

## ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA EN LA REUTILIZACIÓN DE VÁSTAGOS DE PASTA LOZA

Lizeth A. Morales C. <sup>\*†</sup>, Víctor H. Colorado R. <sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup>Universidad Pontificia Bolivariana, Cir. 1 #70-01, of. 11-259, Medellín, Colombia.

<sup>\*\*</sup>Filiación Institucional Autor 2

Recibido 17 Mayo 2013; aceptado 23 Julio 2013

Disponible en línea: 19 Diciembre 2013

Resumen: Se evaluó el aprovechamiento de los vástagos generados en el proceso de fabricación de orejas de pasta loza, comenzando con la adecuación de la pasta en suspensión y posteriormente pruebas a nivel de laboratorio como: curva de defloculación, tixotropía, velocidad de formación y medición de conductividad eléctrica, definiendo así la cantidad óptima de escayola a utilizar para mejorar el desempeño de la pasta en el proceso de formación de orejas y complementos. Se realizaron pruebas a nivel semiindustrial en la planta de productos especiales y vaciado de orejas, en las que se observaron resultados satisfactorios en la productividad. A partir de esto se implementó la utilización de otros desperdicios de características similares, dando una proporción a emplear de 25% vástagos y 75% recorte de platos.

*Palabras clave:* colaje, viscosidad, reología, barbotina, escayola, loza, recorte.

## TECHNICAL FEASIBILITY STUDY ON THE REUSE OF EARTHENWARE HANDLE SCRAP

Abstract: the use of filling channels generated in the slip casting of earthenware handles was evaluated; starting with the slurry setup, and then performing laboratory tests as deflocculating curve, thixotrophy curves, casting rate and measurement of electrical conductivity. Thus, the optimum amount of plaster to be added was defined in order to improve the performance of the slurry in the process of handle casting and drain casting. The tests were conducted in a semi-industrial level at the plant of special products and handle casting; satisfactory results were observed in the productivity. Thereby, the recovery of scrap with similar characteristics was implemented, obtaining the proportion to be used; 25% of filling channels and 75% of earthenware jiggering flashes

*Keywords:* Slip casting, viscosity, rheology, Slurry, plaster, earthenware, jiggering flashes.

### 1. INTRODUCCIÓN

Locería Colombiana S.A, perteneciente al grupo Corona, es una empresa dedicada a la

manufactura y comercialización de productos cerámicos; fue allí donde se ejecutó el proyecto de recuperación del desperdicio de vástagos de pasta loza.

---

<sup>†</sup> Autor al que se le dirige la correspondencia:

Tel. (054) 4371951

E-mail: [lianmoca@gmail.com](mailto:lianmoca@gmail.com) (Lizeth Andrea Morales Cardona).

Según Osorio, J. (2011) en una proyección de consumo de materiales, se produce un total 2120 ton/mes de pasta para pocillos, platos y productos especiales, generándose de esta actividad aproximadamente 211 toneladas/mes de desperdicios. Los desperdicios generados se obtienen en el tratamiento de aguas con un 2.8%, vistos como sedimentos de pasta provenientes de los diferentes procesos, también se generan desperdicios en roturas como: biscocho de platos loza del 1.9%, platos loza esmaltado del 1.9%, platos porcelana de 0.7% y pocillos de 1.2%, además se presenta en el proceso de fabricación de orejas residuos de pasta en vástagos del 0.9% y de telas del 0.6%, respecto al total de pasta producida en la planta.

“Los materiales cerámicos pueden ser conformados por diversas rutas de procesamiento y cada una de ellas tiene ventajas así como desventajas. En cualquier método de procesamiento, el objetivo final es consolidar el polvo para obtener una forma deseada y posteriormente densificar la pieza” ([Geasin et al., 2002](#)).

En 2011 Osorio, K. realizó un análisis en el proceso de vaciado de orejas mediante la técnica de colaje en Locería Colombiana, allí se producen residuos de la pasta cerámica utilizada del 62.4%, de estos el 38.2% corresponde a los vástagos, el 24.2% restante corresponde a las telas que son la pasta cerámica remanente en la parte superior de los moldes de yeso y que igualmente se descarta por su carga química, principalmente de sulfato de calcio proveniente de los moldes, el cual afecta la velocidad de coagulación de la pasta.

La suspensión de pasta cerámica no sólo se utiliza para la fabricación de orejas sino también para piezas especiales y complementos como jarras, saleros, bandejas, entre otros. Según Osorio, K. (2011) en total, para la preparación de esta suspensión o barbotina, se dispersan 90 ton/mes de materiales, sin embargo, la cantidad de vástagos generados es de 19 ton/mes para una proporción de 21.1% respecto del total preparado.

Los vástagos, o canales de llenado de los moldes de orejas, son desperdiciados ya que funcionalmente no participa en la forma del pocillo y generalmente no se reprocesan porque su carga química afecta la reología de las suspensiones y disminuye la velocidad de formación en el proceso de colaje de las orejas y

otras piezas fabricadas por esta tecnología, anteriormente no se había hecho un estudio detallado de la manera de reutilizar correctamente este subproducto.

Los residuos de pasta de vaciado de orejas se disponen en escombreras con los costos asociados de pérdida de materiales, teniendo presente que el valor de pasta de colaje es de 353 pesos/kilo, mostrando un total de 6.7 millones de pesos/mes correspondientes a las 19 ton/mes de vástagos generados y se cuantifican gastos de disposición de aproximadamente 1.2 millones de pesos/mes, además de consecuencias ambientales como: contaminación de suelos, evidenciados en las escombreras Shakiros y Kachotis, localizadas en Amagá y en Caldas, respectivamente.

“La industria de la cerámica es conocida por generar grandes cantidades de residuos de arcilla cada año. Hasta ahora, una gran parte se utiliza en los rellenos sanitarios” ([Pacheco-Torgal y Jalali, 2010](#)).

En este trabajo se realizó un seguimiento detallado para encontrar las condiciones óptimas en la reutilización de los vástagos, implementando pruebas a nivel de laboratorio, seguimiento del flujo de la pasta, distribución de los desperdicios y ensayos semiindustriales, observando así todo el comportamiento de la suspensión, buscando obtener una mejora a nivel industrial.

“El enfoque medioambiental se propone alcanzar un desarrollo sostenible al minimizar el descarte de materiales. Además de eso, los costos cada vez más altos de eliminación de residuos han llevado a implementar nuevas técnicas de preparación de procesos para separar los materiales valiosos de los residuos para su reciclaje” ([Souza y Mansur, 2004](#)).

En el desarrollo del trabajo se presentan impactos positivos en el aspecto económico, técnico y ambiental; evidenciados en el aprovechamiento de los desperdicios de productos de pasta loza, generado consigo un ahorro en la preparación de pasta virgen, disminuyendo así los residuos sólidos generados en el proceso, mejorando la velocidad de formación de la pasta y la resistencia mecánica en crudo de las piezas. “Restauración y reciclaje es la mejor solución ambiental para ahorro de materias primas y para reducir la cantidad de residuos industriales” ([Menezes et al., 2008](#)).

De otro lado se realizó un estudio enfocado en evaluar la viabilidad de utilizar la pasta con adición de vástagos y un material llamado escayola (sulfato de calcio hemihidratado), materia prima básica para la fabricación de moldes de yeso; para esto se realizaron pruebas reológicas a nivel de laboratorio y ensayos semiindustriales, tanto en el área de colaje como de vaciado de orejas, observando así los resultados según la proporción vástagos/recorte, la adición óptima de escayola, las condiciones de operación, la trabajabilidad, la calidad en quema, haciendo los ajustes necesarios del proceso para su industrialización.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1. *Recolección de datos*

Se recogió información acerca de los desperdicios generados en el proceso de fabricación de orejas de pasta loza, estos fueron del 62.4% de los cuales el 38.2% pertenece a los vástagos; además se obtuvo información acerca de la proporción de vástagos a utilizar en el ensamble de barbotina, siendo esta de aproximadamente el 20%.

En el proceso de vaciado de orejas se utilizan moldes de yeso, los cuales están diseñados con un canal de llenado en el centro donde van adheridas a los extremos las orejas de pocillos loza.

Después de un determinado tiempo de formación de la pasta en el molde, se sacan las orejas adheridas al vástago, se cortan para seguir con el proceso de ensamble y el canal de llenado o espiga va hacia los silos donde posteriormente será reutilizado.

La pasta debe ser tratada antes de ser utilizada para que de esta manera pueda ser apta para su uso industrial, en el caso de Locería Colombiana S.A, las pastas se dispersan en agua y con la ayuda de defloculante, para la dispersión se utiliza un sistema de agitación durante un tiempo que garantice la homogenización de la suspensión y las condiciones requeridas de peso específico y viscosidad.

### 2.2. *Adecuación de la pasta*

“La técnica de colaje se ha utilizado tradicionalmente en la industria, dada su gran versatilidad, su bajo costo y la elevada

uniformidad de las piezas así obtenidas” ([Moreno, 2000](#)).

Para comenzar se debió implementar un material que fuera apto para mejorar la trabajabilidad y el desempeño de la pasta en el proceso de formación de orejas y complementos, por esto se utilizó la escayola, ya que esta aporta sulfato de calcio y ayuda con las necesidades requeridas en el proceso, siendo esta práctica común en muchas plantas de sanitarios. “La industria de la cerámica sanitaria genera inevitablemente desechos, independientemente de las mejoras introducidas en los procesos de fabricación” ([Medina, 2012](#)).

Para obtener la cantidad óptima de escayola y contrarrestar la pérdida de velocidad de formación causada por la adición de este, se realizaron dos corridas o pruebas con diferentes concentraciones de sulfato para una proporción de 20% vástagos con 80% recorte de platos y poder así tener un desempeño similar a la pasta de producción.

En la preparación de la pasta para varios ensayos a nivel de laboratorio, se pesaron las materias primas utilizando la balanza digital de 4 kg y la balanza digital wildcat de 30 kg, además se adecuó un balde plástico para la redispersión acondicionado con un agitador de paleta con variador siemens (440V, 0.6 HP). La redispersión se preparó con una proporción de vástagos con el recorte de platos, adicionando agua y un defloculante calculados según la cantidad a evaluar de pasta loza. Se ajustaron las condiciones de la pasta acorde como se trabaja en producción, una viscosidad entre 800 y 1000 cP para lo cual se empleó el viscosímetro de torsión Brookfield (velocidad 30 rpm) LVF análogo, ajustando con poliacrilato de sodio; y una densidad de la suspensión entre 1800 y 1805 g/L ajustando con agua, utilizando para ello un picnómetro (Cod. V 001).

La pasta ensamblada se distribuyó en diferentes recipientes plásticos con 1.5 kg de sólido seco y a cada uno se le adicionó diferentes concentraciones de escayola, se cubrieron hasta el día siguiente para ajustar la densidad y la viscosidad, se dejaron en añejamiento durante 72 horas, después de este tiempo se ajustaron las condiciones y se continuó con las pruebas de laboratorio.

### 2.3. Pruebas reológicas a nivel de laboratorio

Se implementaron las siguientes técnicas para la evaluación de la pasta con vástagos y adición de escayola: Curva de defloculación, tixotropía y velocidad de formación, usualmente utilizadas en el laboratorio del área técnica de Vajillas Corona y en este caso para la evaluación de la pasta con dos proporciones, una de 20% vástagos con 80% recorte de platos y otra de 25% vástagos con 75% recorte de platos.

Además de las técnicas empleadas se midió la conductividad eléctrica de la barbotina con un conductímetro WTW tetracon 325.

*Curva de defloculación.* “Un modo común de controlar las propiedades de la barbotina cumpliendo normas reológicas es establecer una gravedad específica y una temperatura constante, medir luego la consistencia y las propiedades de colaje (velocidad de formación, drenaje, tacto, agua retenida, desprendimiento del molde, corte, resistencia mecánica en seco) a niveles progresivamente mayores de defloculante” (Phelps *et al.*, 1984).

A la muestra de 1.5 kg, previamente añejada y ajustada a una densidad de 1800 a 1805 g/L y una viscosidad superior a 2000 cP se le adicionó poliacrilato de sodio (acumer 9300 al 10%) en cantidades de 0.5 a 2 ml/kg, después de cada adición, se agitó durante un minuto a 1800 min<sup>-1</sup> en el agitador Jank & Kunkel de 2400 min<sup>-1</sup>, después se lleva la muestra al viscosímetro digital Brookfield LVDV-I prime con aguja 3 y 30 rpm, pasados 30 segundos de haber encendido el motor se toma la lectura de viscosidad; este proceso se repite hasta que la viscosidad deja de disminuir y por el contrario aumenta con adiciones sucesivas, alcanzando así punto de mínima viscosidad o máxima defloculación.

*Tixotropía.* Muestra la variación de la viscosidad con el tiempo. “Los primeros vaciadores reconocieron la necesidad de alguna medida de la propiedad gelificante porque se encontró que barbotinas con idénticos valores de consistencia recién agitadas podrían espesarse a diferentes velocidades y dar propiedades de colaje diferentes” (Phelps *et al.*, 1984).

“La viscosidad de la barbotina depende del tamaño de partícula, forma y tipo de materia prima, la viscosidad del medio, la velocidad de la

mezcla y la pureza del agua utilizada” (Guler y Balci, 1998).

Se ajustó el viscosímetro digital a una velocidad de 2.0 rpm, posteriormente la muestra se ubicó en el equipo, estando agitada con anterioridad por un minuto a 1800 min<sup>-1</sup> en el agitador Jank & Kunkel de 2400 min<sup>-1</sup>. La muestra se dejó 30 minutos en el viscosímetro digital Brookfield LVDV-I prime en funcionamiento con aguja 3, y este automáticamente hizo la toma de datos, posteriormente se analiza el cambio de la viscosidad de la barbotina con el tiempo.

*Velocidad de formación.* Puede ser medida utilizando moldes porosos, de cualquier forma conveniente, principalmente de yeso; se llena el molde con barbotina, dejándolo en reposo por un tiempo determinado, al final del tiempo de colaje prescrito se drena el exceso de barbotina y se da como velocidad de formación el peso del colado o su espesor de pared (Phelps *et al.*, 1984).

“El moldeo en barbotina es un procedimiento de conformación, utilizado ampliamente en la producción comercial de cerámica. Una de las características más favorables para el método es la alta calidad de los productos, lo cual es a menudo atribuido a sus microestructuras” (Takao *et al.*, 2000).

La pasta en suspensión se vertió sobre un molde de yeso a una densidad de 1800 g/L, una vez allí se dejó formar la torta durante 30 minutos y se drenó la barbotina remanente, luego se midió el tiempo de secado con cronómetro y se dejó la pasta en el molde por otros 30 minutos, después de transcurrido este tiempo se midió en nueve puntos diferentes el espesor con el pie de rey mitutoyo; se cortaron rodajas para calcular el contenido de humedad, se utilizó un horno eléctrico Haceb para secar la pasta y una balanza digital para la toma de pesos inicial y final.

“El proceso de moldeo en barbotina es ampliamente utilizado para consolidar partículas de cerámica a partir de suspensiones acuosas para formar compactos en verde, en particular aquellos con formas complicadas” (Zhang y Binner, 2002).

### 2.4. Ensayos semiindustriales

Se realizaron ensayos en el área de colaje y vaciado de orejas, con las dos proporciones, 20%

vástagos y 25% vástagos, donde se evaluó el comportamiento de la pasta, además se hizo un análisis de las adecuaciones en planta para la reutilización del material y el beneficio económico real.

Se preparó un bache de aproximadamente 5000 kg de sólido seco, inicialmente se adiciona agua para lograr una suspensión de aproximadamente 72% de sólidos y una parte de defloculante necesaria para la dispersión; se inicia el cargue del material y se somete a agitación constante a 280 rpm, adicionando durante este proceso alrededor de 22 L de poliacrilato de sodio concentrado para que no se gelifique la pasta, además se adiciona la cantidad de escayola en relación con la determinada en las pruebas de laboratorio; la viscosidad de la dispersión se ajustó entre 800 a 1000 cP y una densidad 1800 a 1805 g/L, se agita durante dos horas y posteriormente se descarga la barbotina sobre un tamiz de malla 14, después pasa al tamiz con malla 100 y un ferrofiltro de rejillas, luego se envía al tanque inicial, se deja en añejamiento durante 72 horas con mínima agitación, posteriormente es llevada a un tanque en la planta de productos especiales dejando añejar otras 72 horas y con el ajuste de las condiciones; por último pasa al tanque de consumo para ser transferida a cada tina donde la pasta es vaciada en los moldes de yeso.

### 2.5. Control del proceso

Se verificó el desempeño en planta de la pasta loza con adición de vástagos, con variables de proceso, como lo fueron la viscosidad, el peso por litro; y parámetros, como el tiempo de secado, el

espesor húmedo, el peso tanto húmedo como seco, el porcentaje de humedad, la trabajabilidad y la conductividad; además se hicieron ajustes reológicos para la reutilización y se implementó después de la etapa de factibilidad técnica en el área de colaje.

## 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en la parte experimental del proyecto, se muestran en los siguientes ítems, con dos proporciones de vástagos: 20% vástagos con 80% recorte de platos y 25% vástagos con 75% recorte de platos. En el primer escenario se considera la utilización del material en la pasta de colaje incluyendo el vaciado de orejas; en el segundo escenario se empleó una proporción con 25% de vástagos, ya que se incluyen desperdicios con características similares a este material.

### 3.1. Pasta formada con 20% vástagos y 80% recorte de platos

Se realizaron dos corridas, obteniendo así los resultados para definir la cantidad óptima de adición de sulfato. Los resultados se muestran en la [Tabla 1](#) y [Tabla 2](#).

Observando los valores obtenidos en las [Fig. 1](#), se tiene como resultado para la escayola una adición de 150 a 180 ppm de  $\text{SO}_4^{-2}$  en las corridas 1 y 2, en este rango se alcanzan los valores máximos de espesor logrado en la pared, sin embargo, no se llega hasta el punto máximo ya que por el error experimental se puede llegar a valores de sobredefloculación (cuando la gráfica empieza a decrecer después del máximo).

Tabla 1. Corrida 1. Verificación óptima de adición de  $\text{SO}_4^{-2}$

Concentración, ppm $\text{SO}_4^{-2}$	t secado 1 (min)	Espesor húmedo 1 (mm)	Peso húmedo 1 (g)	Peso seco 1 (g)	%humedad 1	Espesamiento 1 (cP)	Trabajabilidad 1	Conductividad 1 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
0	11	3.87	59.75	48.72	18.46	1020	Medio dura	575
75	7.5	3.73	60.48	49.16	18.72	980	Medio plástica	638
150	11.66	4.08	66.35	53.76	18.98	1000	plástica	861
225	10	3.91	65.03	52.78	18.84	980	Medio plástica	878
300	13	4.34	69.5	56.86	18.19	1040	plástica	925
375	14	4.06	65.13	53.45	17.93	1060	plástica	1178



Tabla 2. Corrida 2. Verificación óptima de adición de  $\text{SO}_4^{-2}$

Ppm de $\text{SO}_4^{-2}$	t secado 2 (min)	Espesor húmedo 2 (mm)	Peso húmedo 2 (gr)	Peso seco 2 (gr)	%humedad 2	Espesamiento 2 (cP)	Trabajabilidad 2	Conductividad 2 (Us/cm)
0	6.67	2.82	41.9	34.56	17.52	960	dura	625
75	9.83	3.86	60.31	48.71	19.23	1000	Medio plástica	703
150	8.67	4.16	63.84	51.51	19.31	1040	Medio plástica	847
225	13.33	4.083	63.14	50.91	19.37	1080	Medio dura	926
300	12.5	4.039	64.94	52.04	19.86	1060	plástica	1051
375	12.33	3.85	63.75	51.4	19.37	1020	Medio	1119

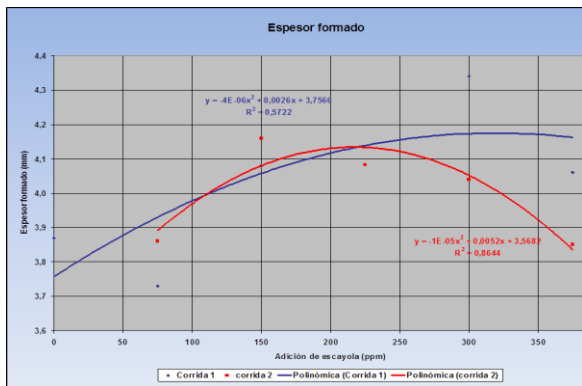


Fig. 1. Corrida 1 y 2. Espesor vs adición de  $\text{SO}_4^{-2}$ .

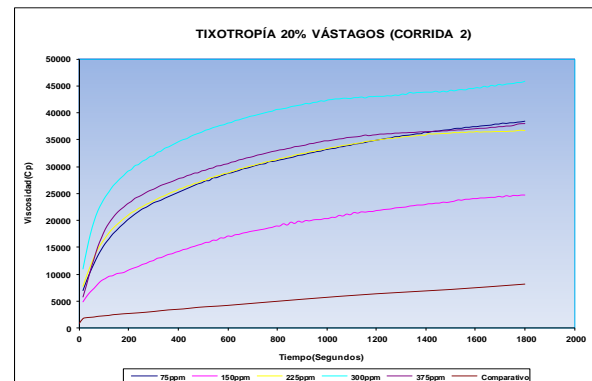


Fig. 3. Corrida 2. Tixotropía 20% vástagos.

Para la prueba de tixotropía, se obtuvo los siguientes resultados de viscosidad vs tiempo, para las diferentes concentraciones de  $\text{SO}_4^{-2}$  en la corrida 1 y corrida 2. Ver [Fig. 2](#) y [Fig. 3](#) respectivamente.

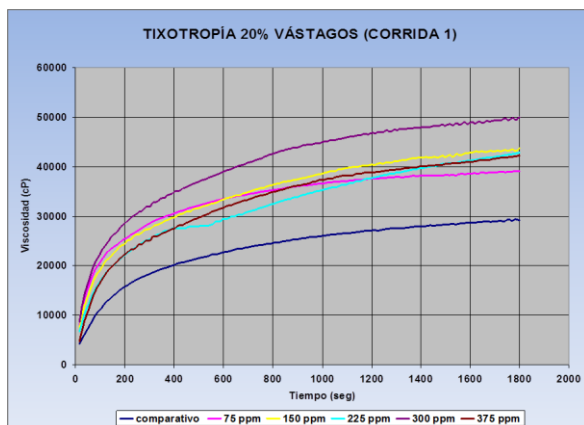


Fig. 2. Corrida 1. Tixotropía 20% vástagos.

Con esta nueva formulación 20% vástagos con 80% recorte de platos, se inició la implementación en planta y 180 ppm de  $\text{SO}_4^{-2}$ , dando resultados satisfactorios en cuanto a la velocidad de formación, por lo cual se comenzó a recuperar otros desperdicios de características similares, como las roturas en crudo de productos especiales y los vástagos del salón de vaciado de bandejas. Haciendo un balance de materiales se tiene que la proporción de vástagos a emplear es de 25% y 75% recorte de platos con la inclusión de estos otros desperdicios.

### 3.2 Pasta formada 25% vástagos y 75% recorte de platos

Con la formulación actual en planta, se hizo una evaluación de la pasta en el tanque de añejamiento, obteniendo su condición y sus parámetros con la prueba de velocidad de formación. Ver [Tabla 3](#) y [Tabla 4](#).

Tabla 3. Condición de la pasta

Variable	Toma 1	Toma 2	Toma 3
peso/litro (g/L)	1799	1801	1801
viscosidad (cP)	851.8	915.8	991.3
espesamiento	608.2	644.2	652.7
conductividad (μS/cm)	931	900	901

Tabla 4. Prueba de velocidad de formación

Variable	Toma 1	Toma 2	Toma 3
Tiempo secado (mm)	8	9	9
Espesor húmedo (mm)	3.451	3.557	3.616
Peso húmedo (g)	19.43	19.76	19.94
Peso seco (g)	15.95	16.19	
%humedad	17.93	18.09	
escurrida	Con cortinas	Con cortinas	Con cortinas

Para la prueba de tixotropía, se obtuvo los siguientes resultados de viscosidad vs tiempo, para las diferentes concentraciones de sulfato. Ver la [Fig. 4](#).

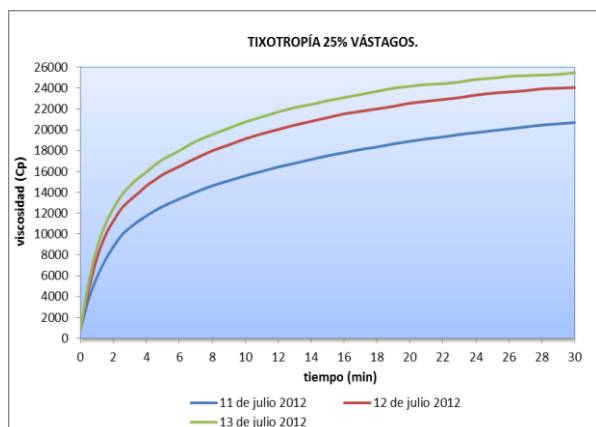


Fig. 4. Tixotropía 25% vástagos.

Para la prueba de tixotropía de pasta loza en vaciado de orejas se obtuvo los resultados de viscosidad vs tiempo. Ver la [Fig. 5](#).

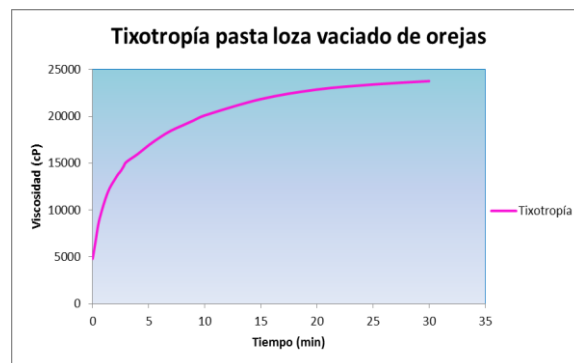


Fig. 5. Tixotropía pasta loza en área de vaciado de orejas 25% vástagos.

Analizando los defectos en el proceso, se tiene que la grieta oreja es la más significativa, por lo que se hizo un seguimiento, mostrando la evolución global de pasta loza en la [Fig. 6](#) y resaltando en la [Fig. 7](#) la referencia 5860.

En la [Fig. 6](#) se muestra el nivel de grieta oreja que venía disminuyendo desde la semana 15 hasta la 26 lo cual se ve representado por nueve puntos en línea por debajo de la media del proceso, de esas 9 semanas las dos últimas corresponden al ensayo con vástagos y finalmente en las últimas tres semanas de la evaluación el nivel de grieta oreja regresa a los valores normales, por lo que se concluye que durante las 5 semanas del ensayo el porcentaje de grieta oreja no aumenta por encima de la variación natural del proceso; sin embargo, se sigue monitoreando esta variable a lo largo de la implementación.

En la [Fig. 7](#) se muestra la evolución de grieta oreja de la referencia 5860, esta es la referencia de mayor volumen de producción, además su diseño la hace más susceptible de presentar el defecto; se observa que el nivel de grieta oreja pasa de 7.92% a 7.49% durante las 5 semanas de la evaluación, sin embargo la diferencia no es estadísticamente significativa por la variación del defecto en este jarro.

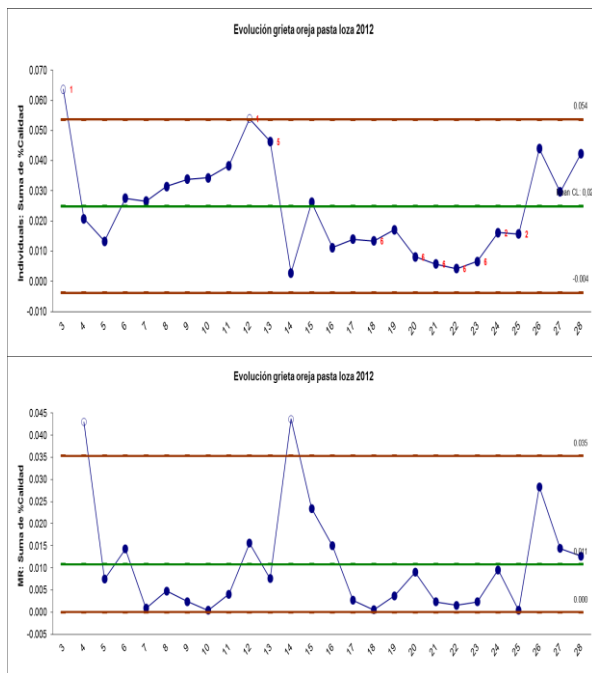


Figura 6. Grieta oreja global en 2012.

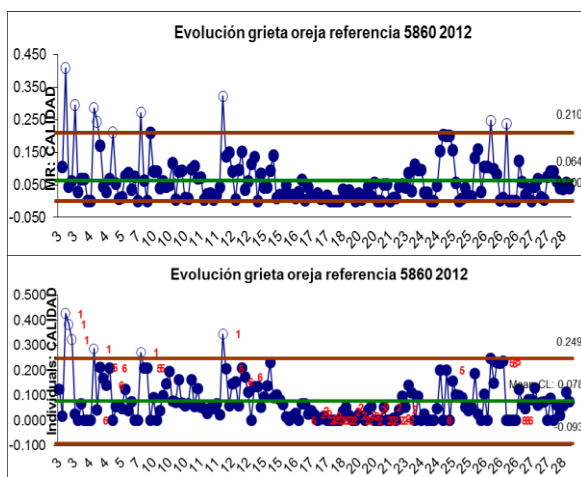


Fig. 7. Grieta oreja referencia 5860 en 2012.

En el área de productos especiales se siguió trabajando con la nueva formulación, haciendo un seguimiento constante en el silo donde se recogen los vástagos y tacones generados en la preparación de orejas, además de la rotura en crudo de productos especiales, realizando una evaluación de desempeño y calidad en quema.

#### 4. CONCLUSIONES

Los ensayos a escala semiindustrial arrojaron resultados que llevan a concluir que la

reutilización de los vástagos de pasta loza es técnicamente viable en la producción de colaje y actualmente se tiene implementado en el proceso industrial.

Con este estudio se abre la posibilidad de realizar ensayos a escala semiindustrial para utilizar desperdicios de características similares en pastas de porcelana y de este modo tener varias alternativas de uso potencial de un residuo.

Se demostró que con la adición de escayola y el ajuste reológico encontrado, se mejora la velocidad de formación hasta en un 23% en productos especiales.

Se reduce el impacto ambiental por disminución de residuos sólidos generados en el proceso, ya que al aprovechar 19 ton de pasta que antes se desperdiciaban completamente, se deja de preparar esa misma cantidad de pasta virgen a un costo de 353,000 \$/ton, lo que representa 6.7 \$MM /mes por costos de materiales y 1.2 \$MM /mes por gastos de disposición del residuo.

Con los resultados satisfactorios obtenidos en este estudio la empresa ha comenzado a reutilizar otros desperdicios tales como, las roturas en crudo de productos especiales y los vástagos del salón de vaciado de bandejas.

#### AGRADECIMIENTO

A la empresa Vajillas Corona por permitir el desarrollo del proyecto y suministrar los recursos y conceptos cerámicos necesarios para la realización del trabajo.

Al director del proyecto Víctor Hugo Colorado Restrepo, quien gracias a su constante apoyo, dedicación y enseñanza, se pudo culminar el proyecto, sin él no hubiera sido posible realizar el trabajo.

#### REFERENCIAS

- Geasin Savio, S., R.R. Rao y S.K. Ramasesha (2002). Fabrication of molybdenum disilicide components by slip casting. *Materials letters*, 57:43-47.
- Guler, C. y E. Balci (1998). Effect of some salts on the viscosity of slip casting. *Applied Clay Science*, 13:213–218.



- Medina, C., M.I. Sánchez de Rojas y M. Frías (2012). Reuse of sanitary ceramic wastes as coarse aggregate in eco-efficient concretes. *Cement & Concrete Composites*, 34:48–54.
- Menezes, R.R., H.G. Malzac Neto, L.N.L. Santana, H.L. Lira, H.S. Ferreira y G.A. Neves (2008). Optimization of wastes content in ceramic tiles using statistical design of mixture experiments. *Journal of the European Ceramic Society*, 28: 3027–3039.
- Moreno, R. (2000). Tendencias en el conformado de suspensiones cerámicas. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 39(5):601-608.
- Pacheco-Torgal, F. y S. Jalali (2010). Reusing ceramic wastes in concrete. *Construction and Building Materials*, 24:832–838.
- Phelps, G.W., S.G. Maguire, W.J. Kelly y R.K. Wood (1984). *Reología y reometría de sistemas arcilla-agua*. Caldas: Locería Colombiana S.A.
- Souza, L.P. de F. y H.S. Mansur (2004). Production and characterization of ceramic pieces obtained by slip casting using powder waste. *Journal of Materials Processing Technology*, 145:14–20.
- Takao, Y., T. Hotta, K. Nakahira, M. Naito, N. Shinohara, M. Okumiya y K. Uematsu (2000). Processing defects and their relevance to strength in alumina ceramics made by slip casting. *Journal of the European Ceramic Society*, 20:389-395.
- Zhang, Y. y J. Binner (2002). Enhanced casting rate by dynamic heating during slip casting. *Journal of the European Ceramic Society*, 22:135–142.

## SOBRE LOS AUTORES

### **Lizeth Andrea Morales Cardona**

Estudiante de Pregrado que realiza el artículo con el fin de cumplir los requisitos para optar al título de Ingeniera Química. Principales áreas de interés investigativo: manejo de residuos, cerámicos.

### **Víctor Hugo Colorado Restrepo**

Ingeniero Químico del área técnica, en Locería Colombiana S.A, perteneciente al grupo corona. Principales áreas de interés investigativo: Tecnología cerámica, Procesos y manufactura por colaje sólido y hueco.