

VALORIZATION OF RESIDUAL STREAMS OBTAINED IN HEAVY CRUDE REFINING THROUGH THERMAL CRACKING PROCESS

Alejandra Marval, PDVSA Intevep, marvalac@pdvsa.com; Yrem Muller, PDVSA Intevep, mullery@pdvsa.com; Cynthia Urdaneta, PDVSA Intevep, urdanetach@pdvsa.com; Félix Torres, PDVSA Intevep, torresfp@pdvsa.com; Omar Castillo, PDVSA Intevep, castilloou@pdvsa.com; Zuleymis Yuguri, PDVSA Intevep yuguriz@pdvsa.com

Sinopsis

En el proceso de refinación de petróleo, se generan corrientes residuales intermedias que no pueden ser comercializadas como productos terminados, teniendo que ser reprocesadas dentro de la misma refinería o enviadas al pool de fuel. Por lo tanto es objeto de interés todos aquellos procesos mediante los cuales se puedan tratar estas corrientes residuales, obteniendo productos de mayor valor que generen un aumento en la economía del esquema refinador. Sobre esta base, se han logrado identificar ciertas corrientes residuales intermedias que, por su alto contenido de aromáticos, pudieran ser mejoradas mediante un proceso de craqueo térmico desarrollado y patentado por PDVSA Intevep. Las corrientes identificadas son lodosos ó “slurry” de FCC (Fluidized Catalytic Cracking), que es un subproducto del proceso de desintegración catalítica, y extractos aromáticos provenientes de la unidad de producción de bases lubricantes, cuyo destino actual es alimentar al DCU (Delayed Coker Unit) o hacia el pool de diluyente.

El proceso desarrollado por PDVSA Intevep aunque similar a un proceso de viscorreducción convencional, incluye reactores tipo “Soaker”, además de unidades de filtración y sistemas de destilación al vacío, procesando la carga altamente aromática y generando corrientes de mayor valor entre las que destacan nafta, gasóleos livianos, gasóleos de vacío y brea de petróleo.

En los procesos de craqueo térmico convencionales, el principal objetivo es la producción de corrientes líquidas más livianas, mientras que el producto pesado de estos procesos representa un problema siendo considerado como residuo y de difícil colocación comercial.

La diferencia con este proceso es que las condiciones de reacción y separación son cuidadosamente controladas, para obtener como producto de fondo una brea de alta calidad y altamente valorizable que puede ser utilizada como aglomerante en la fabricación de ánodos de carbón para la producción de electrodos en la industria del aluminio, por lo que se presenta como un proceso de “cero residuo”, obteniéndose además hasta 80% de rendimiento en líquidos.

Este proceso ha sido desarrollado y patentado por PDVSA Intevep y actualmente está se encuentran en ejecución la fase de ingeniería para su implantación a escala comercial.

Introducción

Durante el proceso de refinación se generan corrientes intermedias residuales o subproductos de menor valor que no pueden ser comercializados como productos terminados y deben ser reprocesados dentro de la misma refinería. Algunos subproductos generados de manera continua, son destinados al sistema de fuel oil, o enviados al DCU (Delayed Coker Unit), mientras que el destino final de aquellos productos fuera de especificación, y de algunas de estas corrientes intermedias de menor valor es el ser mezcladas y enviadas al sistema de “slop” o desecho. Estos slops luego son tratados y enviados nuevamente como alimentación a la refinería en mezcla con el crudo, y este reprocesamiento impacta de manera negativa el balance total, ya que desplaza la cantidad de barriles de petróleo que la refinería es capaz procesar. Por lo tanto,

identificar aquellas corrientes residuales que pudieran ser valorizables en el esquema de proceso es un reto para el refinador hoy en día.

PDVSA Intevep ha desarrollado una tecnología basada en un proceso craqueo térmico, y, aunque similar a un proceso de viscorreducción convencional donde el residuo obtenido representa un problema para su manejo y colocación; el esquema propuesto consiste en un proceso de “cero residuo”, ya que alimentando corrientes altamente aromáticas, se obtienen productos líquidos de mayor valor, en los que se destacan nafta y gasóleos, y como fondo del proceso una brea de alta calidad, que se podría denominar brea grado ánodo, ya que alcanza las especificaciones requeridas por la industria del aluminio para ser utilizada como aglomerante en la fabricación de ánodos de carbón usados en la obtención del aluminio elemental.

En las diferentes unidades de proceso dentro de la refinería, se lograron identificar ciertas corrientes residuales, que por su alto contenido de aromáticos pueden utilizarse como materia prima para esta tecnología, demostrando que al integrarse este proceso en el esquema refinador se logra la valorización de dichas corrientes.

En el proceso de FCC (Fluidized Catalytic Cracking) se genera un subproducto llamado “slurry” o lodoso altamente aromático que sale del fondo del fraccionador y acarrea gran cantidad de finos de catalizador, esta corriente de bajo valor comercial, usualmente es utilizado como diluyente de heavy fuel oil o es direccionada al DCU, teniendo en ambos destinos un bajo valor agregado. El manejo de esta corrientes difícil debido, en parte, al alto contenido de sólidos presentes y la complejidad de remoción mecánica de dichas partículas sólidas, ya que un alto porcentaje de las mismas poseen tamaños de partícula por debajo de 10 micrones. Al enviar esta corriente como diluyente para el heavy fuel oil se debe tener especial cuidado de que el sistema de FO (Fuel Oil) pueda manejar corrientes con alto contenido de sólidos, ya que podrían presentarse problemas de obstrucción y taponamiento en las boquillas de los hornos.

Por otro lado, en la unidad de producción de bases lubricantes, se utiliza un proceso de extracción con furfural para la remoción del contenido de aromáticos de la carga. En esta unidad el furfural utilizado (solvente gastado) es sometido a un proceso de recuperación en el cual se obtienen una corriente de furfural limpio y listo para ser reutilizado y varias corrientes de subproductos denominados extractos aromáticos con un alto contenido de compuestos aromáticos, cuyo direccionamiento actual es el sistema de FO.

Una oportunidad de aumentar la valorización de estas corrientes es usarlas como alimentación a procesos especializados tales como, producción de negro de humo, alimentación para producción de coque grado ánodo, y como en este caso, para la producción de corrientes más livianas y de brea de petróleo grado ánodo.

Desarrollo

Esquema de proceso

La tecnología desarrollada está basada en un proceso donde además de la generación de los productos característicos de una desintegración térmica (gases, naftas y gasóleos), se lograra obtener como producto de fondo una brea de alta calidad, que en vez de ser clasificada como residuo como en los procesos convencionales de viscorreducción, alcanza las propiedades específicas para ser considerada y utilizada como agente aglomerante en la fabricación de

ánodos para la industria del aluminio. Por lo que las condiciones de reacción, fueron bien ajustadas con miras a lograr la mayor calidad en este producto, ya que sería, de todas las corrientes generadas en el proceso, la única que se obtendría como producto terminado, para ser vendido a su usuario final. Las corrientes livianas se integran al sistema refinador para producción de gasolinas sustituyendo el direccionamiento actual que tiene la alimentación hacia el sistema de FO. El hecho de poder valorizar todos los productos obtenidos permite que este esquema logre encajar dentro de los procesos de valorización a “cero residuo”.

Los ajustes al esquema de proceso y condiciones de operación se realizaron en base a obtener como producto de fondo una brea que pudiera ser utilizada como aglomerante en la fabricación de ánodos de carbón en la producción del aluminio elemental, y a la vez generar las corrientes livianas con una caracterización tal que permita maximizar su aprovechamiento dentro del esquema tradicional de refinería.

Actualmente el producto más utilizado en este proceso como aglomerante de las partículas sólidas del coque calcinado en la fabricación de los bloques de ánodo, es la brea de hulla, que es un subproducto de la destilación del alquitrán de hulla obtenido en la producción del carbón mineral. Inclusive se utilizan mezclas de brea de hulla y brea de petróleo que alcanzan el mismo desempeño e inclusive logran mejorar algunas propiedades de la brea de hulla 100 %.

En esta tecnología, la brea de petróleo producida logra alcanzar las propiedades aglomerantes de la brea de hulla. Características como Carbón Conradson, punto de ablandamiento, viscosidad, mojabilidad y rango de destilación fueron factores clave en el ajuste de condiciones de proceso, así como la selección de la alimentación que lograra conversiones adecuadas para la producción de esta brea de petróleo grado ánodo.

Se han realizado pruebas a escala piloto con resultados satisfactorios, obteniendo lotes de producto que fueron evaluados tanto por el usuario final (CVG, Corporación Venezolana de Guayana), como por centros especializados en productos del carbón (R&D Carbon), certificando la calidad de la brea producida mediante este proceso.

Una ventaja adicional del uso de la brea de petróleo sobre la brea de hulla es el bajo contenido de compuestos cancerígenos que la brea de petróleo posee en comparación con la brea de hulla. Los resultados obtenidos en la evaluación del contenido de hidrocarburos poliaromáticos (PAH), mostraron una reducción de hasta el 98% en estos compuestos comparado con los que posee la brea de hulla actualmente utilizada. Esto aumenta el beneficio del uso de brea de petróleo para la manufactura de los ánodos, ya que éstas sustancias son consideradas cancerígenas y su alto contenido en la brea de hulla representa un problema, generando emisiones importantes de estos compuestos durante su manejo en caliente.

El esquema básico industrial propuesto por esta tecnología es presenta en la Figura 1.

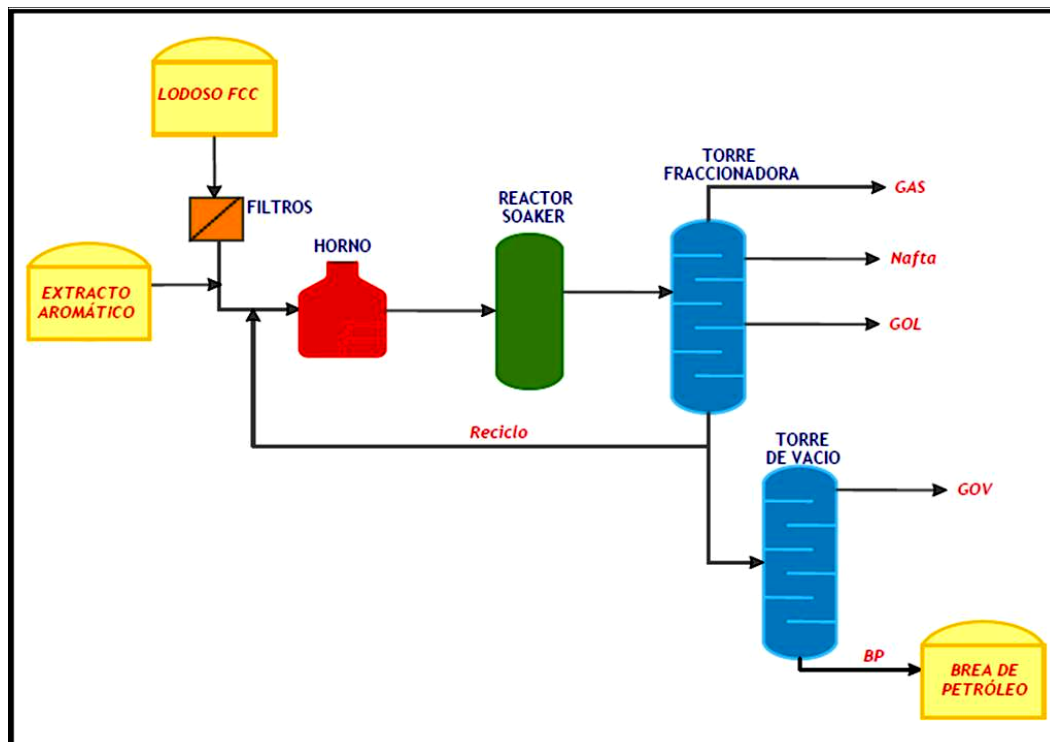


Figura 1. Esquema de Proceso

La alimentación al proceso es una mezcla de corrientes residuales altamente aromáticas obtenidas en procesos de refinería, (lodoso de FCC y extractos lubricantes).

Esta alimentación es filtrada para la remoción de los sólidos (mayormente finos de catalizador presentes en el lodoso proveniente del proceso de desintegración catalítica), hasta aproximadamente unos 500 ppm, luego se mezcla con la corriente de reciclo que posteriormente es precalentada en el horno, donde inician las reacciones de craqueo, y condensación, para luego ser alimentada de forma ascendente al reactor tipo soaker bajo condiciones controladas de presión y temperatura severas bajo un ambiente inerte, donde se completan las reacciones de craqueo para la obtención de los productos más livianos (gases, nafta y gasoil), y, mediante la formación de radicales libres en las moléculas de mayor tamaño, se promueve la polimerización y condensación hacia compuestos más pesados (brea). Es importante tener un afinado control de las condiciones de reacción de manera que se minimice la formación de coque en este punto para evitar paradas prematuras de la unidad por ensuciamiento.

La mezcla de productos de salida del reactor posteriormente es alimentada a una torre de fraccionamiento, donde será separada en gases, destilados livianos y una corriente pesada por el fondo de la torre, que será dividida, una parte para reciclo y mezcla con la alimentación fresca y la otra será sujeta a posteriores condiciones de destilación al vacío para la producción de gasoil liviano, gasoil pesado, y como producto de fondo, la brea de petróleo grado ánodo.

Valorización de corrientes e integración del proceso en el esquema refinador

Como se mencionó anteriormente, las corrientes residuales de lodoso y de extractos aromáticos que se utilizarían como alimentación al proceso, actualmente son enviadas al sistema de Fuel

Oil de refinería para ser quemado en los hornos, no generando ningún valor intrínseco como corriente de refinería.

Sin embargo, al ser alimentadas al proceso de conversión térmica propuesto en esta tecnología, y llevarse a cabo las reacciones de craqueo y polimerización, es posible la valorización de todas las corrientes obtenidas. Su integración depende de la calidad de los productos obtenidos, que serían enviados a tratamientos adicionales o como en el caso de la brea de petróleo ser vendido como producto terminado.

Los rendimientos obtenidos dependen de factores como:

- Naturaleza de la carga
- Condiciones de reacción
- Severidad en las condiciones de separación (unidad de vacío)

Los rangos de rendimientos observados en el proceso y su posible destino se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Rendimientos de productos y destino de las corrientes de proceso

Producto	%Peso	Destino
Gases	10-13	Al sistema de lavado con aminas para luego ir al sistema de Fuel Gas de refinería
Nafta	5-7	Mezclar con naftas craqueadas para su hidrotratamiento y posterior reformado catalítico
Gasóleo Liviano	8-12	Al pool de gasoil si es previamente Hidrotratado (hidrodesulfurado) o hacia el sistema de FO.
Gasóleo de vacío (HVGO)	55-60	Hacia el sistema de Fuel Oil
Brea de Petróleo	16-20	Producto terminado, venta a usuario final como aglomerante en la fabricación de ánodos

Propiedades de las corrientes residuales usadas como alimentación al proceso

1. Lodoso de FCC

Origen

Esta corriente se obtiene en el fondo de la fraccionadora de FCC, como subproducto de fondo del proceso de desintegración catalítica fluidizada (FCC).

Rendimiento

Entre 6-10% peso con respecto a la alimentación al FCC.

Características

- Es una corriente considerada de baja calidad con respecto al resto de los productos obtenidos en el mismo proceso (gases, LPG, Gasolinas).
- Altamente aromática, SARA aproximado en %peso: (10, 80, 5 ,0)
- Posee una alta cantidad de sólidos suspendidos, llegando a valores mayores a 1000 ppm, con un alto porcentaje (>70%) de partículas por debajo de 10 micrones, lo que hace difícil su remoción con separaciones mecánicas convencionales, estos finos son generados por la atrición del catalizador que se produce durante el proceso de FCC.
- Densidad aproximada 1,05g/cm³.
- Rango de destilación:

IBP ~ 164°C;
50%dest. ~ 395°C;
95%dest. ~ 520°C.

Destino Típico

- Usualmente es enviado al sistema de FO, como diluyente del HFO (heavy fuel oil), para ser quemado en los hornos, sin embargo podría generar taponamiento en las boquillas de los quemadores por su alto contenido de sólidos.
- Puede ser enviado como alimentación al DCU.
- En casos particulares hacia producción de especialidades como negro de humo/ producción de coque grado ánodo.

2. Extractos aromáticos

Origen

Esta corriente se obtiene como subproducto en el proceso extracción con solventes en la unidad de bases lubricantes.

En el proceso de producción de bases lubricantes, al residuo corto que sirve como alimentación a la unidad, se le realiza una remoción de aromáticos mediante un proceso de extracción utilizando furfural como solvente que posteriormente es recuperado para ser reprocesado en la unidad, generando una corriente residual denominada extracto aromático.

Rendimiento

Entre 30 a 40% de rendimiento con respecto a la alimentación a la unidad de extracción con solventes dependiendo del modo de operación de la planta.

Características

- Subproducto del proceso de extracción con furfural.
- Corrientes con alto contenido de aromáticos SARA aproximado: (S=22-25; A=60-70; R=8-15; A=0)
- Densidad aproximada 0,95 g/cm³
- Rango de Destilación
IBP ~ 325-380°C
50%dest. ~ 385-580°C;
95%dest. ~ 413-680°C.

Destino Actual

Usualmente es enviada al sistema de FO para ser quemado en los hornos.

Propiedades de los productos obtenidos en el proceso

1. Gases

Origen

Se obtiene en el tope de la torre de fraccionamiento principal y una pequeña fracción de los productos no condensables de la torre de vacío.

Rendimientos

Entre 10-13% peso con respecto a la alimentación y despende principalmente de la naturaleza de la carga y de las condiciones de operación.

Cargas con mayor contenido de compuestos saturados elevan considerablemente la producción de gases, así como la operación a condiciones de craqueo más severas. (Aumento de temperatura, disminución de la presión de operación)

Características

En la Tabla 2 se presentan las propiedades de los gases obtenidos en las pruebas a escala piloto.

Tabla 2. Caracterización de los gases obtenidos en las pruebas

Compuesto	% molar
H ₂ S	6,6
C1 (Metano)	49,8
C2 (Etano/etilenos)	2,4
C3 (Propano/propilenos)	12,5
iC4 (isobutano)	6,3
nC4 (n-Butano)	1,4
C-B2 + T-B2 (Butilenos)	5,9
iC5 (isopentano)	0,4
nC5 (n-pentano)	0,3
C6+ (liquidos)	14,4
Total	100,0

Destino propuesto

- Endulzamiento previo para disminución de H₂S
- Separación de la fracción de pesada para aprovechamiento del LPG
- Gases no condensables hacia el sistema de Fuel Gas.

2. Nafta

Origen

Se obtiene en el tope de la columna de fraccionamiento atmosférica.

Rendimientos

Usualmente de 5-7 % peso con respecto a la alimentación.

Depende de la alimentación y de la severidad en las condiciones de craqueo.

Características

En la Tabla 3 se presentan las propiedades de la nafta obtenida en las pruebas a escala piloto.

Tabla 3. Caracterización del corte de nafta obtenido en las pruebas (IBP - 220°C)

Propiedad	Norma	Valor	
Densidad (Kg/m ³)	ASTM D-1298	792,8	
API		46,8	
RVP (psi)	ASTM D-323	0,53	
MON (adim)	ASTM D-2700	55	
RON (adim)	ASTM D-2699	59	
Azufre (% p)	ASTM D-2622	0,121	
Parafinas (%p)	ASTM D-6730	16,49	
Isoparafinas (%p):		27,85	
Olefinas (%p):		6,42	
Naftenos (%p):		7,37	
Aromáticos (%p):		40,33	
Destilación simulada (ASTM D-7169)			
% Vol	T (°C)	% Vol	T (°C)
IBP	86,5	60	185,4
5	114,5	70	196,1
10	126,6	80	203,8
20	142,1	90	213,5
30	154,3	95	219,9
40	166,5	FBP	233,8
50	175,6		

Destino Propuesto

- Hacia el pool de nafta craqueada, para su posterior hidrotratamiento.

3. Gasoil (GOL)

Origen

Se obtiene como corriente lateral de la columna de fraccionamiento atmosférica. Como corriente de tope en la columna de vacío.

Rendimientos

Usualmente de 8-12 % peso con respecto a la alimentación.

Características

En la Tabla 4 se presentan las propiedades del Gasoil obtenido en las pruebas a escala piloto.

Tabla 4. Caracterización del gasóleo liviano (220 -300°C)

Propiedad	Norma	Valor	
Densidad (kg/m³)	ASTM D-1298	902,2	
API		25,2	
Cetano (adim)	ASTM D-323	31.3	
Azufre (%p)	ASTM D-2699	0,929	
Punto de Inflamación (°C)	STQA-IT-552	109,5	
SARA			
Saturados (%p)	INT 13556-2011	31	
Aromáticos (%p)		58	
Resinas (%p)		11	
Asfáltenos (%p)		0	
Destilación simulada (ASTM D-7169)			
% Vol	T (°C)	% Vol	T (°C)
IBP	215,2	60	276,3
5	230,3	70	285,9
10	239,1	80	308,1
20	251,7	90	326,2
30	256,3	95	335
40	262	FBP	361
50	270,2		

Destino Propuesto

- Hacia el pool de Gasoil, para su posterior hidrotratamiento para producción de diesel.

4. Gasóleo de Vacío (HVGO)

Origen

Se obtiene como corriente lateral de la columna de vacío.

Rendimientos

Usualmente de 55-60 % peso con respecto a la alimentación.

Características

En la Tabla 5 se presentan las propiedades del gasóleo de vacío obtenido en las pruebas a escala piloto.

Tabla 5. Caracterización del gasóleo de vacío obtenido en las pruebas

Propiedad	Norma	Valor
Densidad (kg/m ³)	ASTM D-1298	1,0417
API		4,2
Cetano (adim)	ASTM D-323	-
Azufre (%p)	ASTM D-2699	1,03
Punto de Inflamación (°C)	STQA-IT-552	155,5
SARA		
Saturados (%p)	INT 13556-2011	9
Aromáticos (%p)		83
Resinas (%p)		8
Asfáltenos (%p)		0
Destilación simulada (ASTM D-7169)		
% Vol	T (°C)	
IBP	229,9	
5	299,3	
10	320,4	
20	341,9	
30	355,3	
40	369,2	
50	383,5	
60	397,2	
70	411,5	
80	427	
90	447,6	
95	464,4	
FBP	509,8	

Destino Propuesto

- Hacia el sistema de FO, como diluyente del HFO.
- Adicionalmente puede ser reciclado como alimentación al mismo proceso ya que por su alto contenido de aromáticos representa un excelente promotor de las reacciones de condensación que se generan el proceso, aumentando el rendimiento de brea y HVGO.

Esto representa una mejora en el proceso, ya que se sustituye una corriente con una alta cantidad de sólidos (lodoso) que pasan al sistema de FO generando riesgos de taponamiento de las boquillas, por una corriente limpia.

5. Brea de Petróleo

Origen

Se obtiene como corriente de fondo de la columna de vacío.

Rendimientos

Usualmente de 16-20 % peso con respecto a la alimentación.

Características

En la Tabla 6 se presentan las propiedades principales requeridas por la industria del aluminio en las breas utilizadas como aglomerante de ánodos.

Tabla 6. Propiedades requeridas para las breas usadas como aglomerante de ánodos

Propiedades	Unidades	Rango deseado
Carbón Conradson	% p	40-60
Densidad a 15°C	gr/cc	1,2-1,35
Punto de Ablandamiento	°C	100-125
Insolubles en Quinoleína	%p	0-10

En la Tabla 7 se presentan las propiedades de la brea de petróleo obtenida en las pruebas a escala piloto.

Tabla 7. Caracterización de la brea de petróleo obtenida en las pruebas

Propiedades	Unidades	Valores
Carbón Fijo	%	48,69
Azufre	%	1,93
Punto de Ablandamiento	°C	113,6
Gravedad Especifica	kg/m ³	1147
API		-0,3
Viscosidad Dinámica		
140 °C	Cp	12400 +/- 1061
150 °C	Cp	4240 +/- 363
160 °C	Cp	1730 +/- 148
170 °C	Cp	792 +/- 68
180 °C	Cp	405 +/- 35

Destino Propuesto

La brea obtenida es una brea de alta calidad que cumple con los estándares requeridos para su uso como aglomerante en la fabricación de ánodos de carbón usados en la obtención del aluminio elemental, por lo que puede ser vendida como producto terminado para su usuario final.

Conclusiones

- Una de las premisas principales en base a la cual se seleccionaron las condiciones de proceso de esta tecnología fue el de conseguir un producto de fondo con la calidad requerida para ser utilizado como aglomerante en la fabricación de ánodos de carbón utilizados en la industria del aluminio. Por lo cual se elimina el residuo generado en procesos de rechazo de carbón, entrando en la categoría de proceso “cero residuo”.
- El esquema propuesto permite generar a partir de corrientes extrapesadas, producto deseado que es brea de petróleo, componente valioso para la producción de ánodo, así como también hidrocarburos líquidos, aumentando los volúmenes en los pool de productos.
- La tecnología es sencilla en cuanto a esquema de proceso y operaciones, facilitando su inclusión en el esquema convencional de refinación de crudo.
- La calidad de la brea obtenida en pruebas a escala piloto ha sido certificada tanto por el usuario final (CVG), como por laboratorios especializados en productos de carbón (R&D Carbon).
- La brea obtenida constituye un componente sustituto de la brea de hulla usada como aglomerante en la fabricación de ánodos de carbón en la producción de aluminio elemental, lo que permite su colocación directa en el mercado como producto terminado.
- Además de las excelentes propiedades de mojado y su desempeño aglomerante análogo a la brea de hulla, la disminución del contenido de PAH en la brea de petróleo (hasta 98% en compuesto cancerígenos) con respecto esta última, aporta un beneficio adicional durante su manejo lo que la hace mucho más atractiva para el mercado actual.
- La implementación de la tecnología propuesta dentro del esquema de refinería genera la valorización de corrientes residuales aromáticas como lodosos provenientes de FCC y los extractos aromáticos obtenidos en la unidad de producción de lubricantes, mediante la generación tanto de productos que pueden ser posteriormente tratados dentro de la misma refinería (Nafta, gasoil liviano, HVGO) así como productos terminados (brea de petróleo) sustituyendo así el excedente de corrientes que pasan al sistema de FO o al sistema de slop.

Bibliografía

Acuña, C; Marzin, R.; “Petroleum pitch, a real alternative to coal tar pitch as binder material for anode production”; 126th TMS annual meeting, Orlando, February 9-13 1997.

Acuña, C.; “Pilot scale evaluation of Cardon petroleum tar pitch”; technical report INT-03201.96; Los Teques, January 1996.

Briceño M., Marval A. y Segura J. “Definición de la producción mínima de desechos de hidrocarburos y condiciones de reprocesamiento en la Refinería de Cardón”. INT-13570,2011. PDVSA Intevep, Los Teques, Venezuela. Año 2011

Great Lakes Research Corporation; “Intevep petroleum tar pitch evaluation”; Elizabethton. May 1992.

IFP Training. “Visbreaking”. 00392_A_A. IFP-enspm Formation Industrie. 2009.

IFP Training. “Crude Oil Refining Products”. 00012_A_A. IFP-enspm Formation Industrie. 2004.

Kalota, S; Scalco, V y Buckingham R. “Make Money in a Slurry”. Hydrocarbon Engineering Magazine. March 2013.

Marval, A; Muller, Y; Urdaneta, C y Castillo, O. “Evaluación a escala banco de nuevos esquemas para la producción de Brea de Petróleo”. INT 14891, 2015. PDVSA Intevep. 2015.

Velasco L., Mota C., y Rodríguez D. “Process for the production of petroleum tar pitch for use as a binder in the production of electrodes”. United States Patent N° 4,961,837. USA. 1990.

Urdaneta C., Marval, A. y Muller Y. Corridas 01 y 02 - 2012 de la planta P-410 para la obtención de brea de petróleo a partir de Lodoso FCC Cardón y una mezcla 60:40%p de Lodoso FCC Cardón y Extracto Aromático Lubricante respectivamente. NTE-1473, 2012.

Urdaneta C., Muller, Y; y Marval, A. (2015). Corridas 01 y 02 - 2014 de la planta P-410 para la obtención de brea de petróleo a partir de una mezcla 3:1de Lodoso FCC Cardón:Extracto Aromático Lubricante y sólo Lodoso FCC Cardón respectivamente. INT-14890, 2015.

Wyss, J. “Analysis of one Petroleum Pitch Sample”. RDC 9777,2015. R&D Carbon. 2015.

Yuguri, Z; Torres, F. “Bases de Diseño. Planta de Producción de Brea de Petróleo”. T0E002101-JJIC3-PD06001. PDVSA Intevep. Año 2014.

CV Autores

Alejandra Marval

Título y lugar de estudio:

- Msc. In Refining, Engineering and Gas. IFP Institute. 2009-2011.
- Ingeniero Químico. Universidad de Los Andes. Año 2000-2006.

Diferentes empresas en las que hizo su carrera:

- PDVSA Intevep (Noviembre 2006-2010)
Cargo: Profesional en Formación
- PDVSA Intevep (2010-Actual)
Cargo: Profesional Soporte I&D

Cargo Actual en la empresa en que está:

- Profesional I&D Soporte. Jefe de Subproyecto, I&D Diseño e Implantación de Tecnología de Producción de Brea de Petróleo. Gerencia General de Refinación. Gerencia Departamental de Valorización de Corrientes.

Yrem Muller

Título y lugar de estudio:

- Ingeniero en Procesos Químicos. IUT- RC Dr. Federico Rivero Palacios 2009-2012.
- TSU en Procesos Químicos. IUT- RC Dr. Federico Rivero Palacios 2003-2006.

Diferentes empresas en las que hizo su carrera:

- PDVSA Intevep (Septiembre 2007-2010)
Cargo: Técnico de Investigación
- PDVSA Intevep (Septiembre 2010-Actual)
Cargo: Profesional en Formación

Cargo Actual en la empresa en que está:

- Profesional en Formación. I&D Diseño e Implantación de Tecnología de Producción de Brea de Petróleo. Gerencia General de Refinación. Gerencia Departamental de Valorización de Corrientes.

Cynthia Urdaneta

Título y lugar de estudio:

- Ingeniero Químico. Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre. 2000-2006.

Diferentes empresas en las que hizo su carrera:

- PDVSA Intevep (Septiembre 2007- 2015)
Cargo: Profesional en Formación
- PDVSA Intevep (Actual)
Cargo: Profesional I&D Soporte

Cargo Actual en la empresa en que está:

- Profesional I&D Soporte. I&D Diseño e Implantación de Tecnología de Producción de Brea de Petróleo. Gerencia General de Refinación. Gerencia Departamental de Valorización de Corrientes.

Félix Torres

Título y lugar de estudio:

- Msc. In Refining, Engineering and Gas. IFP Institute. 2007-2008.
- Ingeniero Químico. Universidad Central de Venezuela. Año 2001.

Diferentes empresas en las que hizo su carrera:

- PDVSA Intevep (Marzo 2004-Actual)
Cargo: Profesional Asociado Investigación y Desarrollo

Cargo Actual en la empresa en que está:

- Profesional Asociado Investigación y Desarrollo. Jefe de Proyecto Diseño e Implantación de Tecnología de Producción de Brea de Petróleo. Gerencia General de Refinación. Gerencia Departamental de Valorización de Corrientes.

Omar Castillo

Título y lugar de estudio:

- Ingeniero Petroquímico. Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada. 2008-2013.
- Técnico Superior Universitario en Química. Instituto Universitario de Tecnología Valencia. 2003-2007.

Diferentes empresas en las que hizo su carrera:

- Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). 2006-2011
Cargo: Analista Químico
- PDVSA Intevep (2014-Actual)
Cargo: Profesional en Formación

Cargo Actual en la empresa en que está:

- Profesional en Formación. I&D Diseño e Implantación de Tecnología de Producción de Brea de Petróleo. Gerencia General de Refinación. Gerencia Departamental de Valorización de Corrientes.

Zuleymis Yuguri

Título y lugar de estudio:

- Ingeniero Químico. Universidad Francisco de Miranda. Año 2006.

Diferentes empresas en las que hizo su carrera:

- PDVSA Intevep (Junio 2007-Actual)
Cargo: Profesional Soporte I&D

Cargo Actual en la empresa en que está:

- Profesional I&D Soporte. Jefe Alternativo de Proyecto Diseño e Implantación de Tecnología de Producción de Brea de Petróleo. Gerencia General de Refinación. Gerencia Departamental de Valorización de Corrientes.