

INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN EN LADRILLERAS DEL PARQUE MINERO INDUSTRIAL EL MOCHUELO

Estudio de caso: Ladrillera Las Canteras S.A.

*Research, development and innovation in brick masonry at El Mochuelo Industrial
Mining Park. Case study: Ladrillera Las Canteras S.A.*

Agudelo-Torres, I.C.*



RESUMEN

Se presenta un ejemplo de Investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) en empresas de bajo nivel tecnológico, como es el caso de las ladrilleras ubicadas en el sector del Mochuelo, localidad de Ciudad Bolívar en Bogotá. El proceso I+D+i se orienta hacia la búsqueda de alternativas de solución a la poca diversidad de productos ofrecidos por una empresa tipo del sector, la ladrillera Las Canteras S.A. La investigación realizada en Las Canteras S.A. tuvo como objetivo plantear nuevas líneas de producto acordes con la naturaleza y propiedades de los materiales procesados. Los resultados de este estudio permitirán evidenciar la pertinencia de un estudio de caracterización de materias primas como parte de un esquema de innovación tipo I+D+i, en empresas del sector ladrillero para identificar oportunidades de desarrollo de nuevos productos.

Palabras Clave: arcillas, I+D+i, ladrillera, producto cerámico, investigación, desarrollo, innovación.

ABSTRACT

This paper aims to present an example of R & D & I (Research, Development and Innovation) in companies of low technological level, as is the case of small brick factories located in Mochuelo area, Ciudad Bolivar in Bogotá. The R & D & I process is oriented towards the search for alternative solutions to the low diversity of products offered by a typical company in the sector, Las Canteras S.A. The study carried out in Las Canteras S.A. had as main goal to propose new product lines according to the nature and properties of the processed materials. The results of this study will show the relevance of a study of characterization of raw materials, as part of R & D & I innovation scheme, in small brick factories in order to identify opportunities for new product development.

Key words: Brick industry, clay, ceramic product, R & D & I, research, development, innovation

* Artículo resultado del proyecto de investigación-creación asociado a la Maestría en Desarrollo de Producto Sustentable de la Facultad de Ingeniería, vinculado a la línea de investigación 11 del SUI: Diseño para la sostenibilidad.

** Diseñadora Industrial. *Magíster Artium* en Diseño en cerámica y vidrio. icagudelot@unal.edu.co.

1. INTRODUCCIÓN

Las pequeñas empresas ladrilleras del parque minero industrial El Mochuelo cuentan con un bajo nivel tecnológico y con frecuencia presentan poca diversidad de productos, y un alto impacto ambiental de sus procesos extractivos y de producción, entre otros inconvenientes asociados a su actividad. Es por esta razón que a través de la Alianza estratégica Cámara de Comercio de Bogotá – Ventanilla Ambiental CAR, con el Apoyo de la Agencia de Cooperación Alemana GTZ (actualmente GIZ), se realizó un proceso de asistencia técnica ambiental entre el 2009 y el 2010 para mejorar su eficiencia energética y fortalecer su capacidad empresarial.

A raíz del diagnóstico realizado por estas instituciones, se detecta la necesidad de profundizar la asistencia técnica en el área de caracterización de materias primas extraídas y procesadas en aras de impulsar procesos de mejora e innovación con base en el conocimiento. Así, surge la oportunidad de desarrollar un estudio de caracterización físico química de las materias primas arcillosas y pétreas, y de materiales residuales de producción en los predios de la empresa Las Canteras S.A. Mediante este estudio se busca dar respuesta a la pregunta: ¿se puede fortalecer la capacidad de innovación en una ladrillera de bajo nivel tecnológico disminuyendo el grado de incertidumbre en la aplicación y procesamiento de los recursos minerales arcillosos y pétreos?

De este modo, a manera de hipótesis, se establece que caracterizando las materias primas se puede fortalecer la capacidad de innovación de las ladrilleras de bajo nivel tecnológico, con base en el conocimiento de la composición y las propiedades de los recursos procesados. A su vez, la investigación demostrará que este conocimiento aplicado impulsa el desarrollo de nuevos productos, y de esta manera poner en evidencia el proceso de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i).

El objetivo general de la investigación fue: aplicar el método I+D+i en una empresa ladrillera de bajo nivel

tecnológico ubicada en el Parque Industrial y Minero El Mochuelo, para Fortalecer su capacidad de innovación. En consecuencia, los objetivos específicos fueron: a) desarrollar un estudio de caracterización de las materias primas en una ladrillera de bajo nivel tecnológico para ampliar el conocimiento de la empresa respecto a los recursos que procesa, y b) desarrollar prototipos de nuevos productos elaborados en la planta de producción de la empresa Las Canteras S.A. para validar los hallazgos de la investigación.

2. MÉTODO

2.1. Equipo investigador

Para determinar los pasos a seguir en función de plantear una solución a la problemática identificada en la ladrillera Las Canteras S.A., se decide en primera instancia la conformación de un equipo de investigación integrado por una diseñadora industrial con maestría en materiales cerámicos y un profesional en química; así, a través del trabajo interdisciplinar se puede demostrar la pertinencia de los estudios de caracterización de materiales como parte de una estrategia de I+D+i en empresas de bajo nivel tecnológico del sector ladrillero.

2.2. Trabajo de campo

El procedimiento de exploración de campo es fundamental para apreciar, investigar y observar las diferentes etapas del proceso. Este trabajo se desarrolló empezando por el reconocimiento de las materias primas en la mina y siguiendo una secuencia lógica de operaciones. Primero, el conjunto de operaciones asociadas a la extracción de materias primas (procedimientos de extracción). Segundo, el conjunto de operaciones de refinamiento de materias primas para transformarlas en materiales (maduración, molienda, mezcla y humectación), y tercero, el conjunto de operaciones asociadas a la transformación de los materiales (conformación por extrusión, secado y cocción). El diagnóstico inicial general del proceso se verá reflejado a manera de diagrama de entradas –

procesos – salidas según lo establecido en el modelo de ficha ambiental empresarial de la CAR.

2.3. Reconocimiento de las materias primas en la mina

Para determinar la composición aproximada de las materias primas presentes en la mina se decidió, como primera medida, aplicar un procedimiento de exploración de la misma con el acompañamiento de un geólogo, quien mediante observación directa y pruebas físicas estableció los tipos de rocas presentes.

2.4. Muestreo

Luego del reconocimiento de las materias primas en la mina, se procedió a realizar el muestreo sistemático en tres puntos distintos del área de almacenamiento y maduración durante un mes, como antesala del análisis de clasificación granulométrica realizado con el fin de documentar los parámetros intrínsecos de la materia prima tales como granulometría, mineralogía, redondez y esfericidad de los granos.

2.5. Caracterización

A partir de los resultados del análisis granulométrico se construyeron probetas para realizar pruebas de caracterización física y de este modo estudiar el comportamiento de la mezcla procesada en términos de límite plástico, contracción de secado y contracción de cocción.

2.6. Diseño y desarrollo de prototipos y muestras

De los resultados obtenidos en los análisis se desarrollaron prototipos y muestras de productos que demuestran el aprovechamiento de las propiedades identificadas durante el proceso de caracterización.

3. MARCO TEÓRICO DE REFERENCIA

3.1. Método I+D+i

El método de gestión tecnológica I+D+i propone

herramientas para realizar una gestión eficaz y eficiente de los procesos de innovación en las Pequeñas y Medianas empresas (Pymes). El concepto de investigación aplicada implícito en este método resulta totalmente coherente con las necesidades de las empresas ladrilleras de bajo nivel tecnológico del sector de El Mochuelo, las cuales carecen en muchos casos de conocimientos científicos que respalden sus procesos, y en contraste desarrollan innovaciones a un ritmo lento dependiente de procesos empíricos de ensayo y error. La definición de investigación aplicada desde la Norma UNE 166000:2002 Gestión de I+D+i (CEEI Ciudad Real, 2007) es la siguiente: Investigación dirigida a adquirir nuevos conocimientos con el objeto de explotarlos en el desarrollo de productos o procesos nuevos.

El concepto de desarrollo, en el marco de la I+D+i, que se aplica en la presente investigación es el de Desarrollo tecnológico consistente en «la aplicación de los resultados de la investigación o de cualquier otro conocimiento científico [...] para la fabricación de nuevos productos» (CEEI Ciudad Real, 2007). En consecuencia, esta actividad requiere la materialización de los resultados de la investigación que puede desarrollarse bajo la modalidad de creación de prototipos no comercializables, lo cual corresponde a un alcance de la investigación y a la vez a un interés manifiesto de los propietarios de la empresa Las Canteras S.A.

En cuanto al concepto de innovación, entendiendo que el mismo tiene gran diversidad de definiciones, la enunciada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de Colombia es de gran utilidad y pertinencia. Según este organismo la innovación es «el proceso mediante el cual la sociedad extrae del conocimiento, beneficios económicos, ambientales y sociales» (Conpes, 2005). En relación con el marco conceptual del Centro Europeo de Empresas e Innovación (CEEI), el tipo específico de innovación que aplica en el caso de la empresa estudiada es el de Innovación tecnológica como actividad de incorporación de tecnologías básicas existentes en el desarrollo de un nuevo producto o proceso.

3.2. Método de Diagnóstico para Pymes

Como se mencionó con anterioridad, mediante la Alianza estratégica Cámara de Comercio de Bogotá – Ventanilla Ambiental CAR (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca), con el Apoyo de la Agencia de Cooperación Alemana GTZ (actualmente GIZ), se realizó un proceso de asistencia técnica ambiental que evidenció el uso de distintas herramientas de análisis y diagnóstico (CAR, 2006) para empresas del sector ladrillero. De ellas se toma el modelo de ficha ambiental empresarial de la CAR puesto que presenta de manera sintetizada el diagnóstico general del proceso extractivo y productivo de las empresas ladrilleras.

3.3. Caracterización de las materias primas arcillosas y pétreas

Para un mejor aprovechamiento de materias primas minerales deben estudiarse sus características con el fin de desarrollar aplicaciones que permitan explotar sus propiedades. Un enfoque científico sobre el tema es necesario sin llegar a un examen exhaustivo a nivel de composición química, que sería poco práctico para la empresa. En consideración con los alcances de esta investigación que pretende ser aplicada, se trabaja con la delimitación del proceso de caracterización propuesto por el autor Eduardo A. Mari (1998). Al respecto Mari menciona que en todos los casos deben establecerse especificaciones lo más precisas posible sobre la calidad que permitan caracterizar la materia prima, en especial con respecto a:

- *Composición química*: componente principal e impurezas.
- *Composición mineralógica*: componente principal (porcentaje mínimo; otros componentes importantes e impurezas). En buena parte de los casos, la composición mineralógica suministra información más útil que la composición química global. Como parte del análisis se realiza una comparación de las muestras con parámetros teóricos para la clasificación y la composición de arcillas (Canillada Huerta, 2007).

- *Composición granulométrica*: mallas mínima y máxima, y distribución de tamaño de partículas.
- *Características fisicoquímicas de interés particular*.
- *Ensayos orientativos*: contracción lineal, color y aspecto del material calcinado

Estas pautas son seguidas para desarrollar las pruebas, los ensayos y los protocolos de caracterización de las materias primas identificadas en la mina de la empresa Las Canteras S.A.

4. MUESTRA

Dado que el estudio se centra en el reconocimiento de las propiedades de los materiales a procesar, el muestreo se enfocó en dos de las etapas iniciales del proceso: extracción y maduración. La primera etapa se desarrolla en la mina ubicada en los predios de la empresa, y la segunda en el área de almacenamiento donde el material extraído se fragmenta mecánicamente y luego se hidrata para facilitar su ablandamiento y mejorar así sus propiedades de trabajo para la siguiente etapa que es la molienda. Estas etapas son críticas para el estudio ya que se pueden determinar las propiedades de los mismos antes de su proceder a la mezcla y conformación. El muestreo se hizo en dos etapas:

Primera etapa (materias primas recolectadas directamente en la mina): se recogieron muestras de arcillas roja, gris y amarilla. Estas muestras se analizan posteriormente mediante comparación con parámetros teóricos para la clasificación y composición de arcillas.

Segunda etapa (materiales recolectados en los montículos de almacenamiento): durante tres semanas consecutivas en el mismo día de la semana, se recogieron muestras en cuatro puntos distintos de los montículos de almacenamiento. Estas muestras se analizan posteriormente mediante procedimientos de análisis físico (límite plástico, pérdida de masa, contracción de secado y contracción de cocción) y análisis granulométrico.

5. RESULTADOS

5.1. Análisis general del proceso extractivo y de producción

En figura 1 se pueden apreciar las distintas etapas del proceso extractivo y de producción utilizando, el esquema de entradas – procesos – salidas, siguiendo una secuencia lógica de operaciones. Primero, el conjunto de operaciones asociadas a la extracción de materias primas (procedimientos de extracción). Segundo, el conjunto de operaciones de refinamiento de materias primas para transformarlas en materiales (maduración, molienda, mezcla y humectación) y, tercero, el conjunto de operaciones asociadas a la transformación de los materiales (conformación por extrusión, secado y cocción).

5.2. Reconocimiento de las materias primas en la mina

En este proceso se pudo determinar que la exploración y extracción no se realizan de forma técnica teniendo en cuenta las características morfológicas e hidrogeológicas del depósito y del terreno sobre el cual se encuentra. No se cumple con los parámetros técnicos de explotación desde la cima del yacimiento, mediante la formación de terrazas, para favorecer la estabilidad del terreno y disminuir impacto de la excavación. Para orientar de manera más precisa la dirección que debe seguir la extracción se requería un estudio de horizontes que no que no forma parte de la investigación.

5.3. Análisis de composición

Luego del muestreo en el que se recogieron muestras de arcilla roja, arcilla gris, arcilla amarilla, se llevó a cabo el análisis de composición, que dio como resultado que de acuerdo con las características en crudo de estas arcillas se pudo establecer que son de tipo ferruginoso y que su coloración está dada por el óxido de hierro. En las arcillas de tonalidades grises el hierro se encuentra en su estado de oxidación Fe+2 (ferroso) y en las rojas está en grado de oxidación

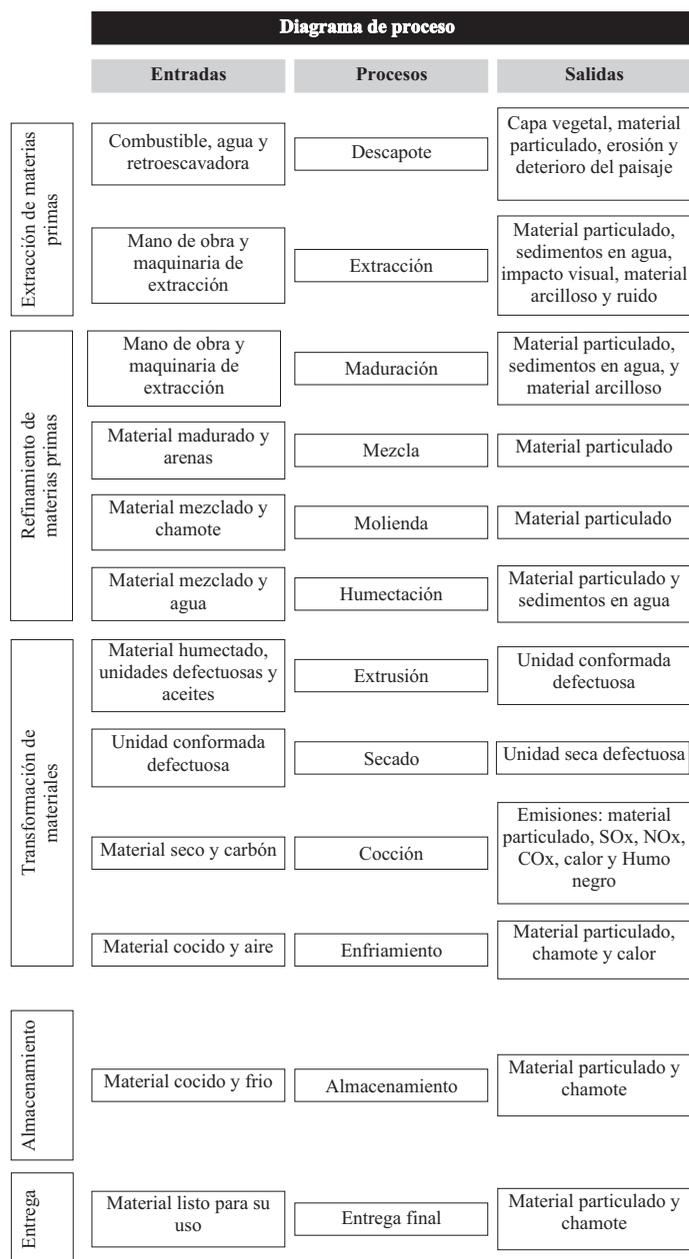


Figura 1. Diagnóstico inicial general del proceso a manera de diagrama de entradas – procesos – salidas según modelo de ficha ambiental empresarial de la CAR

Fe+3 (férrico). En las amarillas hay presencia de óxido de hierro hidratado. La arcilla roja contiene el óxido denominado hematita. Esta composición influye de manera significativa en el color final de cocción. Cabe aclarar que ninguna de estas arcillas se

encuentra en depósitos puros y que se extraen combinadas con limos y areniscas que se incluyen en la mezcla para conformar ladrillos y bloques.

5.4. Muestreo y análisis: segunda etapa

Materiales recolectados en los montículos de maduración y almacenamiento: el material extraído de la mina se lleva a un solo montículo que se ubica en una zona parcialmente cubierta, equivalente al depósito de materiales. En este punto del proceso se pudo establecer que el porcentaje de materiales arcillosos y pétreos en la materia prima es siempre variable debido a que la extracción se realiza de manera aleatoria sin verificar cuándo empieza a cambiar la composición de la mezcla extraída del yacimiento.

5.5. Preparación de las muestras para análisis en el laboratorio

Las muestras tomadas en los montículos de almacenamiento y maduración de materia prima se deben

adecuar para someterlas a los distintos análisis químicos y físicos, según los parámetros descritos en la norma LIM-026 de la Subdirección de Ensayos y Servicios Tecnológicos, Laboratorio de Minerales de Ingeominas. Estas muestras deben cumplir requisitos de tamaño y nivel de humedad al ser sometidas a las distintas pruebas (véase la figura 2).

Las muestras debidamente identificadas se extienden sobre plástico, se dejan secar a la sombra y a temperatura ambiente durante mínimo una semana.

5.6. Análisis físicos: prueba de clasificación granulométrica

Esta prueba sirve para determinar el porcentaje en peso de las partículas de diferentes tamaños que conforman el material. Para realizar esta prueba se hace uso de distintos tamices a través de los cuales debe pasar el material, se pesan las partículas que se obtienen en cada una de las mallas y se define el porcentaje con relación al peso seco total. Según el

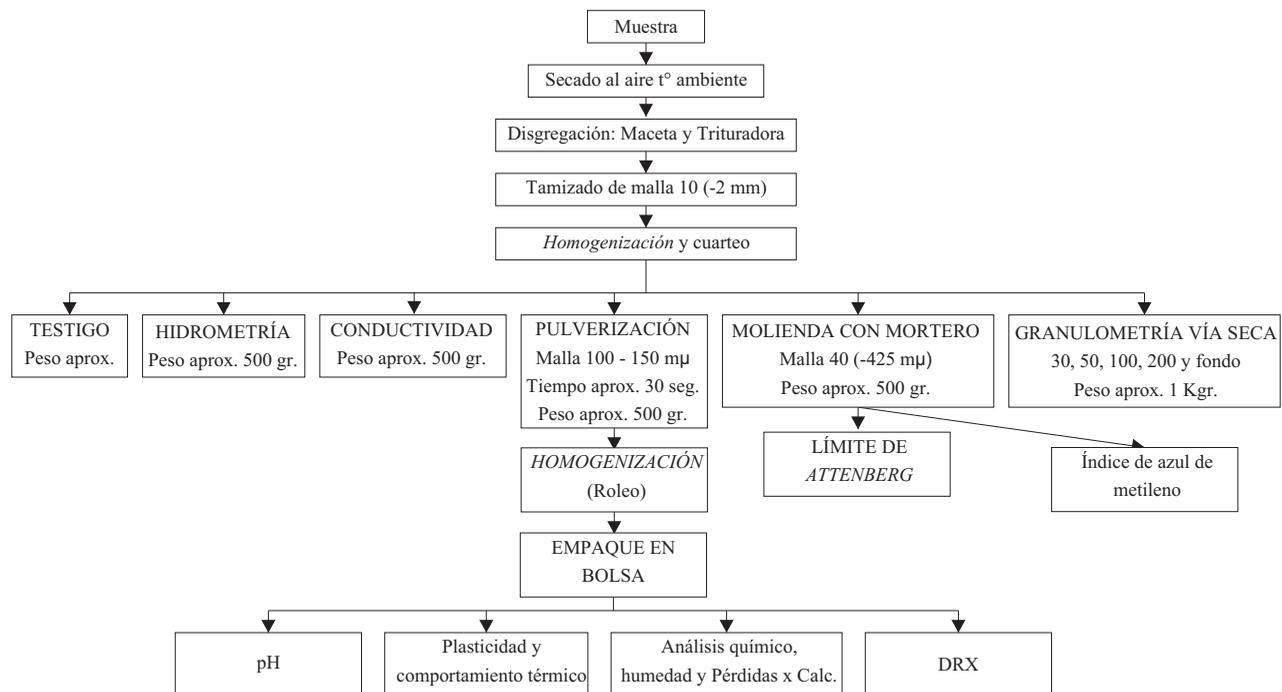


Figura 2. Diagrama de flujo de secuencia de preparación de muestras para realizar el análisis granulométrico.

tamaño de partícula que presenten y su grado de dureza las muestras se someten a disgregación por medio de maceta mortero o triturador hasta que pasen malla No. 10 (2 mm). Luego se someten a homogenización por roleo y cuarteo, se trituran para que pase por malla No.40 (425 μ m) y así se obtiene la muestra adecuada para las determinaciones de tamaño de partícula y la plasticidad por hidrómetro y límites de Atterberg y se guarda la muestra testigo. La muestra restante se pulveriza para que pase por malla No. 100 (150 μ m) y se somete a los análisis químicos y físicos. Para el análisis elemental por vía húmeda es necesario disolver estos minerales (la metodología seguida en Ingeominas está registrada en el documento LIM-026 de la Subdirección de Ensayos y Servicios Tecnológicos, Laboratorio de Minerales).

5.7. Preparación y evaluación de las pastas cerámicas

Se prepararon pastas cerámicas cuyos componentes fueron [A] Caolín, [B] mezcla malla 40 + malla 16 + Fondo, y [C] Feldespato. Estos fueron mezclados en diferentes proporciones. Todas las pastas cerámicas fueron preparadas, conformadas, secadas, sinterizadas y caracterizadas físicamente conforme se describe a continuación:

5.7.1. *Mezclado*: tras analizar los resultados del análisis granulométrico se determinó que el tamaño de grano más recurrente era el correspondiente a la malla 16. Con el fin de lograr una distribución de los tamaños de partículas que ayude a disminuir y controlar la porosidad de los productos y facilite el sinterizado en el horno, se determinó el grano correspondiente a la malla 40 como segundo ingrediente de la mezcla B. También se incluyeron en este componente partículas finas de la malla denominada fondo (partículas impalpables) con el fin de mejorar el comportamiento plástico de la mezcla. A continuación se agregó la cantidad de agua necesaria para el moldeo y se combinó la pasta mediante procedimientos manuales.

5.7.2. *Límite plástico*: la plasticidad es la propiedad de deformarse por acción de un esfuerzo y de mantener la forma conferida una vez retirada la fuerza actuante.

5.7.3. *Prueba de Atterberg*: medición de los límites máximo y mínimo del contenido de agua de la pasta entre los cuales se desarrolla la plasticidad. La fórmula que se utiliza en estos casos es la siguiente:

$$LP = \frac{M1-M2}{M2} \times 100 \quad (1)$$

LP: límite plástico. M1: peso masa húmeda. M2: peso masa seca

La mezcla preparada para el ensayo fue formulada con materiales previamente clasificados granulométricamente: (30%) Componente A : Caolín proveniente de la misma mina; (60%) Componente B: Material heterogéneo compuesto principalmente por arcillas, limos y arenas provenientes de la mina Malla 16; Malla 40, y (10%) componente C: Feldespato. Así según la fórmula 1:

$$LP = \frac{55-50}{55} \times 100 \quad (2)$$

Al hacer los ensayos con porcentajes entre 5% y 15% de agua de mezcla, se encontró que el material presentaba mejores propiedades de trabajo al mezclar agua en una cantidad equivalente al 12%.

5.7.4. *Conformado*: se elaboraron probetas macizas de las siguientes dimensiones: 100 mm x 50 mm x 25 mm para la determinación de la contracción lineal de secado y de cocción.

5.7.5. *Secado*: este proceso se llevó a cabo a temperatura ambiente en un rango de 12°C a 20°C en recinto cerrado y ventilado por 48 horas

5.7.6. *Cocción*: se llevó a cabo en el horno Hoffman® de la ladrillera Las Canteras S.A., donde la temperatura final de cocción fue de 850 °C con un tiempo de permanencia de ocho horas.

5.8. Contracción de secado y cocción

A partir de este ensayo se establecen los porcentajes de contracción del material durante la fase de secado y posterior a la cocción.

5.8.1. *Procedimiento*: sobre una probeta de arcilla de 10 x 50 x 20 mm se trazan dos diagonales y a partir del centro hallado por la intersección de estas líneas se trazan distancias de 50mm con el compás. Se dejan secar las probetas a temperatura ambiente hasta que estén listas para entrar al horno y en ese momento se vuelve a medir el trazo cuya medida inicial fue 100mm. Posteriormente, tras la finalización del proceso de cocción se vuelve a tomar la medida y se establece el porcentaje total de contracción lineal de la pasta.

Esta prueba se realizó en probetas mezclando los componentes en proporciones diferentes, obteniéndose cuatro resultados que se compararon entre sí: a) la contracción lineal durante secado al aire en recinto cubierto y cerrado con paso de aire a través de ventanas, estuvo en un rango del 2% al 2,4% para todas las probetas; b) la variación de tamaño o merma de cocción no fue significativa por efecto del cambio de proporciones en los componentes de la mezcla; y c) la variación de tamaño o merma de cocción estuvo por debajo del 1%.

5.8.2. *Color en crudo y en quema*: los minerales de hierro presentes naturalmente en la arcilla son los principales, mas no los únicos responsables del color en seco, el cual también se ve influido por el tamaño de grano y su distribución, así como por el estado de oxidación de las especies químicas presentes. En la mina de la ladrillera Las Canteras se identificaron arcillas grises y rojas principalmente, en arcillas de tonalidades grises el hierro se encuentra en su estado de oxidación Fe^{+2} (ferroso) y en las rojas está en grado de oxidación Fe^{+3} (férico).

El color de los ladrillos y bloques fabricados en la planta está dentro de la gama de terracotas-crema y terracotas-ocre. Las probetas sometidas a cocción en el horno Hoffman® se mantuvieron dentro de esa gama cromática. Ahora bien, para buscar variaciones de color se experimentó con recubrimiento de una cara del bloque con materiales de grano más grueso o chamote con caolín obteniéndose en el primer caso texturas con tonalidades marrón y en el segundo caso texturas con tonalidades crema claro. El color superficial suele ser diferente del de la parte interior pues las superficies están sometidas a diferentes reacciones según sea mayor o menor la acción oxidante o reductora de la atmósfera del horno. Se tuvo en cuenta además que la alimentación del horno en la empresa Las Canteras se realiza con carbón.

6. DISCUSIÓN

Para interpretar los resultados anteriormente descritos, es importante hacerlo a la luz de los conceptos de desarrollo e innovación, etapas a seguir en el esquema I+D+i. Esto implica incorporar estos datos al desarrollo de nuevas aplicaciones de los materiales caracterizados en una empresa ladrillera de bajo nivel tecnológico del parque Industrial y Minero El Mochuelo: la ladrillera Las Canteras. S.A. para fortalecer su capacidad de innovación. En este orden de ideas, a continuación se enunciará una serie de parámetros o recomendaciones de índole técnica que permitan transferir el conocimiento relativo a la composición y las propiedades de los recursos procesados a nuevas aplicaciones de los mismos. En este sentido, se ha de tener en cuenta que dichas aplicaciones deben estar en sintonía con la capacidad instalada de la empresa ya que dentro de los alcances de la investigación no está la reconversión tecnológica de la misma, mas sí la implementación de procesos que puedan ser complementarios a los ya existentes. A continuación se presenta el listado de recomendaciones generado, el cual se aplicará en la fase de innovación para la construcción de prototipos y muestras de productos.

6.1. Desarrollo (Recomendaciones para la elaboración de prototipos de nuevos productos)

6.1.1. *Mezcla*: a) El Fe_2O_3 presente en las arcillas rojas facilita la absorción de agua (Parras, 2001), por lo tanto ayudará a darle homogeneidad a la mezcla. b) La relación granulométrica de los componentes en seco debe estar distribuida entre malla 40, 16 y fondo para el material heterogéneo que contiene cantidades variables de arcilla roja, amarilla, gris, y roca arenisca. c) El componente «caolín», el cual se identificó como una mezcla de rocas areniscas y caolín, debe usarse en una granulometría cercana a la malla 40. La pasta conformada con las granulometrías descritas anteriormente, presentará mejores propiedades de trabajo si se mezcla el agua en una cantidad equivalente al 12% de la mezcla total.

6.1.2. *Conformado*: debido a que se detectó baja plasticidad de la mezcla pese a la inclusión de materiales en tamaño de grano impalpable, se recomienda conformar estas pastas por procesos de prensado.

6.1.3. *Secado*: si se aplican procedimientos de conformación por prensado, la cantidad de agua de mezcla requerida estará por el orden del 12%. Esto conllevará a un porcentaje de contracción de secado cercano al 5,3% y contribuirá a disminuir tensiones internas en el material durante esta etapa. El secado debe llevarse a cabo preferiblemente en recintos bien ventilados sin exposición directa al sol.

6.1.4. *Cocción en horno Hoffmann®* (observaciones para temperatura max. de 850°C):

- a) La presencia de alúmina en la arcilla roja favorece la formación de fases cristalinas durante el proceso de sinterizado en el horno, por lo tanto es un material clave para otorgarle buena resistencia mecánica al material.
- b) A mayor presencia de arcilla roja en la mezcla más se intensificará la tonalidad rojiza del producto cocido. Para controlar este factor se debería establecer un porcentaje específico de arcilla roja

- por lote de producción.
- c) Para facilitar el control del color superficial en una de las caras del bloque se puede recubrir la superficie con una mezcla en seco que contenga arcilla roja.
- d) Para obtener tonalidades de color marrón se puede recubrir la superficie con una mezcla en seco que contenga chamote de ladrillo.
- e) Para obtener tonalidades de color crema se puede recubrir la superficie con una mezcla en seco que contenga chamote de caolín.
- f) Para texturizar la superficie se puede recubrir la superficie con materiales de grano más grueso de cualquier tipo de chamote.
- g) Para texturas más lisas no se deben incluir en la mezcla materiales más gruesos que la malla 16, pero debe incluirse tamaño de partícula impalpable (fondo).

Siguiendo estas pautas se desarrollaron los siguientes prototipos:

- a) Bloques a escala texturizados en una de sus caras (véase la figura 3).
- b) Baldosas prensadas con altos y bajos relieves sin recubrimiento (véase la figura 4)
- c) Apliques de pared prensados con altos y bajos relieves sin recubrimientos (véase la figura 5)
- d) Apliques de pared con altos y bajos relieves con recubrimiento esmaltado.
- e) Baldosa Colada esmaltada (véase la figura 6)¹



Figura 3. Bloques a escala texturizados en una de sus caras.

1. Esta muestra se hizo a solicitud de la empresa para comprobar la viabilidad de preparar mezclas tipo *barbotina* con el caolín procedente de su mina.

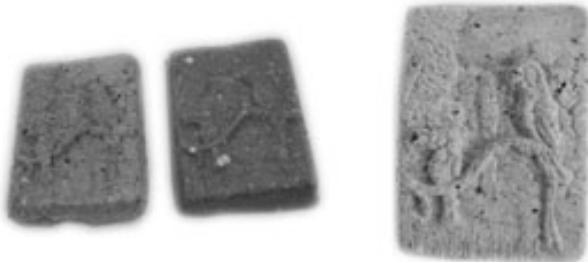


Figura 4. Baldosas prensadas sin recubrimiento



Figura 5. Apliques de pared sin recubrimiento



Figura 6. Baldosa prensada y baldosa colada esmaltada

6.2. Innovación

Como se había planteado desde el inicio, para garantizar el cumplimiento de los objetivos trazados en términos de mejoramiento de la competitividad se deben alinear el conocimiento de los materiales, la tecnología y los procesos. En este sentido, con la elaboración de las muestras y los prototipos se pudo demostrar que en empresas de bajo nivel tecnológico se pueden desarrollar nuevas aplicaciones de las materias primas procesadas sin realizar un proceso de reconversión tecnológica, el cual se puede planificar como una meta a mediano plazo.

Al traducir los resultados del estudio de caracterización de materiales a una serie de recomendaciones para desarrollar nuevas aplicaciones, se logra una apropiación inmediata de estos conocimientos puesto que se presentan de manera completamente práctica,

estableciéndose así una ruta para canalizar procesos de investigación aplicada.

Los resultados de esta investigación, demostrados a través de productos tangibles, permiten a las empresas de bajo nivel tecnológico reconocer su enorme potencial y percibir la importancia de vincularse a procesos investigativos en pro de fortalecer su capacidad de innovación y mejorar progresivamente su competitividad.

En consecuencia, se logra comprobar la hipótesis inicial en cuanto a que la capacidad de innovación en una ladrillera de bajo nivel tecnológico se fortalece al disminuir el grado de incertidumbre en la aplicación y el procesamiento de los recursos minerales arcillosos y pétreos. Esto se da a partir de la incorporación del conocimiento en la empresa a través de la investigación aplicada y el modelo I+D+i.

Varias posibilidades de continuar este estudio se vislumbran al culminar el proceso, entre ellas el desarrollo de formulaciones aplicables a otros procesos de conformación mediante el enriquecimiento de la formulación, el desarrollo de aplicaciones que involucren también materiales residuales de producción, la optimización del proceso extractivo y productivo así como del consumo energético para la mejora del desempeño ambiental de la empresa, entre otros.

El trabajo de campo también permitió detectar la pertinencia de estudios asociados a la ergonomía en el trabajo, ya que las malas prácticas en este sentido son bastante recurrentes. También se identificó un potencial importante en términos de proyectos de innovación social ya que estas empresas impactan comunidades vulnerables con altos índices de pobreza que encuentran su sustento en oficios asociados a la producción del ladrillo.

7. CONCLUSIONES

Este trabajo permite observar la conexión entre la investigación aplicada y el modelo I+D+i en Pymes

de bajo nivel tecnológico. Mediante este estudio se comprobó no solamente la pertinencia de los estudios de caracterización de materiales en pequeñas empresas ladrilleras, sino el interés por parte de éstas en conocer más a fondo los materiales de origen arcilloso y pétreo que procesan para desarrollar mejores procesos y productos. No obstante el interés que despertó el estudio, la continuidad a mediano y largo plazo de estos procesos enmarcados en la creación de un área de investigación y desarrollo en la empresa no resulta muy atractiva por considerarse que generaría altos costos.

Por otra parte, la investigación permitió demostrar que este conocimiento aplicado impulsa el desarrollo de nuevos productos, puesto que al enunciar y evidenciar propiedades de los materiales antes desconocidas produce un ambiente propicio para la creatividad y el desarrollo de nuevas ideas. En la empresa Las Canteras S.A. por ejemplo, el descubrir que tenían en su mina una materia prima con contenido de caolín motivó la exploración de otro tipo de posibilidades productivas asociadas la generación de barbotinas y procesos de moldeo no existentes en su empresa. De ahí la solicitud de hacer la prueba de baldosas coladas y esmaltadas. La tarea en este sentido estaría orientada a proporcionar herramientas a estas empresas para que estos procesos de innovación no se conviertan en impulsos momentáneos sino que se consoliden como prácticas habituales.

REFERENCIAS

- CANILLADA HUERTA, A. (2007). *Cerámica: origen, evolución y técnicas. Castellón de la plana*. España: Universitat Jaume I.
- CAR (2016). Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. Tomado de:
<http://www.car.gov.co/PGAR%20/DIAGNOSTICO.pdf>
- CEEI (2007). *Manual de innovación. Guía práctica de gestión de la I+D+i para Pymes*. Ciudad Real, Centro Europeo de empresas e innovación. España. Tomado de:
<http://www.ceeicr.es>
- CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL (2006). *Documento CONPES 3439, Institucionalidad y Principios Rectores de Política para la Competitividad y Productividad*. República de Colombia. Departamento Nacional de Planeación.
- MARI, Eduardo A. (1998). *Los materiales cerámicos: Un enfoque unificador sobre las cerámicas tradicionales y avanzadas, los vidrios, los cementos, los refractarios y otros materiales inorgánicos no metálicos*. Buenos Aires: Editorial Alsina
- PARRAS, J. (2001). *Alteración de pizarras: mineralogía, propiedades y aplicaciones en la industria cerámica*. Ciudad Real, España: Universidad de castilla-la mancha.