

# MEJORAS DE CONVERSION Y DISTRIBUCION DE PRODUCTOS EN LICUEFACCION DIRECTA USANDO FRACCIONES DE CARBON SEPARADAS POR FLOTACION BURBUJEANTE

<sup>1</sup>J. BARRAZA, <sup>2</sup>M. CLOKE

<sup>1</sup>Sección Procesos Químicos, Universidad del Valle, Ciudadela Universitaria  
Melendez, A.A. 25360, Cali-Colombia  
email: [jubarraz@mafalda.univalle.edu.co](mailto:jubarraz@mafalda.univalle.edu.co)

<sup>2</sup>Chemical Engineering Department, University of Nottingham, Nottingham, NG7  
2RD, England, U.K.

## RESUMEN

Fracciones de carbón, concentradas en macérales reactivos y reducidas en materia mineral (concentrados), se obtuvieron a gran escala usando dos aparatos de flotación de carbón: una Columna convencional y una Celda Jameson. Los concentrados se licuaron en un reactor-autoclave, versión Proceso de Licuefacción de Carbón Británico. Los resultados de la licuefacción mostraron una mejoría en conversión para todos los concentrados en comparación con el carbón original, junto con positivos cambios en la distribución neta de los productos hacia más alto contenido de aceites y menor contenido de asfaltenos y preasfaltenos en el producto líquido.

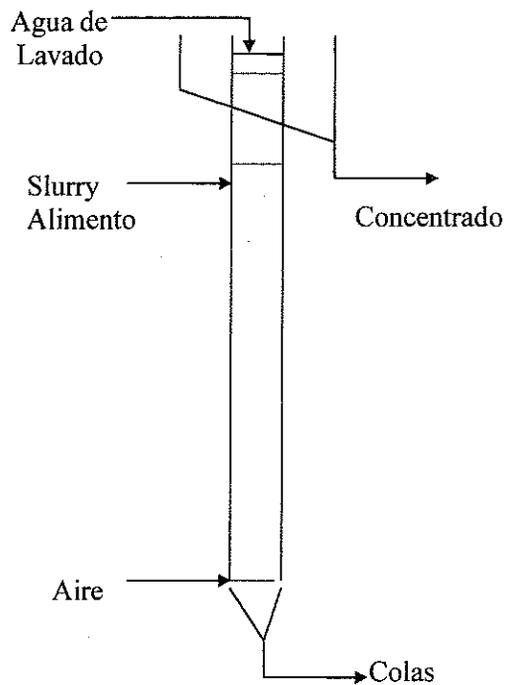
## INTRODUCCIÓN

Recientes trabajos se han realizado con el fin de producir fracciones de carbón de alta concentración en macerales reactivos (liptinita + vitrinita) y baja concentración en inertinita y materia mineral, para usarse a gran escala en licuefacción directa de carbón (1). En el Departamento de Ingeniería Química de la University of Nottingham, Inglaterra, un trabajo anterior (2) mostró que las fracciones de carbón obtenidas por separación en un ciclón de medio denso produjo incrementos en la conversión y distribución neta de productos, principalmente hacia la formación de aceites.

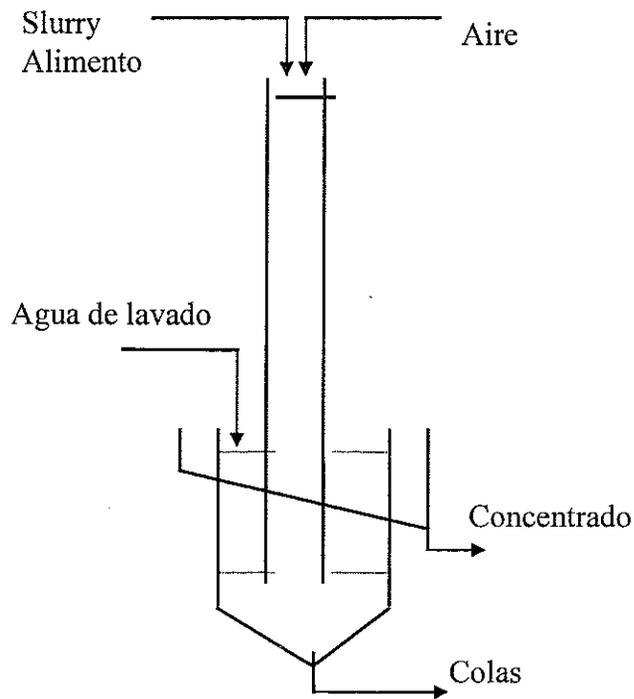
El objetivo de este trabajo fue producir concentrados de carbón a escala de kilogramos en dos equipos de flotación, una columna y una celda Jameson; y licuar algunos concentrados seleccionados para evaluar su comportamiento en términos de conversión y distribución de productos.

## **PARTE EXPERIMENTAL**

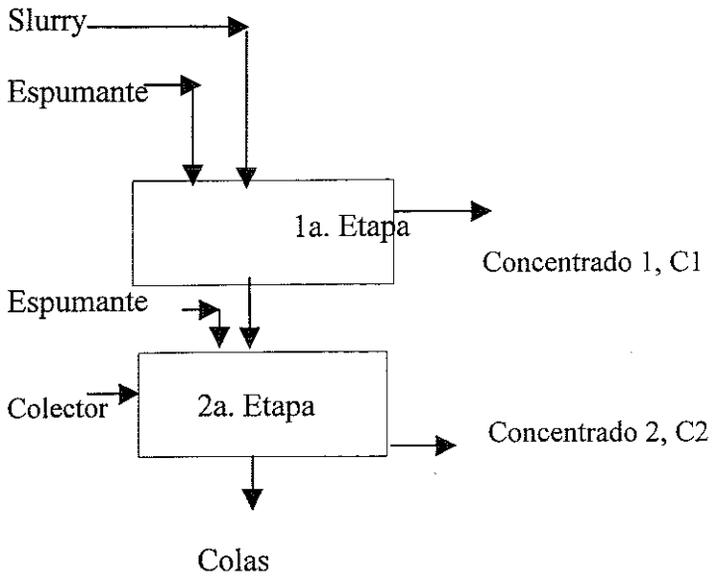
Un carbón Bilsthorpe, Nottingham, Inglaterra, (OR) de tamaño de partícula - 250+75  $\mu\text{m}$  se procesó en una columna y en una celda Jameson de flotación para obtener fracciones beneficiadas de carbón. Diagramas de los dos equipos se muestran en las Figuras 1 y 2 respectivamente. Las separaciones se realizaron usando dos etapas en la columna de flotación, y tres etapas en la celda Jameson. Los procedimientos usados se muestran diagramados en la Figura 3. Dos concentrados (C1 y C2) y un residuo se produjeron en la columna de flotación, mientras que tres concentrados (C1, C2 y C3) y un residuo final se obtuvieron en la celda Jameson. Para mejorar la flotación se usaron los siguientes reactivos químicos en las separaciones: Metil Isobutil Carbinol (MIBC) como espumante y Parafina como colector. El colector se agregó a la mezcla carbón-agua (slurry) en la última etapa. Detalles de los equipos y del procedimiento experimental usado se han descrito en el trabajo de Barraza J., (3).



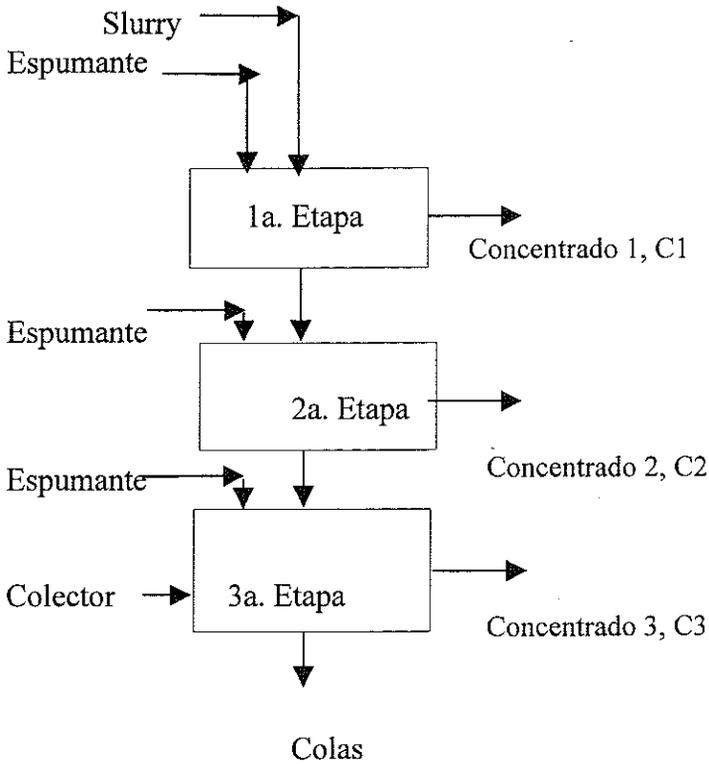
**Figura 1. Columna de flotación**



**Figura 2. Celda Jameson de Flotación**



**(a) Columna de Flotación**



**(b) Celda de Jameson**

**Figura 3. Procedimiento de separación utilizado**

Los experimentos de licuefacción se realizaron en un reactor-autoclave de 2 litros, versión Proceso de Licuefacción de Carbón Británico. Aceite de Antraceno Hidrogenado (AAH) se usó como solvente en una relación másica AAH/carbón de 2/1. Aproximadamente 350 g. de carbón se alimentaron al autoclave. La licuefacción se llevo a cabo durante 45 minutos, a una temperatura de 420 °C y a una presión manométrica de 30 bar.

El carbón licuado se filtró bajo presión para remover la materia mineral y el carbón que no reaccionó. Detalles del reactor y del procedimiento experimental se encuentran en el trabajo de Cloke M., (4). Los productos se analizaron usando la técnica de insolubles en los solventes n-hexano, tolueno y tetrahidrofurano (THF), mientras que la conversión (calculada sobre una base libre y seca de materia mineral) se evaluó con los porcentajes de cenizas y la solubilidad en quinolina del filtrado obtenido.

## **RESULTADOS Y DISCUSIONES**

### **Separación de concentrados**

Los resultados de rendimiento másico (% peso, p/p), ceniza (% peso, base seca, bs) y análisis de macerales (% volumen, libre de humedad y materia mineral, lhmm) para el carbón original y las fracciones de carbón obtenidas por la columna y la celda Jameson de flotación se muestran en la Tabla 1.

Rendimientos másicos significantes de concentrados se obtuvieron en la última etapa de separación en ambos procesos. Sin embargo, la columna produjo un mayor rendimiento másico (51.4 %) que la celda de Jameson (32.2 %).

**Tabla 1. Rendimiento másico, % ceniza y análisis de macerales para el carbón original y las fracciones de carbón.**

Muestras	Rendimiento Másico %, p/p	Ceniza %, bs	Macerales, %, lhmm		
			Vitrinita	Liptinita	Inertinita
<b>Columna</b>					
Original	100.0	23.7	84.6	2.1	13.3
Concentrado 1	33.2	7.4	77.9	1.9	20.4
Concentrado 2	51.4	11.0	90.0	2.1	8.0
Colas	15.4	88.3			
<b>Celda</b>					
Original	100.0	23.7	84.6	2.1	13.3
Concentrado 1	38.9	8.4	78.8	2.5	18.7
Concentrado 2	19.2	8.4	84.6	2.3	13.1
Concentrado 3	32.2	15.2	91.3	2.0	8.7
Colas	9.7	85.4			

Desde el punto de vista del contenido de macerales, las separaciones mostraron que la presencia del espumante produjo concentrados con alta proporción del maceral inertinita (20.4 % en la columna y 18.7 % en la celda de Jameson) en la primera etapa. Sin embargo, los concentrados obtenidos en las últimas etapas, donde el colector se agregó, mostraron una alta concentración de vitrinita (90 % en la columna y 91.3 % en la celda de Jameson). Kizgut et. al. (5), sugiere que en esos procesos el espumante tiene una separación preferencial hacia la inertinita en la primera etapa, mientras

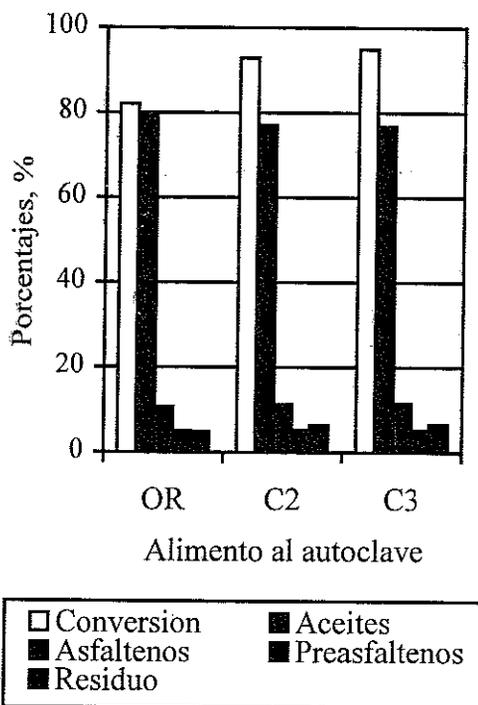
que el colector la tiene hacia la materia mineral, lo cual produce un concentrado con alto contenido en vitrinita en la última etapa. Los concentrados obtenidos en la segunda etapa de la columna de flotación y en la tercera etapa de la celda de Jameson se seleccionaron para el estudio de licuefacción, debido a los significantes rendimientos máxicos y concentración de macerales reactivos que poseen.

### **Licuefacción del carbón original y concentrados**

Los resultados de conversión y distribución de productos se muestran en la Figura 4. En general, los concentrados producen conversiones globales más altas que el carbón original. Como en un trabajo anterior usando separaciones en un hidrociclón (2), las altas conversiones de licuefacción producidas por los concentrados se asocian con su alta concentración de macerales reactivos y baja concentración de materia mineral.

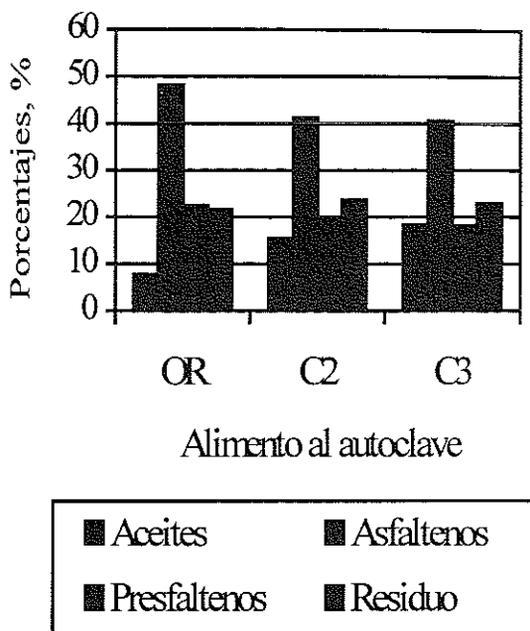
Como se puede observar en la Figura 4, la distribución de productos muestra porcentajes de aceites más bajos para todos los concentrados cuando se comparan con el carbón original. Sin embargo, esos resultados no tienen en cuenta la alta proporción de carbón convertido en el producto ya que el AAH es registrado como aceites. Por lo tanto, se realizó un balance de materia para calcular la producción de aceites proveniente solamente del carbón (aceite neto producido). Una base de 100 g de carbón, procesado en la columna de flotación y luego licuado en el autoclave se tomó para el balance. Para estos cálculos, se asumió que la cantidad de gas producido es 2 % del carbón convertido. Lo anterior se supone sobre la base de que durante el proceso de licuefacción, componentes ligeros del carbón, tales como metano, etano, ácido sulfhídrico, etc, se vaporizan y pasan a formar una fase gaseosa presurizada sobre el sistema reaccionante. También se asumió que el AAH permanece como aceite, dado que tiene temperaturas de vaporización relativamente altas (mayores a 300 °C). Los resultados de la distribución neta de productos se

muestran en la Figura 5, Al igual que en un trabajo anterior (2) realizado en el mismo laboratorio de la Universidad de Nottingham, en general las muestras de concentrados produjeron mayores proporciones de aceites que el carbón original, con pequeñas reducciones en asfaltenos y preasfaltenos.



**Figura 4. Conversión y distribución de productos en la licuefacción**

Sin embargo, una pequeña diferencia aparece en el contenido de residuos. También, se obtuvieron mayores proporciones de aceites y menores proporciones de residuos usando concentrados de la columna de flotación al compararse con los concentrados de la celda Jameson.



**Figura 5. Distribución neta de productos**

## CONCLUSIONES

Los resultados mostraron que los concentrados seleccionados producen mayores conversiones que el carbón original. Esos encuentros demuestran que la alta concentración de macerales reactivos y la baja concentración de materia mineral en carbones, son importantes parámetros para mejorar la conversión. Los análisis de los carbones líquidos mostraron que todos los concentrados producen buena distribución de productos, principalmente hacia aceites con pequeña reducción en los asfaltenos y preasfaltenos.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo dado por el Instituto Colombiano de Ciencia y Tecnología (Colciencias) y The European Coal and Steel Community (ECSC) para la realización del presente trabajo. Los puntos de vistas

expresados en este trabajo son de los autores y no necesariamente de las entidades de apoyo.

### ABSTRACT

Coal fractions, concentrated in reactive macerals and reduced in mineral matter (concentrates), were obtained in large scale using two flotation apparatus: Column and Jameson Cell. The concentrates were liquefied in a reactor-autoclave, which is a version of the British Coal Liquefaction Process. Liquefaction results showed an improvement in conversion for all the concentrates over the original coal, together with a shift in the net product distribution toward higher oils content and lower asphaltenes and preasphaltenes in the liquid product.

### REFERENCIAS

1. Moore, S.A., Jones, M. A., Hughes, R. D., Kimber G.M., Partial Maceral Separation in Dense Medium Coal Preparation Equipment and its Effect on Direct Liquefaction, International Conference on Coal Science, University of Newcastle upon Tyne, UK, 715-718, 1991.
2. Barraza, J., Cloke, M., Belghazi A., Liquefaction of Coal and Coal Fractions of Different Relative Densities from a Hydrocyclone, Coal Science, Vol II, Coal Science and Technology 24, Elsevier, 1271-1274, 1995.
3. Barraza, J., Liquefaction of Beneficiated Coal Fractions, Thesis Ph.D. Chemical Engineering, University of Nottingham , Nottingham, England, Diciembre 1995.
4. Cloke, M., Effect of Process Conditions on Ash Levels and Trace Elements in a Coal Liquefaction Extract, Fuel (65), 417, 1986.
5. Kizgut, S., Rhodes, D., Miles, N. J., Cloke M., Flotation Response of Bituminous Coal Macerals, Progress in Mineral Processing Technology, Demitel and Ersayin (Eds), Balkema, Rotterdam, 313-3197.