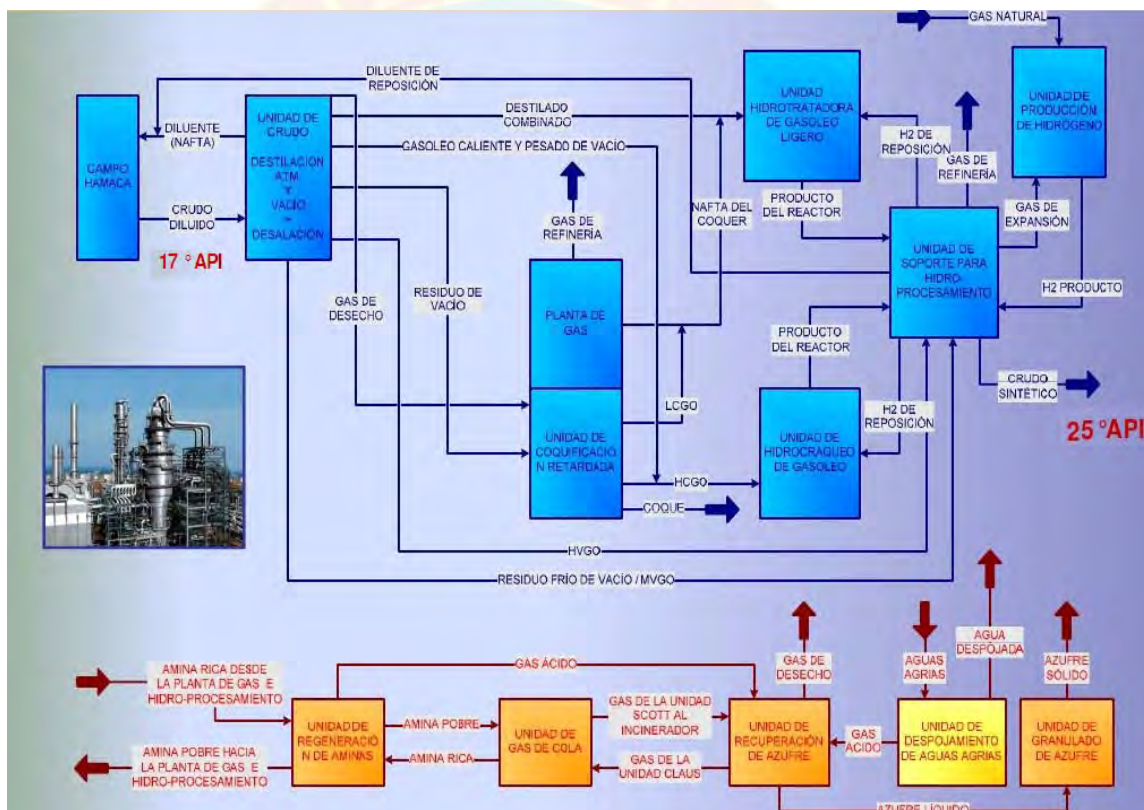
**Figura 2.2 Ubicación de los mejoradores de crudo en Venezuela**

**Fuente:** [www.venezuelagas.net/infogas/info17.pdf](http://www.venezuelagas.net/infogas/info17.pdf)

- **Petrocedeño:** Compañía petrolera mejoradora de crudo con conversión a refinería, que produce 200 mil barriles diarios de crudo extrapesado de 8 API (proveniente de la estación principal de San Diego, Cabrutica), y los mejora en 180 mil barriles diarios de Zuata Swee, un crudo sintético liviano y dulce. Durante este proceso de mejoramiento se obtienen a diario 900 toneladas de azufre y 6 mil toneladas de coque. Petrocedeño, ex – sincor, es controlada por PDVSA, Total y Statoil.



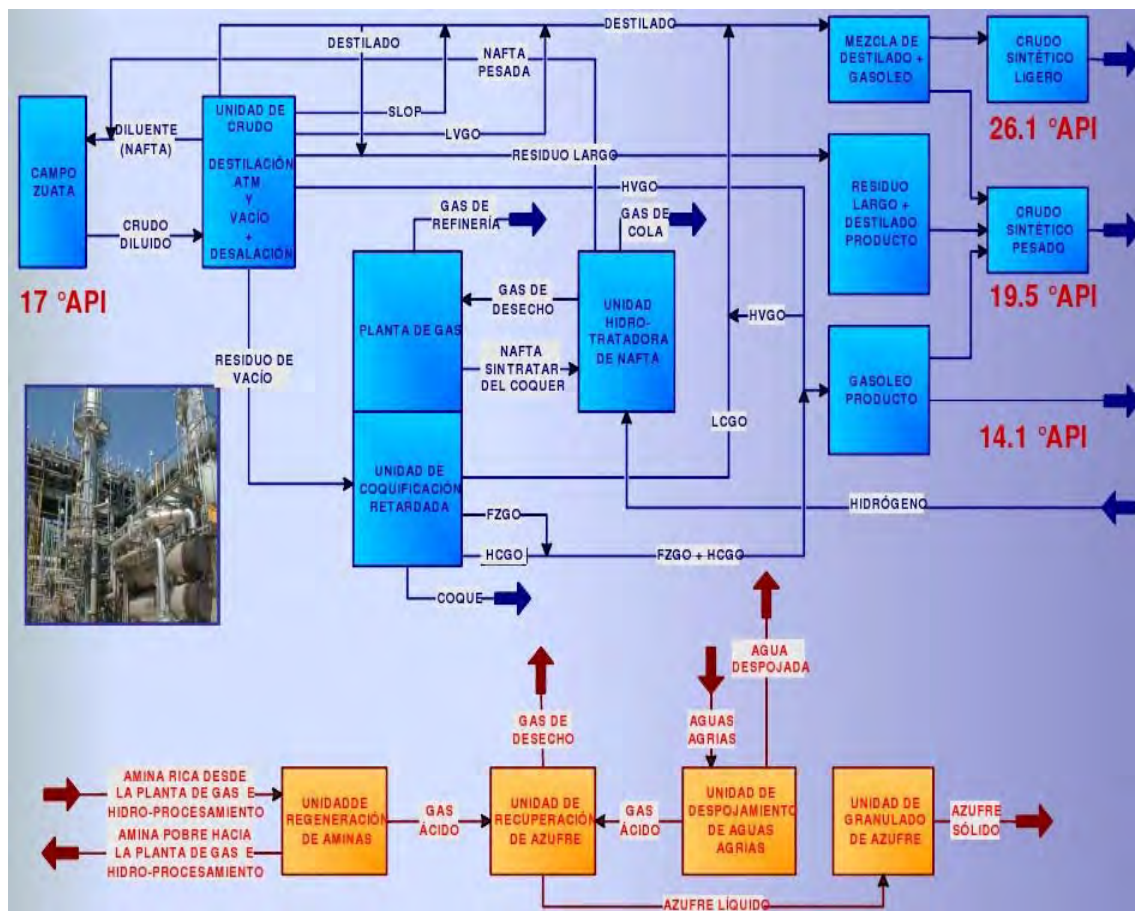
- **Petropiar:** Empresa mixta venezolana operadora del proyecto integrado de la FPO, refina crudo extrapesado y produce crudo sintético. En 2010, su producción promedio 134.000 b/d de crudo sintético y 49.000 PCND de gas natural. Durante el 2012 debiera promediar 175.000 b/d, con una producción máxima estimada en 181.000 b/d. PDVSA tiene una participación de 65% en Petropiar, mientras el grupo estadounidense Chevron tiene una participación de 25% y la institución financiera estatal china Citic controla el 10% restante.



**Figura 2.3 Esquema de la planta mejoradora de Petropiar**  
Fuente: [www.es.scribd.com](http://www.es.scribd.com)

- **Petroanzoátegui:** Ubicado en el complejo Industrial José Antonio Anzoátegui al norte del estado, se encarga de procesar y mejorar el crudo extrapesado del Bloque Junín de la Faja Petrolífera del Orinoco. Procesa 119 mil barriles

diarios de crudo diluido, así como recupera 15 mil barriles de diluyente, para abrir del año 2001 esta empresa produce el primer barril mejorado con especificaciones comerciales, produciendo un crudo sintético con un rango de (19 – 25) °API, con productos asociados de GLP, azufre, coque de petróleo y aceite de gas pesado.



**Figura 2.5 Esquema de la planta mejoradora de Petroanzoátegui**  
Fuente: [www.es.scribd.com](http://www.es.scribd.com)

- **Petromonagas:** Ubicado en el campo Carabobo al sur del estado Anzoátegui, fue creado como empresa mixita, la cual procesa 120 mil barriles diarios de

petróleo proveniente de 98 pozos de cudo. Para el 2012 se estima el incremento de la producción en 145 mil barriles.

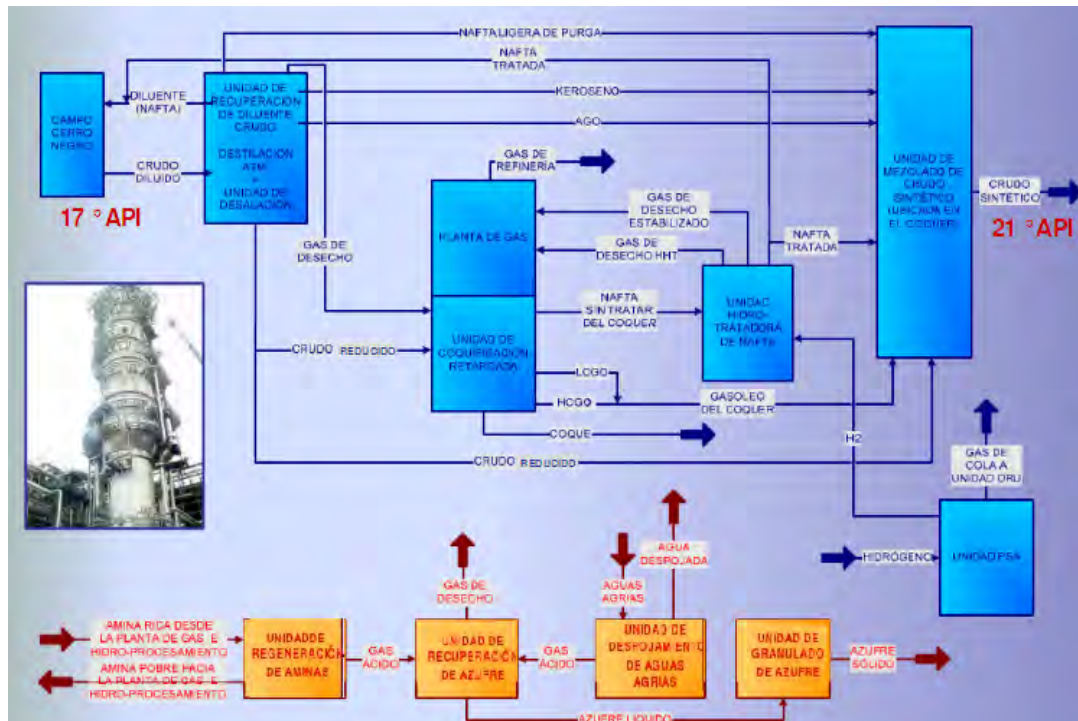


Figura 2.4 Esquema de la planta mejoradora de Petromonagas

Fuente: [www.es.scribd.com](http://www.es.scribd.com)

## 2.4 BASES TEÓRICAS

### 2.4.1 Adición de hidrogeno

Procesos desarrollados donde se busca incrementar la relación carbón – hidrogeno al añadir hidrogeno a altas presiones y temperatura usando un catalizador. Sus características son las siguientes:

- Temperatura de operación menores a 800 °F.
- Altas presiones de operación mayores a 1600 Lpca.
- Emplean catalizadores o aditivos.

- Alto rendimiento a componentes líquidos.
- Mejores calidades de productos.
- Mayor inversión de capital en comparación con las de rechazo de carbón.

### 2.4.2 Rechazo de carbón

Procesos desarrollados donde se busca incrementar la relación carbón – hidrogeno a través del craqueo térmico a bajas presiones y altas temperaturas. Sus características son las siguientes:

- Tecnología probada.
- Temperatura de operación mayor a 850 °F.
- Presiones baja a intermedias menores a 400 Lpca.
- Generan gran cantidad de coque como subproducto.
- Baja inversión en comparación con la adicción de hidrogeno.

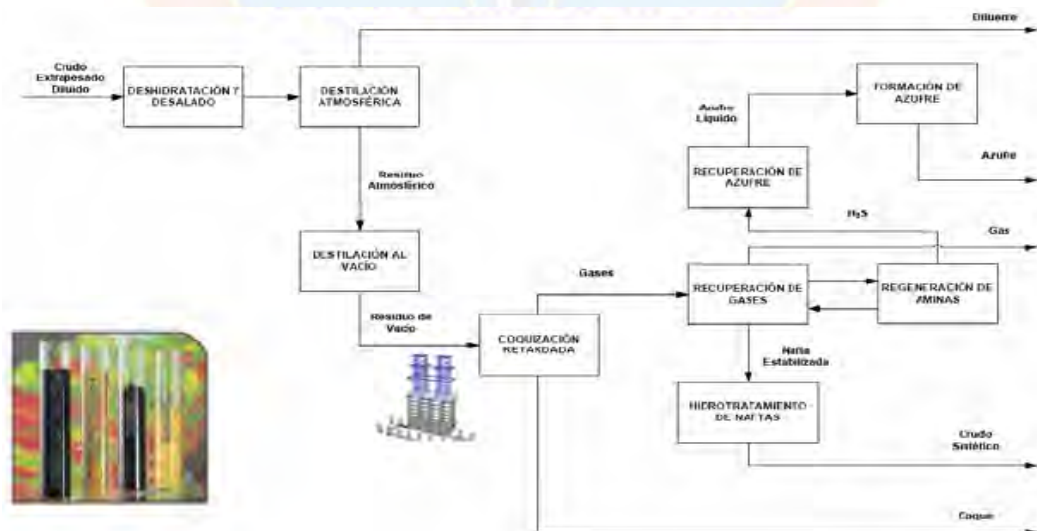


Figura 2.6 Esquema general de mejoramiento en Venezuela  
Fuente: [www.asignaturas.usb.ve.com](http://www.asignaturas.usb.ve.com)



### **2.4.3 Mejoramiento de crudo pesado y extrapesado**

Son procesos desarrollados con la finalidad de lograr un incremento de la gravedad API de los crudos pesados y extrapesados con el objeto de hacer más rentable la explotación de este tipo de crudos, a través de la creación de un crudo sintético con características de calidad superiores al crudo original.

#### **2.4.3.1 Objetivo del mejoramiento de los crudos pesados y extrapesados**

##### **a) Mejoramiento para el transporte del crudo**

- Producir crudo transportable de 14 – 18 °API.
- Obtener una viscosidad optima para disminuir los costos de transporte.
- Producir un crudo que sea compatible al mezclarse con fracciones más ligeras u otros crudos similares.
- Crear un crudo que sea estable para evitar sedimentación o cambios de viscosidad durante el almacenaje.
- Producir un crudo suficientemente estable térmicamente para evitar su coquificación en los hornos de refinería.

##### **b) Producción de crudo sintético**

- Producir crudo con una gravedad de 20 a 38 API.
- Lograr una reducción del residuo de vacío.
- Obtener mayor rendimiento de los cortes para la producción de crudo sintético acorde con el mercado objetivo.

**c) Mejoramiento en refinería existente**

- Aumentar carga de crudo pesado a la refinería.
- Incrementar el margen de refinación.
- Generar productos intermedios con mayor rendimiento y calidad.
- Minimizar inversión de capital en nuevas unidades al adaptar unidades nuevas para el mejoramiento en las refinerías existentes.
- Minimizar la producción de sólidos y subproductos indeseados.
- Minimizar el impacto ambiental.

**d) Mejoramiento en nueva refinería**

- Conversión primaria de crudos pesados y Extrapesados.
- Rendimientos y calidades adecuadas a las necesidades del mercado.
- Diseños de unidades de proceso, servicios y soporte hechas a la medida del crudo de alimentación.
- Minimizar impacto de los costos fuentes de suministro, productos, disposición de subproductos y mantenimiento.

**2.4.4 Hidrotratamiento**

Los procesos denominados de hidrotratamiento tienen como finalidad la eliminación de impurezas como azufre, nitrógeno, oxígeno, metales que acompañan a las moléculas de hidrocarburo que componen el petróleo y son convertidos en sulfuros de hidrogeno y amoniaco. Estos tratamientos permiten eliminar problemas de "envenenamiento del catalizador" utilizado en otros procesos de refinación, se aumenta la calidad de los productos y se evita la contaminación atmosférica.



Los catalizadores utilizados son sulfuros de molibdeno y cobalto o níquel, los cuales se soportan en una alúmina de transición. Este proceso ha venido aplicándose cada vez con más frecuencia ya que el uso de petróleo pesado que contiene muchas impurezas se ha incrementado y las restricciones sobre emanaciones de compuesto sulfurosos a la atmósfera, hicieron más estrictas las especificaciones de los productos y originaron la necesidad de una mayor capacidad de remoción de azufre.

#### **2.4.4.1 Hidrotratamiento de naftas**

Son procesos donde se hace reaccionar hidrógeno con hidrocarburos insaturados (olefinas y aromáticos) transformándolos en saturados (parafínicos y naftenicos). Además el hidrógeno reacciona con compuestos de azufre, nitrógeno y oxigenados transformándolos en ácido sulfhídricos ( $\text{SH}_2$ ), amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ). La carga está constituida por naftas pesadas de destilación primaria (Topping) y naftas pesadas de las Unidades de Coque. Luego de ser calentada, la carga pasa por un sistema de reacción donde el hidrocarburo toma contacto con el hidrógeno en presencia de un catalizador. La corriente de salida del sistema de reacción pasa por un separador de alta presión donde se separa el hidrógeno que no reaccionó junto con parte del sulfhídrico y amoníaco formado, luego la corriente pasa a una torre estabilizadora donde se elimina una pequeña cantidad de gases por la parte superior. Por el fondo sale nafta hidrotratada

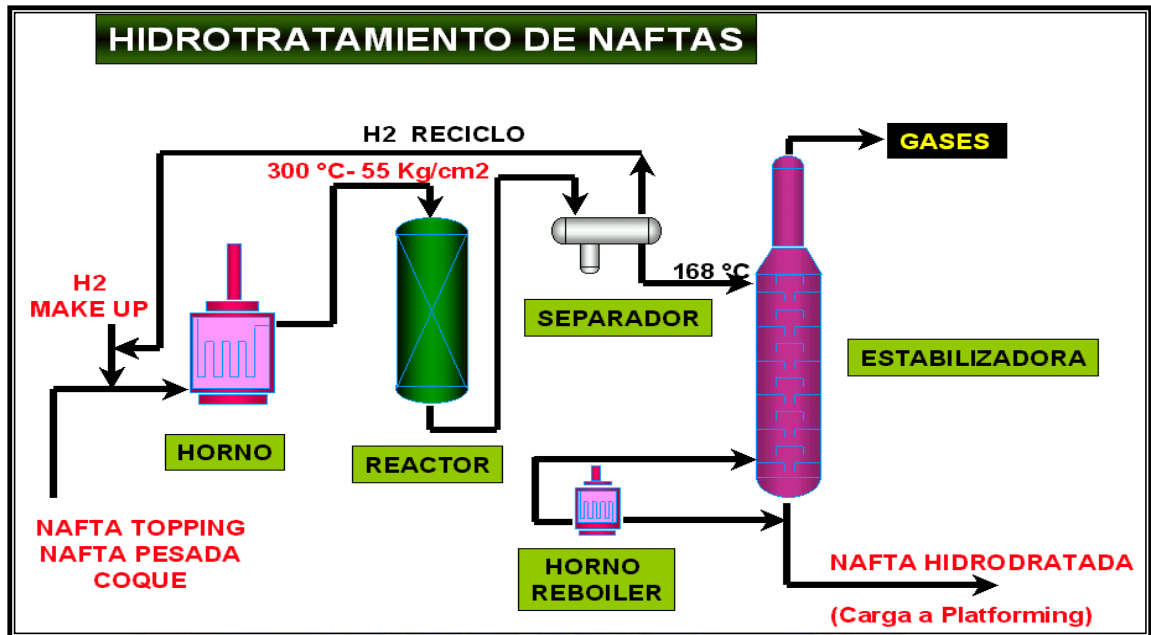


Figura 2.7 Proceso de hidrot ratamiento de naftas

Fuente. [www.gustato.com](http://www.gustato.com)

## 2.5 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS PREVIOS A LA ENTRADA DEL CRUDO EN LOS MEJORADORES

Una vez extraídos los crudos pesados y extrapesados del yacimiento, se procede a inyectarles diluentes o suministrarle calor a través de hornos, con el fin de mejorar las características de dichos crudos, para su debido manejo y transporte hacia las estaciones de flujo y posteriormente a los respectivos mejoradores con la finalidad de transformar estos crudos en uno de mejor calidad para la venta y refinación (obtención de gasolina y productos derivados).

### 2.5.1 Inyección de diluyente

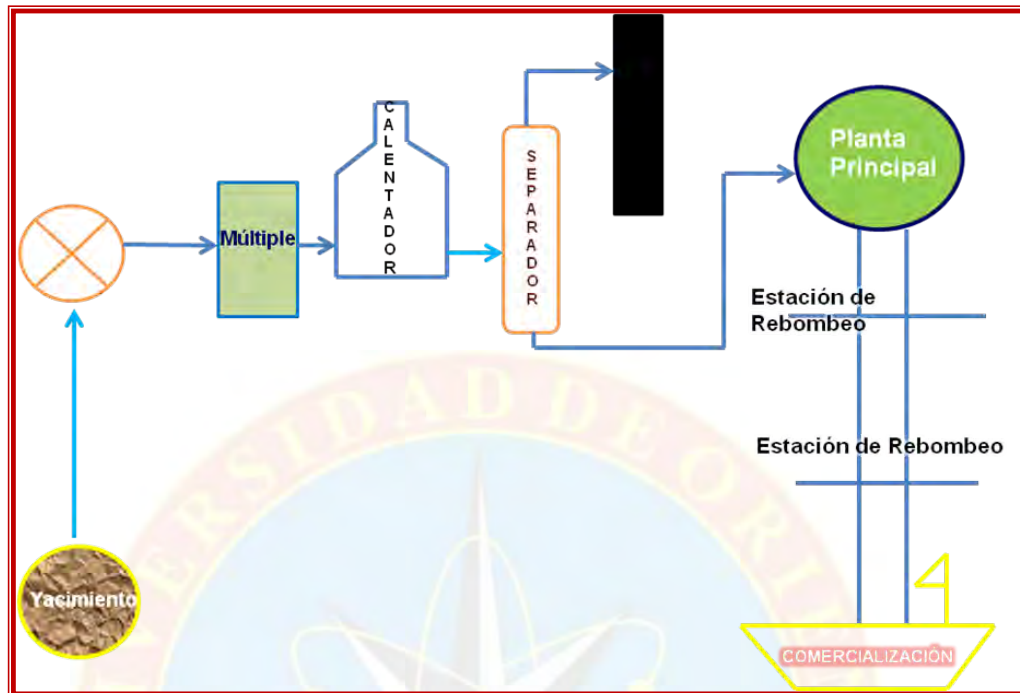
El método de dilución consiste en mezclar crudo pesado, extra pesado o bitúmenes con hidrocarburos medianos, livianos o con cortes de petróleo como kerosene o nafta, en una proporción tal, que permita su movimiento a través de

tuberías en condiciones económicamente aceptables: esto es: diluirlo hasta conseguir una mezcla operacionalmente manejable desde el punto de vista de su fluidez.

La inyección puede ser a nivel de superficie, cuando las condiciones de movilidad del crudo en el pozo no ameritan aplicar el esquema de inyección en el fondo. La inyección en superficie mejora el transporte de crudo en las líneas de producción, pero no mitigan las pérdidas por fricción presentes en las amplias secciones de tubería en los pozos, mientras que la inyección en el fondo minimiza las pérdidas de presión por fricción en la tubería, incrementando la presión de entrada a la bomba mejorando la producción.

### **2.5.2 Proceso de calentamiento de crudo**

A nivel de superficie la temperatura del crudo disminuye causando el incremento de su viscosidad, el objetivo del calentamiento del crudo pesado es disminuirla y facilitar así su manipulación, evitando presiones excesivas en las líneas y bombas, disminuyendo los costos de transporte y almacenamiento del diluyente. Este proceso puede ocurrir en las Estaciones Recolectoras, en los patios de tanques o en las estaciones de rebombeo, se realiza a través de calentadores que causan un incremento de temperatura sin que ocurra un cambio de fase.



**Figura 2.8 Transporte de crudo pesado bajo esquema de calentamiento**  
**Fuente: Regardiz, L. (2008).**

### 2.5.3 Deshidratación y Desalación

El proceso de desalación está ligado al proceso de deshidratación ya que con la sustracción del agua se eliminan a la vez las sales disueltas en ella, ya que en el agua de formación existe la mayor cantidad de iones de sal (la sales más comunes en el agua de formación son el cloruro de sodio, cloruro de calcio y cloruro de magnesio).

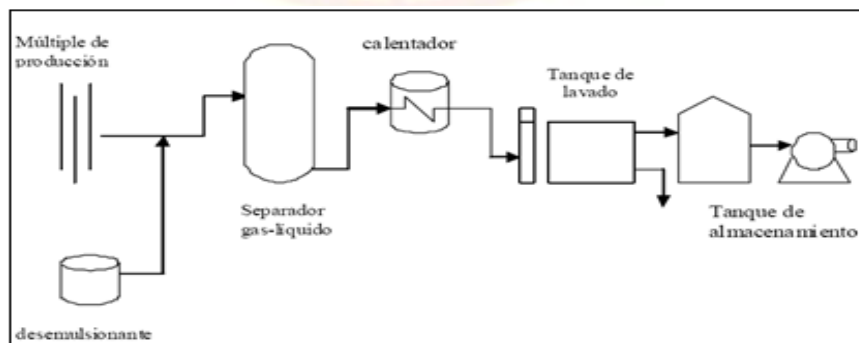
En términos de calidad del producto, la importancia de estos procesos, radica en la premisa de cumplir con los requerimientos para lograr que el crudo sea comercial, en consecuencia el mismo debe cumplir con un mínimo porcentual de sal y agua en su contenido y asegurar uno de los requisitos fundamentales exigidos por los mejoradores, las refinerías y terminales de exportación.

### ➤ Deshidratación

Es el proceso mediante el cual se separa el agua asociada con el crudo, ya sea en forma emulsionada o libre, hasta lograr reducir su contenido a un porcentaje previamente especificado. Generalmente este porcentaje es menor al 1% de agua.

Una vez que el crudo es producido se lleva a un múltiple de producción, El sistema está constituido por tuberías dispuesta en posición horizontal que recogen la producción de los diferentes pozos de un área a través de las cuales circula la mezcla gas-crudo-agua que pasará posteriormente a los separadores gas-líquido, donde se elimina el gas disuelto. Luego la emulsión pasa a un separador gravitacional para eliminar el agua libre y el crudo no emulsionado.

La emulsión restante se lleva al sistema de tratamiento seleccionado para aplicación de calor y/o corriente eléctrica; con el fin de lograr una separación más efectiva entre el petróleo y el agua. Al avanzar por el sistema el crudo llega al patio tanque donde pasa inicialmente a un tanque de separación de petróleo y agua, conocido como tanque de lavado, y finalmente el crudo separado pasa al tanque de almacenamiento. El punto de química es a la salida del múltiple de producción, antes de los separadores como se muestra en la figura 2.8.



**Figura 2.9 Proceso de deshidratación de Crudo.**

**Fuente: Documento técnico. “Deshidratación y Desalación” 2010**

### ➤ **Proceso de desalación**

El proceso de desalación consiste en la remoción de las pequeñas cantidades de sales inorgánicas, que generalmente quedan disueltas en el agua remanente, mediante la adición de una corriente de agua fresca (con bajo contenido de sales) a la corriente de crudo deshidratado, posteriormente, se efectúa la separación de las fases agua y crudo, hasta alcanzar las especificaciones requeridas de contenido de agua y sales en el crudo.

Las sales minerales están presentes en el crudo en diversas formas: como cristales solubilizados en el agua emulsionada, productos de corrosión o incrustación insolubles en agua y compuestos organometálicos como las porfirinas.

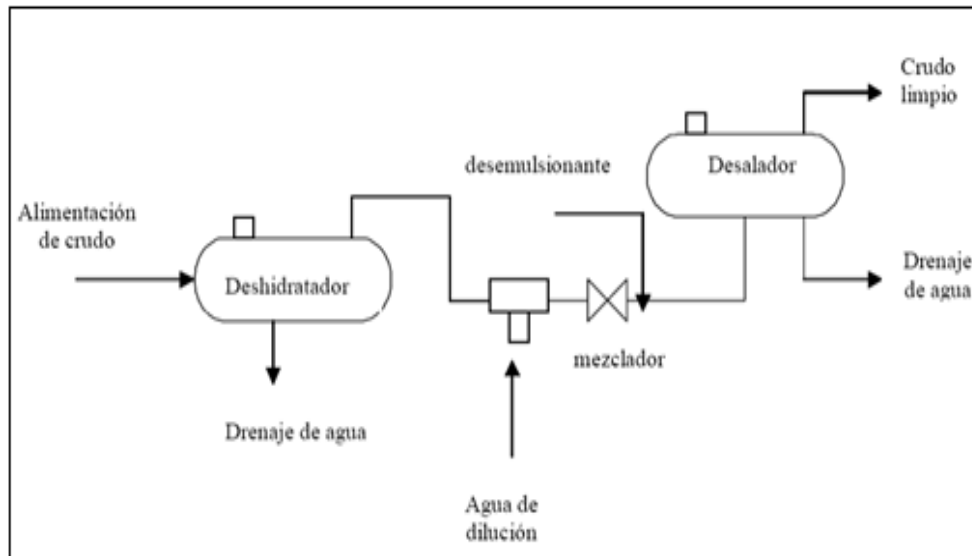
Cuando el crudo es procesado en los mejoradores y las refineras, la sal puede causar numerosos problemas operativos, tales como disminución de flujo, taponamiento, reducción de la transferencia de calor en los intercambiadores, corrosión de los equipos.

El desalado en campo reduce la corrosión corriente aguas abajo (bombeo, ductos, tanques de almacenamiento).

El desalado se realiza después del proceso de rompimiento de la emulsión en deshidratadores electrostáticos y consiste de los siguientes pasos:

- Adición de agua de dilución al crudo.
- Mezclado del agua de dilución con el crudo.
- Deshidratación (tratamiento de la emulsión) para separar el crudo y la salmuera diluida.





**Figura 2.10 Sistema convencional de deshidratación y desalado de crudo**  
**Fuente: Documento técnico. “Deshidratación y Desalación” 2010**

#### 2.5.4 Destilación Atmosférica del Crudo

En las torres de destilación atmosférica, el crudo desalinizado se precalienta utilizando calor recuperado del proceso. Después pasa a un calentador de carga de crudo de caldeo directo, y desde allí a la columna de destilación vertical, justo por encima del fondo, a presiones ligeramente superiores a la atmosférica y a temperaturas comprendidas entre 343 °C y 371 °C, para evitar el craqueo térmico que se produciría a temperaturas superiores.

Los productos obtenidos por la parte superior o cabeza son gases y nafta. El gas es comprimido y enviado a unidades de concentración de gases. La Nafta es fraccionada nuevamente para obtener dos cortes. La nafta liviana que se envía a isomerización o a tanque como carga petroquímica y nafta pesada que es enviada a las unidades de Hidrotratamiento donde se eliminan los contaminantes de los catalizadores.

El primer corte lateral es el kerosene, el cual se envía a tanque. Previamente intercambia calor con crudo y es enfriado a temperatura de almacenaje mediante aere enfriadores y enfriadores con agua. El segundo corte lateral es el gas oíl liviano, el cual es tratado en forma semejante al kerosene. El tercer y último corte lateral es el gas oíl pesado, el cual es enviado como carga a las unidades de Isomax o Craqueo Catalítico Fluido. El producto de fondo es el residuo que no se vaporizo en el horno, ya que para lograrlo sería necesario elevar la temperatura de trabajo por sobre el umbral de descomposición térmica. Por tal motivo este residuo atmosférico, denominado crudo reducido, se bombea a la unidad de Vacío.

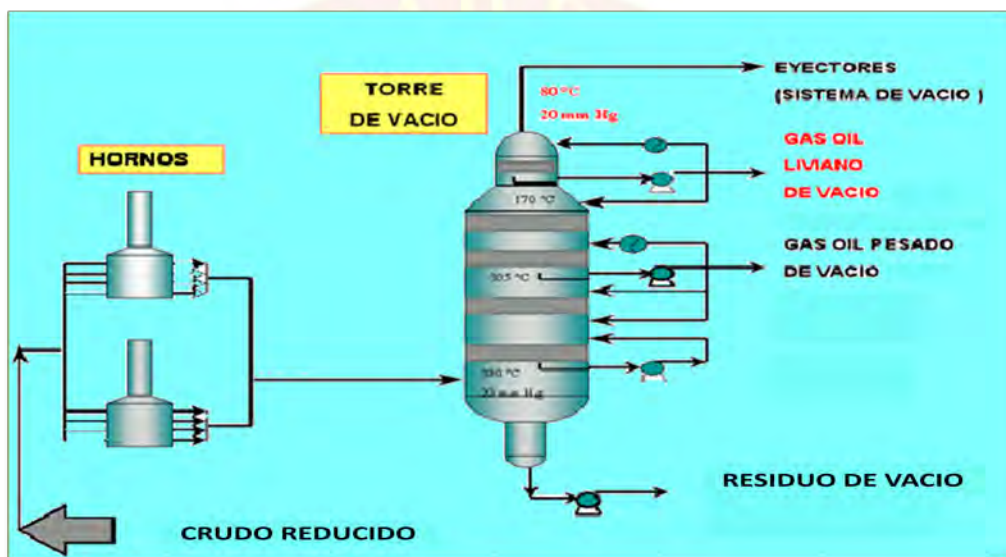


**Figura 2. 11 Unidad de destilación atmosférica – Topping**  
Fuente: [www.gustato.com](http://www.gustato.com)

### 2.5.5 Destilación al Vacío

En la torre de destilación al vacío ingresa el crudo reducido calentado proveniente de la torre de destilación atmosférica, reduciendo la presión de operación

a 20mmHg lo que permite destilarlo a mayores temperaturas (370-390 °C) sin descomponer la estructura molecular. En este proceso se obtienen tres productos finales, por la parte superior de la torre se obtiene gasoil liviano de vacío, un corte lateral que es gasoil pesado de vacío y en fondo de la torre los compuestos de mayor peso molecular denominado residuo de vacío, el cual será posteriormente la carga de otros procesos.



**Figura 2.12** Proceso de destilación al vacío

Fuente: [www.ingesaeros-mechanicalengineering.blogspot.com](http://www.ingesaeros-mechanicalengineering.blogspot.com)

Las reservas de hidrocarburos presentes en la Faja Petrolífera del Orinoco poseen una relación carbono hidrogeno muy baja, (contenido de carbón: 80 a 87 % y 12 a 15%), en la actualidad existen dos maneras de incrementar esta relación.

La primera es atraer los átomos de carbono mediante proceso conocidos como: coquificación, viscirreducción, que hacen al crudo más liviano al aumentar su relación carbono – hidrogeno dejando como residuo grandes cantidades de carbón o coque.

## **2.6 IDENTIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE MEJORAMIENTO USADOS EN LA CONVERSIÓN DE LOS CRUDOS PESADOS Y EXTRAPESADOS**

### **2.6.1 Coquificación Retardada**

La Coquificación retardada es un proceso muy flexible que permite el procesamiento de varios alimentos. Que puede oscilar entre los residuos de la destilación a vacío del crudo con densidades del orden de 0,941 y el 6 % de coque, y las arenas bituminosas de alquitrán o el betún de la calcinación de carbón con una densidad de 1,28 y 48% de coque.

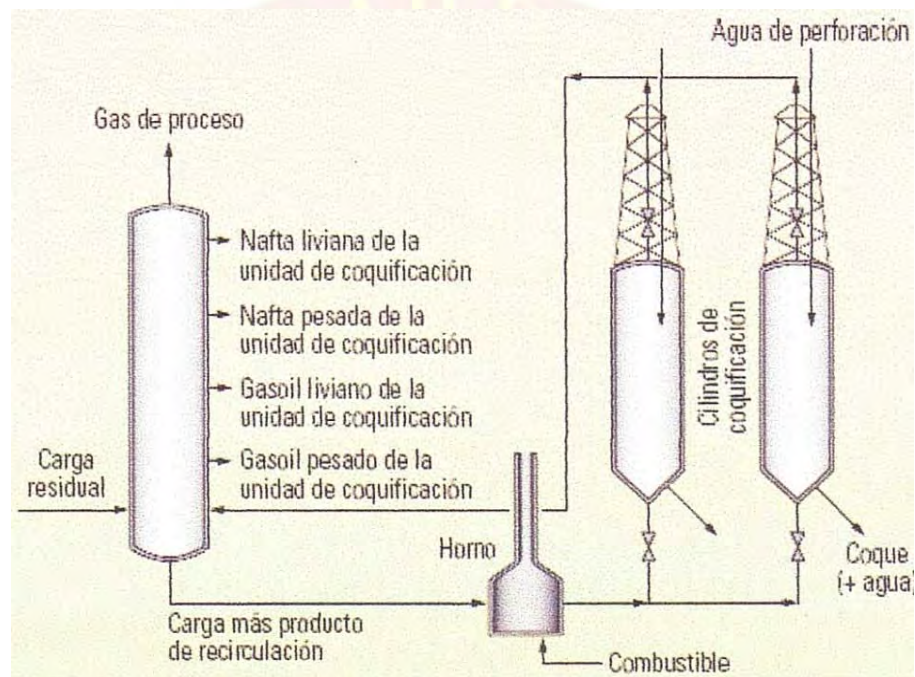
Básicamente consiste en calentar la carga proveniente de la destilación al vacío, hasta superar 480°C [900°F] en los hornos de precalentamiento de la carga .La temperatura es suficientemente elevada y el tiempo de residencia en los hornos suficientemente prolongado para que se produzca el craqueo termal de la carga a medida que la descarga ingresa en los cilindros de coquificación.

El proceso en la cámara de coque es adiabática (no ocurre intercambio térmico) y la conversión final es, en principio, limitada. Cuanto mayor sea la temperatura de salida del horno (en general, varía entre 900 - 950°F, o 482-510°C), mayor será la conversión final, menor es el contenido de volátiles en el coque, y mayor será la cantidad de destilado recogido.

Aproximadamente un 70% del producto craqueado termalmente se vaporiza; y el gas sale del cilindro de coquificación y se envía a la torre de fraccionamiento de productos. Los vapores salen de la cámara a una temperatura alrededor de 450 °C, los cuales entran a la columna de fraccionamiento en la que se recuperan por lo general dos fracciones de destilado intermedio. El 30% restante experimenta reacciones de

condensación y se transforma en un coque sólido, rico en contenido de carbono, que debido a varios procesos finalmente llena el cilindro.

La cámara llena de coque se extrae del circuito para eliminar el coque y para su limpieza. En su lugar, otra cámara está conectada a garantizar el funcionamiento continuo en el resto de la planta.



**Figura 2.13 Diagrama de flujo del proceso de coquificación retardada**  
**Fuente: Cedeño Velásquez, 2010**

**Tabla 2.2 Características operacionales del proceso de coquificación retardada**

Carga	P (Lpca)	T (°F)	Catalizador	% Conv.	Subprod.
Residuos Atm. y de vacío	60	1670	No utiliza	60-70	Coque



### 2.6.2 Viscorreducción

Consiste en reducir la viscosidad del residuo tanto atmosférico como de vacío por medio de reacciones de craqueo térmico de severidad moderada, con el propósito de afinar su empleo como combustible, así como acrecentar su manejo y traslado por las tuberías.

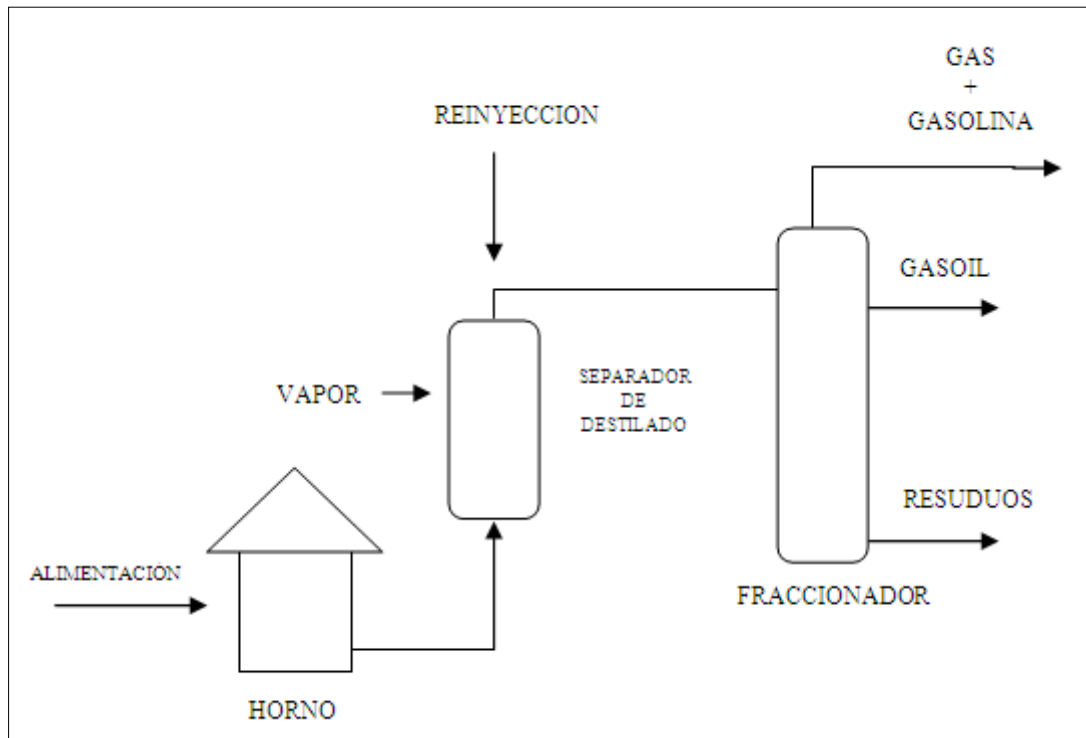
En el proceso se involucra un mecanismo basado en la ruptura de los enlaces carbono-carbono que permiten liberar los sistemas policondensados aromáticos, produciéndose radicales libres que generan reacciones en cadena, responsables de disminuir considerablemente las energías de activación del proceso. Las reacciones de ruptura en posición beta respecto al radical libre, generan las olefinas y liberan hidrógeno que posteriormente saturan los radicales libres formados. Su principal producto es el fuel oil, mezcla de residuos que requiere ser diluido con subproductos livianos de mayor valor, que pueden ser enviados a otros procesos de conversión y así obtener un mayor valor agregado.

Dentro de sus principales objetivos se encuentra disminuir el consumo de diluyente que es mezclado con el combustible residual, con el fin de lograr las especificaciones de dicho producto. La Viscorreducción es uno de los procesos más simples y económicos utilizados para la disminución de residuales y incrementando los porcentajes de rendimiento de los destilados.

**Tabla 2.3 Características operacionales del proceso de Viscorreducción**

Carga	P (Lpca)	T (°F)	Catalizador	% Conv.	Subprod.
Residuos Atm. y de vacío	72-145	1472-1526	No utiliza	10-50	Coque





**Figura 2.14 Diagrama esquemático de unidad del viscorreductor.**

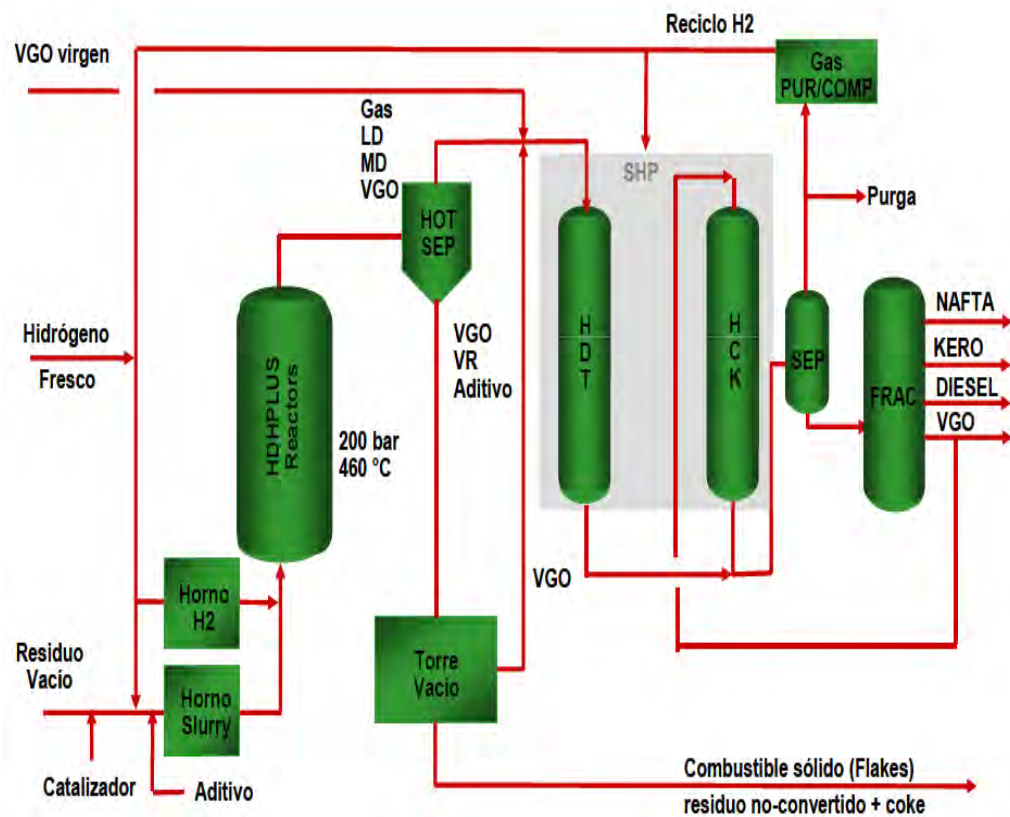
**Fuente: Khayat, E. 2004**

### 2.6.3 HDHplus

Es un proceso de Hidroconversión Catalítica de residuos de vacío, mediante el cual se agrega hidrogeno a las moléculas de hidrocarburo a altas presiones, con el que se logra una conversión entre el 85-93% desarrollado por PDVSA INTEVEP.

El proceso consiste en que el residuo en presencia de hidrógeno, un aditivo sólido y un catalizador se transforma en fracciones livianas de mayor valor comercial. El catalizador usado en el proceso son metales convencionales dispersos en el residuo a través de emulsiones catalíticas, y el aditivo es un material de diferente naturaleza preparado por molienda y tratamiento térmico para control de la fluido-dinámica de los reactores.

Puede procesar cargas provenientes del residuo de vacío independientemente del contenido de azufre, metales, asfaltenos. Este proceso tiene lugar en reactores trifásicos del tipo columna de burbujeo de flujo ascendente.



**Figura 2.15 Diagrama del proceso HDHPLUS/SHP**

**Fuente: Cedeño Velásquez, 2010**

### 2.6.3.1 Características

- Flexibilidad para procesar cargas pesadas refractarias, con alto contenido de metales y azufre.
- Presenta una operación estable controlada sobre la velocidad del gas. Es capaz de recuperarse de incidentes operacionales de manera rápida con mínimo impacto sobre la duración de la corrida.

- Bajo rendimiento a gas (8 - 10%p).
- Elevada remoción de azufre y nitrógeno con Hidroproceso Secuencial, SHP (>90%).
- Total demetalización de la alimentación.
- Minimiza el manejo de sólidos y subproductos en refinería: residuo remanente se convierte en flakes (combustible sólido, no procesado) que pueden ser mezclados con coque.
- Todos los productos tienen un uso definido.
- HDHPLUS/SHP es una tecnología de PDVSA lista para su aplicación comercial.

**Tabla 2.4 Características operacionales del proceso HDHplus**

Carga	P (Lpca)	T (°F)	Catalizador	% Conv.	Subprod
Residuos Atm. y de vacío	2600-2900	1515-1612	Metales convenc.	80-94	Flake

#### 2.6.4 Aquaconversión

Es un proceso catalítico de conversión de vapor que transfiere hidrogeno del vapor de agua a los fondos no convertidos del petróleo crudo, aumentando así su estabilidad al evitar la formación de policondensados que son los precursores de coque. Este proceso transforma los residuos de vacío en productos de alta calidad al más bajo costo.

La Aquaconversión tiene dos aplicaciones bien definidas: la aplicación en cabezal para obtener crudo mejorado transportables y la aplicación en refinerías para reducir la producción de residuos pesado. La reducción de la producción de

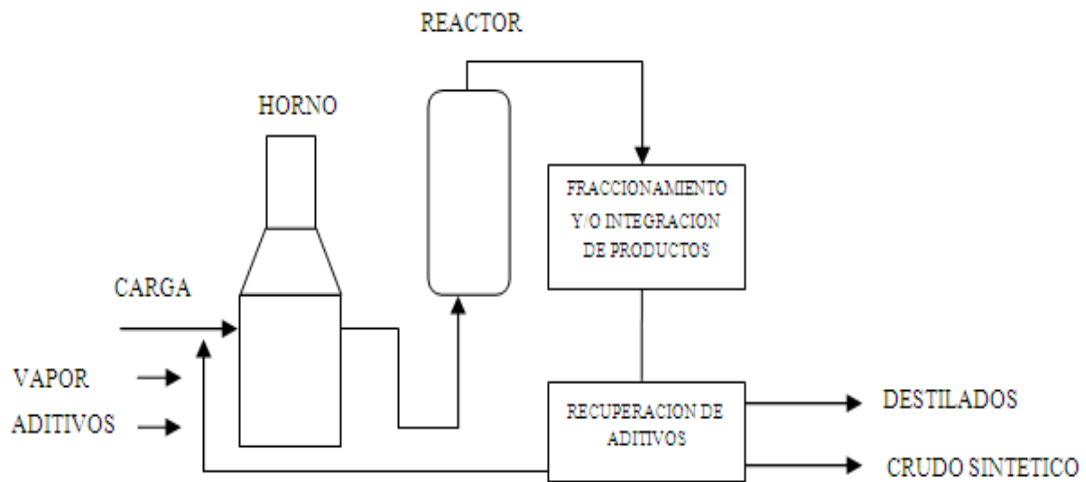
combustible pesado es económicamente atractiva porque permite mayor obtención de productos procesados de alto valor tales como gasolina, jet y combustible diesel.

Las principales reacciones involucradas en el proceso empiezan con el conocido mecanismo de craqueo térmico para producir radicales libres de hidrocarburos, seguido por la formación catalítica de radicales libres de hidrógeno, así como la adición de hidrógeno a los radicales libres de hidrocarburos para evitar la formación de compuestos policondensados o reacciones de polimerización.

La Aquaconversión es una extensión del proceso Viscorreductor, ya que uno de los requerimientos del proceso es que el crudo sintético sea estable, por ello, esta tecnología impulsa al máximo el nivel de conversión dentro de la especificación de estabilidad por la adición de un catalizador homogéneo en presencia de vapor de agua en la entrada de la planta de Aquaconversión ubicada en la superficie del campo de producción.

**Tabla 2.5 Características operacionales del proceso Aquaconversión**

Carga	P (Lpca)	T (°F)	Catalizador	% Conv.	Subprod.
Residuos Atm. y de vacío	75-145	1515	Metales convenc.	50	Se desprecia



**Figura 2.16 Diagrama esquemático de unidad de Aquaconversión**

**Fuente: Elia José Khayat Chawa, 2004**

## **2.7 SELECCIÓN DE LOS MÉTODOS MÁS APROPIADOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS CRUDOS PESADOS Y EXTRAPESADOS DE LA FAJA PETROLÍFERA DEL ORINOCO**

Las mejoras del crudo se logran debido a la sinergia encontrada entre la Aquaconversión y otros procesos de conversión profunda de residuos de vacío como la Coquificación Retardada y la HDHPLUS.

La Aquaconversión es una tecnología venezolana desarrollada por PDVSA-INTEVEP desde el año 1991. Es un proceso de conversión moderada (hasta 50%) de crudos pesados y residuales de alto peso molecular, elevado contenido de metales y azufre, en presencia de un catalizador soluble y vapor de agua. Es capaz de transferir hidrógeno del vapor de agua a los residuos de vacío, aumentando su estabilidad, evitando la formación de policondensados que son precursores de coque.

Aquaconversión puede aplicarse en refinería como una alternativa superior a la Viscorreducción para incrementar la conversión de residuos sin perder la estabilidad del producto de fondo no convertido, es decir sin implicar detrimento de su calidad, por lo que podría emplearse para reemplazar las unidades viscorreductoras convencionales. Esta tecnología también puede aplicarse en campo para obtener una mayor reducción de la viscosidad de crudos pesados y extra-pesados (20% mayor) transformándolos en crudos sintéticos mejorados transportables hacia las refinerías, superando las principales desventajas que presenta el proceso de dilución que se realiza actualmente, como los son: la potencial reducción de la producción de crudos livianos y medianos que se utilizan como diluentes, y la pérdida de ganancias por su comercialización independiente ya que presenta gran valor en el mercado energético. La Aquaconversión brinda los siguientes beneficios:

- Procesamiento de residuos pesados para obtener productos limpios de alto valor.
- Mejoramiento de crudos para producir crudo sintético.
- Valorización de crudos pesados y residuales.

El esquema de proceso de la Aquaconversión es bastante similar a uno de Viscorreducción convencional que utilizan un horno de bobina y un reactor de remojo, además de fraccionamiento de productos. La carga típica para ambos procesos son los residuos atmosféricos y de vacío, y las condiciones de operación en términos de tasa de flujo, temperatura y presión también son similares. La principal diferencia es que la Aquaconversión requiere la adición de vapor de agua y la presencia de los componentes catalíticos que se agregan como aditivos químicos homogéneos, su respectiva unidad de preparación, además de la sección de recuperación del catalizador.



En promedio, con la viscorreducción se obtiene 20% de productos livianos y el restante 80% de combustibles pesados, siendo este último un producto que ha perdido mercado a nivel mundial. La Aquaconversión permite obtener en estas mismas unidades más de un 40% de productos livianos a menor costo, lo que podría favorecer su reactivación. La sinergia entre la Aquaconversión y la Coquización Retardada se realiza con el fin de disminuir entre un 15-17% la producción de coque, aumentar el rendimiento líquido, mediante esta técnica, es posible aumentar la capacidad de procesamiento de crudos pesados.

La coquización retardada con respecto a la Aquaconversión, tiene pérdidas significativas de rendimiento debido a la formación de coque y gas. Las principales limitaciones del proceso son: la alta producción de coque (30% p de la carga) sin clara disposición, es necesario el manejo de sólidos y debido a la severa conversión térmica, todos los productos tienen baja calidad y se necesitan procesos de hidrotratamiento. La elevada proporción de sólidos carbonosos producidos mediante la coquificación retardada amenazan con convertirse en dificultades ambientales a mediano plazo de utilizarse masivamente esta tecnología en el país. En la tabla 2.6 se pueden observar las comparaciones más relevantes entre los procesos de Visorreducción, coquificación retardada y Aquaconversión.

**Tabla 2.6 Comparación de los procesos de conversión**

Viscorreducción	Coquificación Retardada	Aquaconversión
Conduce a reacciones de polimerización.	Se producen altas reacciones de polimerización.	Suprime las reacciones de polimerización.
Disminuye la producción de destilados.	Disminuye la producción de destilados.	Aumenta la producción de destilados.
Produce gran cantidad de coque	Produce gran cantidad de coque	Disminuye disminuye la producción de coque
Estabilidad del producto mínima.	Estabilidad del producto mínima.	Aumenta la estabilidad del producto.
Productos livianos de baja calidad. Necesidad de hidrot ratamiento.	Productos livianos de baja calidad. Necesidad de hidrot ratamiento.	Productos livianos de alta calidad sin necesidad de hidrot ratamiento.
Aplicación: en refinería.	Aplicación: en refinería.	Aplicación: en sitio y en refinería.
Proceso sencillo	Proceso muy complejo.	Proceso sencillo

La sinergia encontrada entre la Aquaconversión y la tecnología HDHPLUS/SHP es para incrementar el rendimiento de líquido. También hay una buena sinergia desde el punto de vista económico, porque la Aquaconversión reduce las operaciones de trabajo de las unidades aguas abajo.

El HDHPLUS/SHP permite mayor capacidad de conversión, y se considera más un proceso para refinación, mientras que la Aquaconversión es más flexible y sencilla como proceso para el mejoramiento de crudos en campo.

La tecnología de Aquaconversión se utiliza en las refinerías para incrementar la conversión de residuales de las actuales unidades de viscorreducción sin perder la estabilidad del producto.

De todo lo antes expuesto y en comparación con los otros métodos de mejoramiento de los crudos pesados la tecnología de Aquaconversión resulta ser la más apropiada para el mejoramiento de los crudos pesados y extrapesados de la Faja Petrolífera del Orinoco, ya que es un proceso que fácilmente puede aplicarse en campo por ser poco complejo.

También pueda usarse en conjunto con las otras tecnologías de conversión para incrementar la eficiencia en los procesos de mejoramiento de los crudo, sin la necesidad de construir o remodelar por completo las instalaciones de las plantas mejoradoras de crudo existentes y aun mas importante no genera grandes pasivos ambientales.

Aunado a esto, la Aquaconversión elimina la necesidad de realizar procesos de hidrotratamiento en las plantas mejoradoras de crudo, obteniendo así una simplificación del proceso de mejoramiento de los crudos, convirtiéndose en un proceso que genera menores gastos operativos y la obtención de productos de mejor calidad.

## 2.8 CONCEPTOS BÁSICOS

**Arena neta petrolífera:** se refiere a espesores de arena que se consideran 100% saturados de petróleo.

**Asfáltenos:** Mezclas de hidrocarburos, como el asfalto, que al depositarse en recipientes o tuberías, forma una masa que obstruye el sistema.

**Conversión:** consiste en transformar los componentes pesados del petróleo en otros mediante reacciones químicas y por acción de calor y en general con el uso de catalizadores.

**Craqueo:** Transformación por ruptura de las grandes moléculas de crudos y gases para obtener unas más pequeñas a fin de aumentar la producción de productos ligeros y volátiles. Se distingue craqueo térmico y catalítico.

**Destilación:** Proceso que consiste en evaporar una sustancia (Petróleo), para luego obtener diferentes cortes o destilados en función del punto de ebullición de cada uno de sus componentes. En la industria petrolera se distinguen la destilación atmosférica y la destilación al vacío.

**Gravedad API:** Escala empírica para medir la densidad de los crudos y los productos líquidos del petróleo, adoptado por el American Petroleum Institute.

**Sinergia:** resultado de la acción conjunta de dos o más procesos, caracterizado por tener un efecto superior que de por sí solo.

## CONCLUSIONES

- Durante la producción y el transporte de los crudos pesados de la Faja Petrolífera del Orinoco, es necesaria la inyección de diluyente para crear una mezcla de crudo operacionalmente manejable.
- El calentamiento del crudo es un proceso inherente a casi todas las operaciones de la producción de crudo pesado, pues el incremento de temperatura reduce la viscosidad del crudo y facilita su paso a través de los equipos y tuberías.
- La desalación y deshidratación del crudo son tratamientos que tienen razones económicas y operacionales para evitar el deterioro de los equipos por corrosión y formación de incrustaciones.
- Los procesos de mejoramiento de crudo implican incrementar la relación carbón – hidrogeno a fin de crear productos ligeros de mezcla para formar crudo sintético.
- Los productos livianos de viscorreducción y coquificación retardada requieren de una unidad de hidrotratamiento para eliminar impurezas.
- Aquaconversión puede aplicarse en refinería como una alternativa superior a la Viscorreducción para incrementar la conversión de residuos.
- La sinergia encontrada entre la Aquaconversión y la tecnología HDHPLUS/SHP es con la finalidad de incrementar el rendimiento de líquido.
- La Aquaconversión es un proceso sencillo que puede ser usado en campo, para crear crudo sintético transportable hacia las refinerías
- La Aquaconversión, en conjuntos con otros métodos de mejoramiento aumenta la eficiencia de la conversión, y eliminando la necesidad de usar procesos de hidrotratamiento.

## RECOMENDACIONES

- Realizar estudios económicos sobre la factibilidad de remplazo de las unidades de coquificación retardada por unidades de Aquaconversión a fin de minimizar el impacto ambiental del coque generado por este proceso
- Implementar la tecnología de Aquaconversión en conjunto con tecnologías de mejoramiento existentes en las plantas mejoradores de crudo de la Faja Petrolífera del Orinoco, para incrementar el rendimiento de productos ligeros.
- Crear oportunidades para implementar tecnologías novedosas que brinden mayor beneficio y rendimiento en la producción de crudo sintético.
- Visualizar mercados o usos para la creciente producción de desechos generados por las actuales plantas mejoradoras de crudo.



## BIBLIOGRAFÍA

KHAYAT E. y MORENO C. (2004). Factibilidad de aplicación del proceso de Aquaconversión para el mejoramiento en sitio de crudos pesados y extrapesados en el yacimiento Morichal 01. Tesis de Grado para optar al título de Ingeniero Petróleo. Universidad de Oriente. Núcleo de Monagas.

REGARDIZ, L. (2008). Propuesta de un sistema de mejoramiento de transporte de crudo pesado en la línea de producción de la de macolla I del campo Orocuai. Tesis de Grado para optar al título de Ingeniero Petróleo. Universidad de Oriente. Núcleo de Monagas.

RIBAS R. (2010). Evaluación del proceso de inyección de diluyente en crudo Extrapesado de la Faja Petrolífera del Orinoco, campo Huyapari. Tesis de Grado para optar al título de Ingeniero Petróleo. Universidad de Oriente. Núcleo de Monagas.

CEDEÑO, V y otros. (2010) Factibilidad de la aplicación del proceso Aquaconversión para la conversión de residuales de vacío a nivel de refinería. Tesis de Grado para optar al título de Ingeniero Petróleo. Universidad de Oriente. Núcleo de Monagas.

Revisión de las tecnologías de mejoramiento de crudo pesado. Primer Congreso Internacional de Crudo Pesado Maturín – Venezuela. (2008) [Pagina web en línea] consultada el 5 de mayo 2012 en: [www.es.scribd.com/doc/31366560/revision-de-tecnologias-de-mejoramiento-de-crudos-pesados](http://www.es.scribd.com/doc/31366560/revision-de-tecnologias-de-mejoramiento-de-crudos-pesados)

PEREIRA P., MACHIN I., SALERNO G., COTTE E., HIGUERAY I., ADRIOLLO A., CORDOVA J., ZACARIAS L., MARZIN R. y Rivas G. (1999). La investigación y desarrollo en mejoramiento de crudos extrapesados en pdvsa-intevep: Aquaconversion. Acta científica venezolana [Revista en línea], 50:48-53. Consultado el 05 de Mayo del 2010 en: [www.scribd.com/.../Mejoramiento-de-Crudos-Pesados-y-Extrapesados](http://www.scribd.com/.../Mejoramiento-de-Crudos-Pesados-y-Extrapesados)

GÓMEZ L. y ARELLANO G. Plantas mejoradoras de crudo. [Presentación en línea] consultada el 1 de mayo de 2012 en: [www.asignaturas.usb.ve/.../49ceb2655e6b9mejoradoraspresent.ppt](http://www.asignaturas.usb.ve/.../49ceb2655e6b9mejoradoraspresent.ppt)

Las nuevas tecnologías desarrolladas para el mejoramiento de los crudos pesados. (2009). [Página web en línea] en: <http://industria-petrolera.lacomunidadpetrolera.com/2009/01/las-nuevas-tecnologas-desarrolladas.html>.

Venezuela pone fin a la producción de Orimulsión. (2006). [Artículo en línea] consultada el 28 de abril en: [www.aporrea.org/energia/n84150.html](http://www.aporrea.org/energia/n84150.html)

Retos tecnológicos en la recuperación y producción de crudos pesados en Venezuela. (2012). [Página web en línea]. Disponible en: [www.iat.com.ve/recuperación-y-producción-de-crudos-pesados-en-venezuela/](http://www.iat.com.ve/recuperación-y-producción-de-crudos-pesados-en-venezuela/)

Petromanagas procesa 120 mil barriles diarios de crudo. (2012). [Página web en línea] Disponible en: [www.noticiasdiarias.informe25.com/2012/01/petromonagas](http://www.noticiasdiarias.informe25.com/2012/01/petromonagas)

Petropiar S.A [Página web en línea] Disponible en: [www.bnamericas.com/company-profile/es/petropiar](http://www.bnamericas.com/company-profile/es/petropiar)

Venezuela la energía en cifras 2008 – 2009. [Página web en línea] Disponible en: [www.servicios.iesa.edu.ve/portal/CIEA/energiaencifras.com](http://www.servicios.iesa.edu.ve/portal/CIEA/energiaencifras.com)

Faja Petrolífera del Orinoco. (2010). [Boletín informativo en línea]. Consultado el 28 de abril 2012 en: [www.venezuelagas.net/infogas/info17.pdf.com](http://www.venezuelagas.net/infogas/info17.pdf.com)

## HOJAS METADATOS

### Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 1/6

<b>Título</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE MEJORAMIENTO DE LOS CRUDOS PESADOS Y EXTRAPESADOS A NIVEL DE SUPERFICIE APLICADOS EN LA FAJA PETROLÍFERA DEL ORINOCO</b>
<b>Subtítulo</b>	

Autor(es)

<b>Apellidos y Nombres</b>	<b>Código CVLAC / e-mail</b>	
Pérez P. Leonardo J.	<b>CVLAC</b>	<b>C.I. 18 268 251</b>
	<b>e-mail</b>	Leonardo_pg_123@hotmail.com
	<b>e-mail</b>	
Lares M. Daniel E.	<b>CVLAC</b>	<b>C.I.18 658 981</b>
	<b>e-mail</b>	Daniel_laresm@hotmail.com
	<b>e-mail</b>	
Fernández B. Ramón R.	<b>CVLAC</b>	<b>C.I. 21 262 675</b>
	<b>e-mail</b>	M1de9265@alum.udo.edu.ve
	<b>e-mail</b>	

Palabras o frases claves:

Mejoramiento de crudo
Faja petrolífera del Orinoco
Aquacomversión
HDHPLUS

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 2/6

### Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Sub-área
TECNOLOGÍA Y CIENCIAS APLICADAS	INGENIERIA DE PETRÓLEO

### Resumen (Abstract):

Venezuela cuenta con enormes reservas de crudo, 297 mil millones de barriles según cifras del Ministerio de Energía y Petróleo, de los cuales unos 210 mil millones de barriles (71%) son petróleo pesado y extrapesado proveniente de la Faja del Orinoco. Este crudo, con alto contenido azufre y muy denso, requiere de un proceso complejo para convertirlo en uno más liviano y de fácil comercialización. Las refinerías se están adaptándose para tratar este petróleo pesado, junto con los mejoradores, la diferencia entre las refinerías y los llamados "mejoradores" es que las primeras procesan el crudo para obtener productos como gasolinas, diesel, asfalto, entre otros. En cambio, los "mejoradores" sólo están para procesar el crudo pesado o extrapesado y convertirlo en uno más liviano que pueda ser luego enviado a las refinerías o terminales de embarque para su exportación. Las actuales empresas mixtas que operan en la Faja del Orinoco producen 722 MBPD que representan después de su mejoramiento 532 MBPD de petróleo con calidades entre 16 API y 32 API. En la extracción y producción de crudo pesado y extrapesado, el gas asociado es separado del crudo; el cual es diluido, calentado y deshidratado para garantizar las condiciones requeridas para su transporte hasta los mejoradores, una vez en los mejoradores el crudo es sometidos a procesos como: Fraccionamiento, Hidroprocesos y Conversión: Destilación, Hidrocraqueo, Hidrotratamiento, Coquificación retardada. Al mejorar el crudo se logra un incremento en un rango 16 API a 32 API como es el caso del crudo Zuata Sweet, alcanzando un aumento del valor comercial de los crudos pesados venezolanos facilitando su colocación en el mercado internacional

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 3/6

### Contribuidores:

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Prof. Alicia Da Silva	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	8.348.931
	e-mail	<a href="mailto:alicia-dasilva@cantv.net">alicia-dasilva@cantv.net</a>
	e-mail	
Prof. Tomas Marín	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	11.538.773
	e-mail	<a href="mailto:tdmarin@gmail.com">tdmarin@gmail.com</a>
	e-mail	
Prof. Milagros Sucre	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	4.183.842
	e-mail	<a href="mailto:milagrossucre@gmail.com">milagrossucre@gmail.com</a>
	e-mail	
Prof. Henry Martínez	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

### Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2012	Junio	14

**Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 4/6**

**Archivo(s):**

<b>Nombre de archivo</b>
<b>LEONARDO PEREZ.DOCX</b>

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: **A B C D E F G H I J K L M N O  
P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 0 1 2 3 4 5 6 7  
8 9 \_ - .**

**Alcance:**

Espacial: \_\_\_\_\_ (opcional)

Temporal: \_\_\_\_\_ (opcional)

**Título o Grado asociado con el trabajo:**

INGENIERIA DE PETROLEO

Dato requerido. Ejemplo: Licenciado en Matemáticas, Magister Scientiarium en Biología Pesquera, Profesor Asociado, Administrativo III, etc

**Nivel Asociado con el trabajo:** INGENIERIA

**Área de Estudio:**

TECNOLOGIA Y CIENCIAS APLICADAS

**Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:**

UNIVERSIDAD DE ORIENTE NUCLEO MONAGAS



## Hoja de metadatos para tesis y trabajos de Ascenso- 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
CONSEJO UNIVERSITARIO  
RECTORADO

CU N° 0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano  
**Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ**  
Vicerrector Académico  
Universidad de Oriente  
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI- 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.



Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

**JUAN A. BOLANOS CUAJELA**  
Secretario



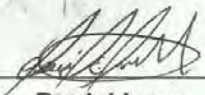

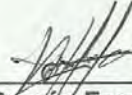

C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/mariya

**Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 6/6**

**Derechos:**

**Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicado CU-034-2009):** "Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad, y solo podrán ser utilizados a otros fines, con el consentimiento del Consejo de Núcleo Respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización."

 Daniel lares C.I.: 18 658 981 AUTOR	 Leonardo Pérez C.I.: 18 268 251 AUTOR	 Ramón Fernández C.I.: 18 268 251 AUTOR
	 Alicia Da Silva C.I.: 8.348.931 TUTOR	