

# **APLICACIÓN DE OPERACIONES DEL PROCESAMIENTO DE MINERALES A LA RECUPERACIÓN DE PVC Y PET A PARTIR DE RESIDUOS PLÁSTICOS**

Custodio Vásquez, Walter Pardavé, Ella Moreno y Leonor Duarte\*

## **1. RESUMEN**

El presente trabajo trata sobre, el esquema de tratamiento propuesto para la recuperación de PVC y PET empleando operaciones del procesamiento de minerales tales como: reducción de tamaños. Separación por medios densos, tratamiento alcalino y flotación.

Los resultados alcanzados a nivel de laboratorio indican que se puede recuperar 95% de PVC y 97% de PET a partir de la muestra seleccionada de envases plásticos recolectados en un sector residual de la ciudad de Bucaramanga

*Palabras claves: Recuperación de PVC y PET, Tecnologías limpias, Procesamiento de minerales.*

## **ABSTRACT:**

The present work deals with the treatment scheme proposed for the recovery of PVCA and PET using mineral processing operations such as: size reduction, dense media separation, alkaline treatment and flotation.

The results obtained at laboratory level indicate that 95% PVC y PET can be recovered from a selected of plastic containers collected in a residential sector in the city of Bucaramanga.

*Key words: PVC and PET recovery. Clean technology. Mineral processing.*

## **II. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL**

Las etapas involucradas son: muestreo, separación de celulosa, trituración, separación por medios densos, tratamiento alcalino y flotación.

### **2.1. MUESTREO**

Mediante un muestreo aleatorio se recolectaron 15 kg de envases plásticos de aceites, bebidas no retornables y agua, durante 30 días en un sector residencial de la ciudad de Bucaramanga.

### **2.2. SEPARACIÓN**

Los envases fueron lavados con agua y detergente no iónico para depurar contaminantes como papel, adhesivo, grasa, entre otros, los cuales pueden dificultar pasos posteriores.

### **2.3. TRITURACIÓN**

Se trituran la muestra de plásticos en el granulador Formapak 2330 a tamaños entre 2.5-5 mm.

### **2.4. SEPARACIÓN DE CELUCOSA**

Se utilizó un medio de solución de NaCl 5% w/w con una densidad de  $1.2 \text{ gr/cm}^3$  para separar HDPE, PP y otros polímeros que presentan densidades menores de  $1 \text{ gr/cm}^3$ . Los productos hundidos fueron secados, lavados y tamizados a 3.15 mm.

### **2.5. TRATAMIENTO ALCALINO**

Se prepararon 16 muestras de 150 g (10% PVC y 90% PET), estas muestras fueron sometidas a un tratamiento con solución alcalina 2% w/w con agitación de 800 RPM, temperaturas de 60,70 y 80°C, durante periodos de tiempo de 15 - 30 minutos.

### **2.6. FLOTACIÓN**

Algunas muestras fueron acondicionadas con el plastificante diisodecilftalato con 40 mg/l durante 30 minutos en un rango de temperatura de 70-80°C.

Las pruebas de flotación se realizaron en la celda Denver de 2 litros a 1300 RPM; el pH fue variado entre 7.5-8.5 empleando NaOH 1M y HCl 1M.

Se acondicionaron 2 minutos con el espumante Genapol X-159, antes de los 16 ensayos de flotación respetando combinaciones del diseño experimental aplicado, así:

A: Temperaturas, 60-70°C y 70-80°C

B: Tiempos de tratamiento alcalino, 15-30 minutos

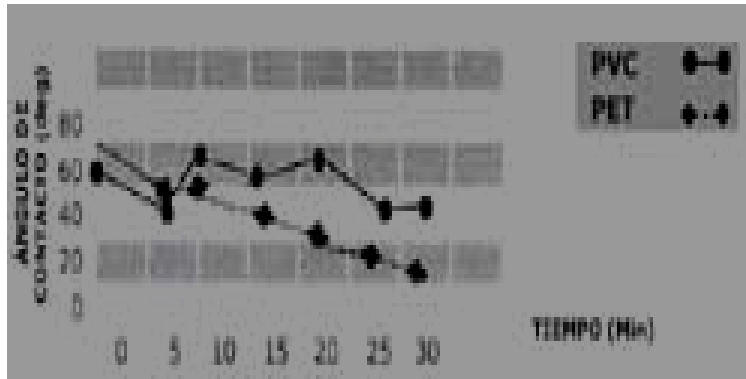
C: pH de flotación, 7.5 - 8.5

D: Acondicionamiento (mg/l de diisodecilftalato)

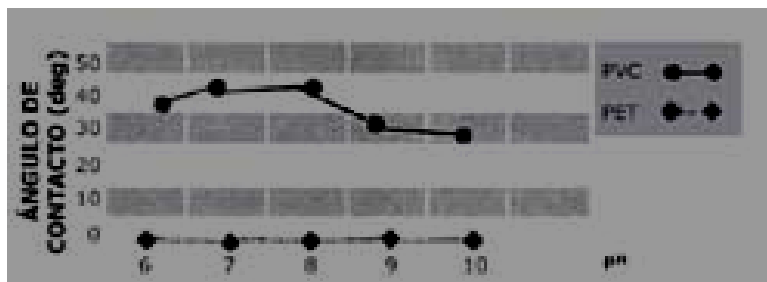
Después de 8 minutos se recolecto el underflow y el overflow de la flotación, y por balance de masa se obtuvieron la pureza de los productos y la recuperación alcanzada.

## **III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El principal objetivo de esta investigación fue desarrollar un sencillo y confiable tratamiento para recuperar PVC y PET a partir de mezclas PVC/PET basados en el control de la física y química de superficies de las partículas del PVC y del PET, para el cual fue necesario efectuar las siguientes evaluaciones y con ellos determinar las condiciones de trabajo y las variaciones de los niveles.

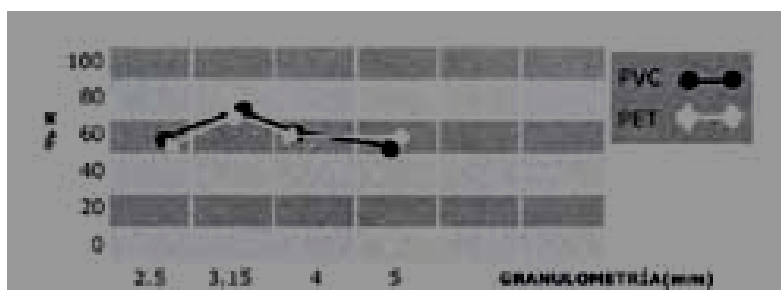


**Figura 1**  
Valores del ángulo de contacto para el PVC y el PET respecto al tiempo de acondicionamiento



**Figura 2**

Valores del ángulo de contacto con respecto al pH de la solución de 25 mg/l Genapol X-50

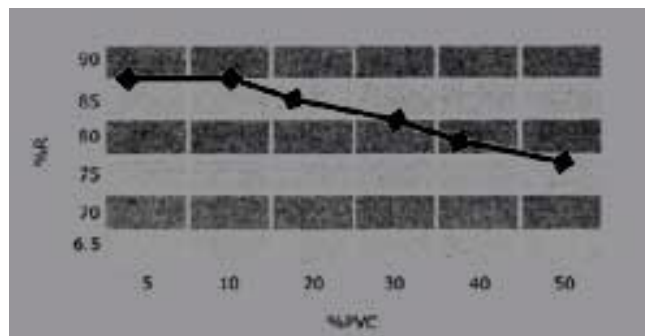


**Figura 3**  
Porcentaje de recuperación de PVC y PET a diferentes granulometrías

### 3.1 EFECTO DEL ÁNGULO DE CONTACTO

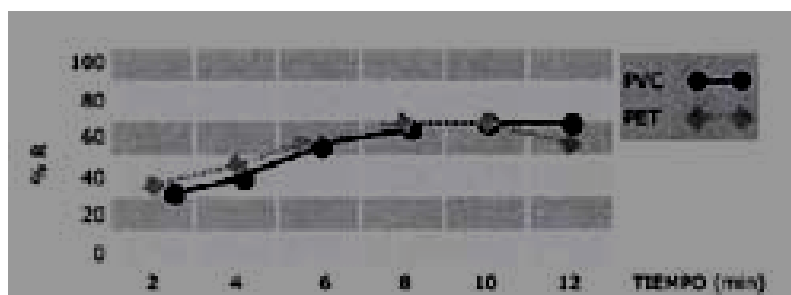
La Figura 1 muestra la diferencia en la hidrofobicidad entre el PVC y el PET, esta puede ser reforzada con un apropiado tratamiento alcalino, se observa que la hidrofobicidad del PVC es afectada muy poco con el tiempo de tratamiento alcalino, mientras la hidrofobicidad del PET disminuye después de 30 minutos de tratamiento, por lo tanto el rango de interés de la temperatura de acondicionamiento es entre 15-30 minutos.

La Figura 2 presenta valores de ángulo de contacto e solución de 25 mg/l de Genapol X-150, tratados en solución alcalina 2% w/w en un rango de 70-80°C durante 30 minutos con variaciones de pH. Se observa que la hidrofobicidad del PVC permanece inalterable con pH de 6-8.5, la burbuja de aire no se adhiere a la superficie del PET, es decir el ángulo de contacto se reduce a cero, facilitando así la separación selectiva de ambos polímeros, el rango de pH por consiguiente será de 7.5-8.5.



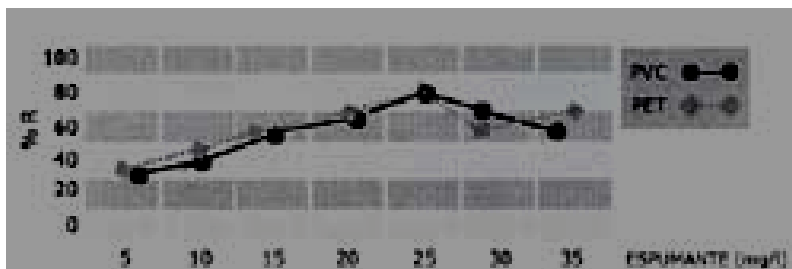
**Figura 4**

Porcentaje de recuperación a diferente concentración de PVC en la mezcla



**Figura 5**

Porcentaje de recuperación variando el tiempo de residencia



**Figura 6**  
Cantidad de surfactante no iónico Genapol X-150 como espumante de flotación

### 3.2 EFECTO DE LA GRANULOMETRÍA

La Figura 3 presenta los resultados para 10 minutos de flotación, se observa que los mejores valores se obtuvieron con una granulometría de 3.15mm para una recuperación del 83% de PVC y del 80.4% de PET.

### 3.3 EFECTO DEL PVC (PESO/PESO)

Mezclas de PVC/PET (150 gr) con diferentes porcentajes de PVC (5,10,20,30,40 y 50% w/w) se prepararon y sometieron 15 minutos con una solución NaOH 2% w/w antes de la flotación. La Figura. 4 muestra los resultados para 8 minutos de flotación, se observa que entre un 5-10% de PVC se obtiene la más alta recuperación (85.7%) por lo tanto se seleccionó 10% PVC como valor fijo para las pruebas de flotación.

### 3.4 EFECTO DEL TIEMPO DE RESIDENCIA (MINUTOS)

La Figura 5 muestra los resultados obtenidos para un tiempo de residencia de 8 minutos, el % de recuperación es del 80.6% para el PVC, a partir de esto al aumentar el tiempo de residencia el % de recuperación es casi constante por consiguiente un tiempo de residencia de 8 minutos es fijado como dato para los ensayos de flotación.

### 3.5 EFECTO DE LA CANTIDAD DE ESPUMANTE

La Figura 6 presenta los resultados, se observa que los mejores valores de recuperación (82.1 % PVC y 76.3% PET) se logran con 25 mg/l de Genapol X-150 seleccionando este valor para las pruebas de flotación.

## IV. ESQUEMA DE TRATAMIENTO SELECCIONADO

La Figura 7 muestra el diagrama de flujo adoptado para aplicar las técnicas del procesamiento de minerales en la recuperación de PVC y PET a partir de residuos plásticos, de acuerdo con el proceso estructurado y desarrollado, este esquema comprende las siguientes etapas:

Etapa 1: Obtención de muestra de residuos plásticos

Etapa 2: Separación de celulosa, lavado que permite eliminar contaminantes cuyo arrastre en el proceso dificultaría etapas siguientes y empobrecería el rendimiento de la misma.

Etapa 3: Trituración de la muestra de residuos plásticos, se reduce el tamaño hasta 2.5-5mm como etapa previa a la separación por medios densos.

Etapa 4: Separación por medios densos con el fin de separar PP y/o HDPE que pueden estar presentes.

Etapa 5: Limpieza y secado de las muestras de PVC y PET, esta operación elimina residuos del medio denso.

Etapa 6: Se tamizan las muestras a 3.15 mm. con el fin de obtener una muestra homogénea para la flotación.

Etapa 7: El tratamiento alcalino previo a la flotación con la finalidad de alterar la hidrofobicidad de las partículas de PET y con ello se logre separar de las partículas de PVC.

Etapa 8. El lavado de las muestras con agua para separar residuos del tratamiento alcalino.

Etapa 9: Para la flotación se emplea un surfactante no iónico y se ajustan las condiciones de operación mediante un diseño experimental.

Etapa 10: Los productos hundido (PET) y el flotado (PVC) se lavan, secan y pesan.

## **V. CONCLUSIONES**

- Es posible recuperar PVC y PET a partir de residuos plásticos; mediante separación por medios densos se puede retirar polímeros menos densos como PP y HDPE, y mediante flotación selectiva se puede separar PVC y el PET alterando las propiedades superficiales de una de las dos.
- Se demostró que con un adecuado tratamiento alcalino del 2%w/w de NaCl a temperaturas de 65-75°C durante 15-30 minutos y a 800 RPM se modifica la hidrofobicidad del PET mientras que la hidrofobicidad del PVC permanece inalterable, facilitando así la separación selectiva.
- Mediante un diseño experimental se obtuvo la siguiente ecuación:

$\%R = -402.27 + 56.065 \cdot \text{pH} + 6.28 \cdot \text{Temperatura} + 0.445 \cdot \text{tiempo} - 0.722 \cdot \text{pH} \cdot \text{Temperatura}$ .

Además, se encontró que el acondicionamiento con el plastificante no es técnica ni económicamente factible respecto a las muestras sólo con tratamiento alcalino.

- La recuperación selectiva del PET y del PVC mediante el tratamiento seleccionado muestra que se puede recuperar del 95% w/w del PVC y del PET.
- La pureza encontrada bajo la tecnología propuesta indica un 82.96% PVC y 99.77% PET, lo que muestra que puede ser utilizado como materia prima para la fabricación de nuevos y diversos productos actualmente en desarrollo.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. BUCHAN, R and YARAR B. Application of mineral processing technology to plastics recycling, Mining Engineering, Nov. 96, P.69-72.
2. DRELICH, J and PAYNE T. Selective froth flotation of PVC from PVC/PET mixtures for the plastics recycling industry, Polymer Engineering and Science Journal, Sep. 98. P. 1378-1387.
3. DRELICH J. Purification of polyethylene terephthalate from polyvinyl chloride by froth flotation for the plastics recycling industry. Reprint of separation and Purification Technology Vol 15, Sep 99, P. 9-17.
4. HWANG, J.Y Separation of normally hydrophobic plastic materials by froth flotation, U.S Patent N. 5.377.844 (1995).
5. BARRALES R, J Reciclado de PVC, Revista Plásticos Modernos, Vol. 74, N.493, Julio 97.
6. SEYMOUR R, B Reciclado de los residuos plásticos, Revista Plásticos Modernos N.401, Nov. 89.

\* Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales Universidad Industrial de Santander Bucaramanga [Colombiacustodio@uis.edu.co](mailto:Colombiacustodio@uis.edu.co)