

Características de hornos para productos cerámicos del Parque Minero Industrial El Mochuelo, localidad 19 de Bogotá, D.C.

Characteristics of kilns for pottery products at the industrial mining park “El Mochuelo” of the locality 19 in Bogota D.C.

ÓSCAR A. RIOJAS CASTILLO

Ingeniero mecánico y tecnólogo mecánico, Universidad Distrital Francisco José de Caldas
oscarriojas@hotmail.com

NELSON EDUARDO RODRÍGUEZ MONTAÑA

Ingeniero industrial, especialista en Ingeniería de Producción, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, magíster en Investigación de Operaciones y Estadística, Universidad Tecnológica de Pereira. Profesor de tiempo completo de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, adscrito a la Facultad Tecnológica. Coordinador de la Unidad de Investigación de la misma Facultad
nerodriguezm@udistrital.edu.co

Fecha de recepción: abril 16 de 2004.

Clasificación del artículo: Investigación.
Fecha de aceptación: junio 30 de 2004

Palabras clave: ladrilleras, hornos, cocción.

Key words: brick industries, kilns, boiling.

RESUMEN

La cocción de productos cerámicos es una operación crítica del proceso productivo de las industrias ladrilleras. En el presente artículo se realiza una caracterización de los hornos de cocción utilizados en el Parque Minero Industrial El Mochuelo de la Localidad 19 de Bogotá, D.C. El documento comprende la descripción técnica de cada tipo de horno y su principio de funcionamiento, incluyendo plano esquemático, realizando énfasis en el horno Hoffman por su capacidad de producción; también se presenta el inventario actual de hornos en la zona. Los resultados obtenidos se asocian con el desarrollo del proyecto de investigación denominado “Identificación y caracterización de los residuos sólidos industriales generados en la Localidad 19 de Bogotá, D.C. y diseño de propuestas de gestión”.

ABSTRACT

The boiling of pottery products is a critical action of the productive process of the brick industries. In this article, a characterization of the boiling kilns used in the Industrial Mining Park “El Mochuelo” of the Locality 19 of Bogotá, D.C. is carried out. The document includes the technical description of every type of kiln and its functioning principles, including the schematic diagram; a special emphasis is made in the Hoffman Kiln due to its production capacity, additionally, the current inventory of kilns in the area is presented. The results obtained are associated with the development of the research project called “Identification and characterization of the industrial solid wastes generated at Locality 19 of Bogotá, D.C. and Design of Management Proposals”.

1. Introducción

Los hornos son productos tecnológicos en los cuales se realizan transformaciones de materias primas empleando energía térmica, para obtener un producto final. En el caso analizado se utiliza la energía generada por la combustión de carbón; las transformaciones que sufre la arcilla se deben a la transferencia de calor por

convección forzada y radiación, utilizando para ello gases calientes producto de la combustión.

El proceso de producción de materiales cerámicos se compone básicamente de las siguientes etapas: extracción de la materia prima, trituración, humectación, compactación, extrusión, corte, secado, cocción y apilado. Se trata entonces de un proceso en el cual se manejan tres unidades estratégicas de negocio: la explotación minera, la transformación de la arcilla y la comercialización del producto terminado.

Una de las últimas y definitivas etapas de proceso es la cocción, llevada a cabo en los hornos. Para su ejecución, el horno pasa por tres etapas: precalentamiento, quema y enfriamiento; ellas deben controlarse en forma estricta, con el objeto de obtener productos con una mínima proporción defectuosa que se convierte en *chamote*¹ y reducir el impacto ambiental, todo con el máximo rendimiento posible y el mínimo consumo de combustible. De esta forma, el proceso de cocción se considera crítico, ya que en este punto puede perderse el material en proceso; además, es allí donde se genera la mayor cantidad de residuos y emisiones atmosféricas.

El nivel tecnológico de las ladrilleras se define básicamente por el tipo de horno empleado: los chircales utilizan hornos locos, de baúl o colmena; las empresas pequeñas cuentan con varios hornos colmena, y las medianas cuentan con hornos continuos tipo Hoffman (Car y Cinset, 2000). Los siguientes son resultados parciales obtenidos de la ejecución del proyecto “Identificación y caracterización de los residuos sólidos industriales generados en la Localidad 19 de Bogotá, y diseño de propuestas de gestión”³. En este documento se pretendió caracterizar los hornos más utilizados en el Parque Minero Industrial El Mochuelo, elaborar su descripción técnica, principios de funcionamiento, presentar planos esquemáticos e imágenes a escala real de cada uno de ellos, valorar la magnitud de su impacto ambiental y exponer el inventario actual de hornos en la zona.

2. Clasificación de las industrias ladrilleras de la localidad 19

De acuerdo con su nivel tecnológico y su capacidad de producción las industrias ladrilleras se han clasificado en chircales, ladrilleras pequeñas, medianas y grandes, como se observa en la tabla 1.

Atendiendo a los criterios así definidos, la clasificación de la industria ladrillera de la Localidad 19 se presenta en la tabla 2. (véase página siguiente)

3. Proceso de cocción

En esta etapa del proceso de fabricación de ladrillos se confieren al producto las propiedades físicas deseadas: re-

Tabla 1. Criterios de clasificación de la industria ladrillera

Características				
Industria	Moldeo	Secado	Cocción	Producción
Chircal artesanal	Manual o por extrusora sin vacío (galletera)	Natural	Hornos de fuego dormido, hornos árabes	< 110 ton/mes
Chircal mecanizado	Extrusora sin vacío (galletera)	Natural	Hornos de colmena o de llama invertida (menos de 3 hornos)	110 - 250 ton/mes
Ladrilleras pequeñas	Extrusora sin vacío	Natural	Hornos de llama invertida (3 - 10 hornos)	250 - 1.000 ton/mes
Ladrilleras medianas	Extrusora sin vacío	Natural o artificial	Horno continuo Hoffman o más de 10 de llama invertida	1.000 - 3.000 ton/mes
Ladrilleras grandes	Extrusora sin vacío	Artificial	Horno de túnel, horno de rodillo, Hoffman	> 3.000 ton/mes

Fuente: ACERCAR, Industrias cerámicas.

sistencia mecánica, porosidad, permeabilidad y color; además, puede evaluarse si las etapas precedentes (preparación, moldeo y secado) se han realizado de forma adecuada. El proceso de cocción es irreversible; inconvenientes en el secado perjudican de entrada el producto por cocinar.

Las operaciones que comprenden la cocción son:

3.1 Endague

Consiste en el transporte del material seco al horno y su ubicación en el hogar del mismo; la distribución interna del material debe efectuarse teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Tipo de producto (hueco o macizo)
- Puntos de concentración de altas temperaturas dentro del horno
- Facilidad de manipulación

¹ Residuo sólido del proceso productivo.

³ Proyecto de investigación financiado por el Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico (CIDC), Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Tabla 2. Clasificación de las industrias ladrilleras de la Localidad 19 de Bogotá, D.C.

Nº	MEDIANAS EMPRESAS	PEQUEÑAS EMPRESAS	CHIRCAL MECANIZADO	CHIRCAL ARTESANAL
1	Ladrillera Ceragres	Ladrillera El Castillo	Ladrillera Luisbor	Ladrillera Puerto Rico
2	Ladrillera Colcerama	Ladrillera Contreras	Caolines Merchán	Ladrillera El Parque
3	Ladrillera Los Cristales	Ladrillera Arcegres	Ladrillera San Marcos	Ladrillera El Paraíso
4	Ladrillera Duisar	Ladrillera Las Manas	Ladrillera Barú	Ladrillera Sierra
5	Ladrillera Ladrillos Sur	Ladrillera Morelias	Caolines San Joaquín	Ladrillera Serranía
6	Ladrillera Los Mochuelos	Ladrillera Ochoa		Ladrillera El Cóndor
7	Ladrillera Las Tapias	Ladrillera Las Canteras		
8	Ladrillera Sologres	Ladrillera Villa Julia		
9	Ladrillera La Estrella	Ladrillera Granito de Oro		
10	Ladrillera Acegres	Ladrillera Queramit		
11	Ladrillera Furatena			

Fuente: autores

- Espacio entre productos, que permita una adecuada circulación de gases entre ellos
- Posición del producto: tapado de las caras visibles del producto para evitar manchas
- Ubicación general del producto, para permitir el descenso del combustible utilizado.

3.2 Pre calentamiento

Consiste en aumentar en forma gradual la temperatura del horno en la zona con material endagado, la cual es previamente sellada o empapelada. La finalidad de esta operación es evacuar totalmente la humedad y materia orgánica presente en la masa de producto endagado.

3.3 Quema

Consiste en llevar al horno a la temperatura de quema (máxima temperatura), que se encuentra por encima de los 900°C, sostenida aproximadamente durante una hora. En este punto ocurren transformaciones físicoquímicas, que confieren al producto propiedades finales y definitivas.

3.4 Enfriamiento

Es la disminución de la temperatura en el horno, ocasionada por la no alimentación de carbón. Este proceso se

realiza con el ingreso del aire por las puertas del horno y por las toberas, siempre y cuando se eviten choques térmicos que puedan deteriorar el producto.

3.5 Desendague o deshorne

Consiste en retirar el producto cocido y enfriado, y llevarlo a la zona de almacenamiento y despacho.

4. Caracterización de los hornos

4.1 Horno Hoffman

Deriva su nombre de su inventor, Hoffman y Litch, en 1850, quien originalmente lo diseñó basado en la recuperación del calor en un formato curvo y recto (Rodhes, 1987). Con la era de la industrialización se aumenta la producción, y la cerámica se transforma en industria, con un alto énfasis en los productos para la construcción. De ser estructuras productivas, los hornos ladrilleros pasaron a modelos que incorporan el tiro cruzado, en el cual el largo recorrido de las llamas asegura la máxima transferencia de calor y la mínima temperatura de chimenea, además de una mejor distribución del calor. Este principio es aprovechado en el diseño de los hornos Hoffman; así, su principio fundamental puede describirse como el desplazamiento de una zona de fuego de alta temperatura a lo largo del horno, utilizando el caudal de gases que aspira un ventilador de humos (tiro inducido). La temperatura de la zona se mantiene mediante la alimentación continua

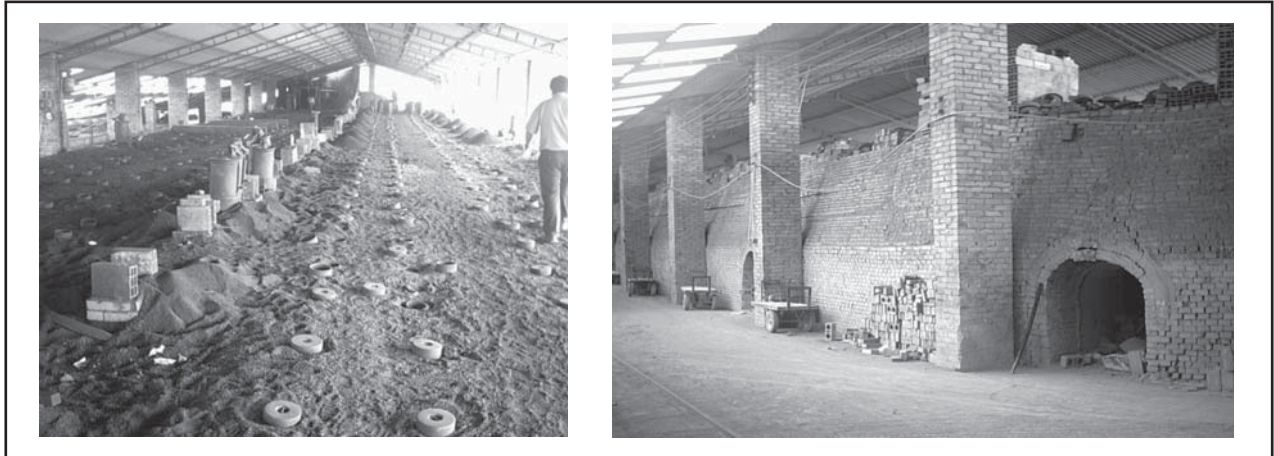


Figura 1. Vistas superior y lateral horno Hoffman

Fuente: Autores.

de carbón triturado, que es suministrado por tarros alimentadores situados en el techo del horno a razón de tres golpes por minuto.

El avance del fuego sigue el sentido de las manecillas del reloj y se lleva a cabo a través de las cámaras del horno. Obedece a la aspiración ejercida por el ventilador de humos, conectado por un canal a las válvulas de tiraje que se encuentran en cada una de las cámaras, permitiendo de esta manera que los gases calientes que se desprenden de la zona de fuego pasen por los espacios de endague y calienten los productos de una manera gradual. El mayor o menor avance de los gases calientes se regula mediante la válvula de tiraje y controlando la empapelada en el endague.

El proceso de cocción (quema) se desarrolla de manera gradual; una vez los productos han sido precalentados en una fase anterior, es necesario desplazar la zona de fuego

trasladando los tarros una línea en la dirección del flujo de gases, de tal manera que se permita alimentar con combustible zonas de menor temperatura, logrando así el incremento de la misma.

El desplazamiento de los tarros alimentadores va dejando toberas vacías en los lugares en los cuales el producto ya ha llegado a la temperatura de quema; al no tener alimentación de combustible comienza a presentarse un descenso de temperatura denominado enfriamiento, en el cual interviene el aire como factor predominante.

El aire está presente en todas las etapas de cocción; su entrada al horno ocurre por la parte trasera del sentido de avance de la zona de fuego y es aspirado a través de las válvulas ubicadas en cada una de las cámaras. El aire que ingresa baja la temperatura del material en la zona de enfriamiento, apoya la combustión en la zona de quema y precalienta el material en la zona de precalentamiento.

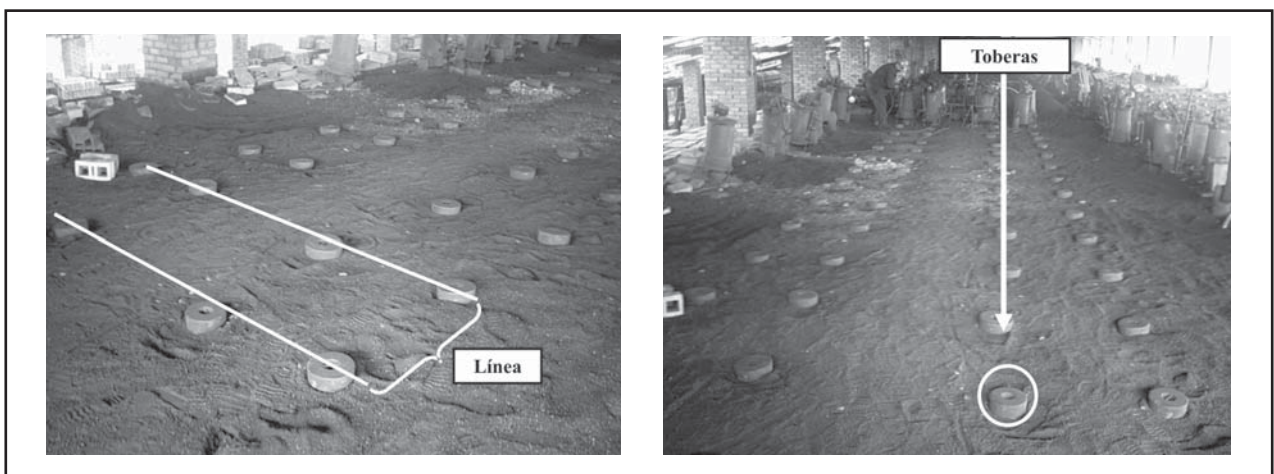


Figura 2. Líneas y toberas en el horno Hoffman

Fuente: autores

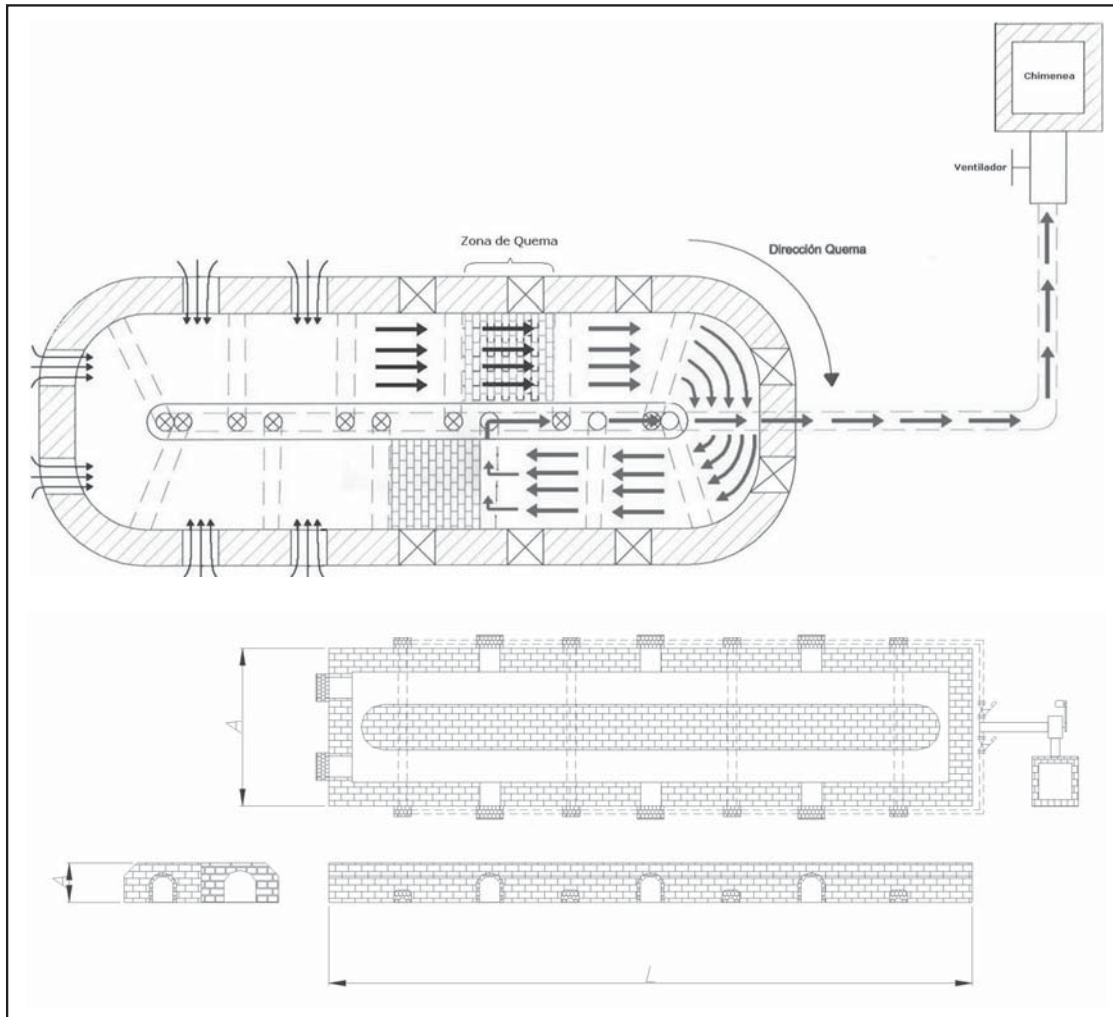


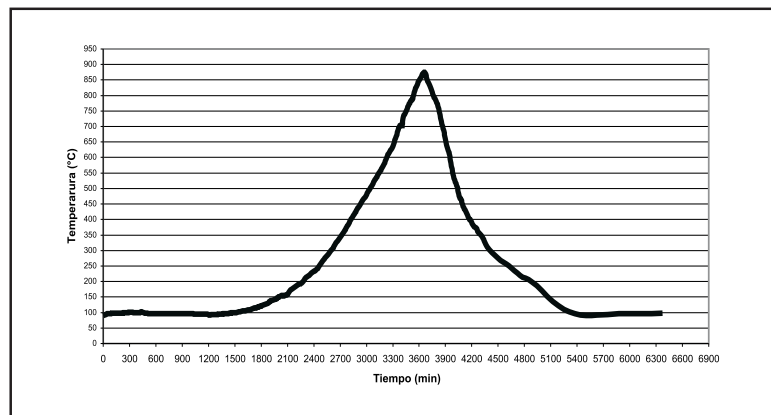
Figura 3. Diagrama de flujo y circulación del aire en el horno Hoffman

Fuente: Autores.

El grupo de investigación propuso una curva o perfil de temperatura para el horno Hoffman de la Ladrillera Las Tapias, el cual permite la cocción de 3.250 toneladas/mes con el régimen de uso que se sugiere aplicar (Rodríguez & Huertas, 2003).

Figura 6. Curva de cocción de temperaturas vs. tiempo en el horno Hoffman

Fuente: autores



La dinámica de operación del horno Hoffman se establece al ritmo de la velocidad de quema, es decir, deshorne y endague deben avanzar sincronizados por el avance de la quema, medida en número de líneas/día, considerando el día dividido en dos turnos de 12 horas cada uno, dada la necesaria continuidad del proceso.

Tabla 3. Características técnicas de los hornos semicontinuos Hoffman

Característica	Comentario
Capacidad total de producción	540.000 unid / mes de bloque # 5, equivalentes a 2.700 toneladas/mes
Aplicación	Generalmente bloques y productos huecos, baja eficiencia para productos macizos
Tipo de combustible	Carbón natural (preferiblemente pulverizado)
Consumo de carbón	100 toneladas/mes
Dimensiones promedio	50*12*2.8 m.
Potencia y r.p.m. del ventilador	36 HP, 1.700 r.p.m.
Tiempo de cocción ⁵	110 horas
Impacto ambiental	Medio

Fuente: Autores.

4.2 Horno colmena de llama invertida

Este tipo de horno representa el 52% del total de hornos del Parque Minero Industrial El Mochuelo, aunque su forma de trabajo no es continua. Tiene la particularidad de funcionar con tiro natural, es decir, el aire de exceso es impulsado de forma natural (no por un ventilador), por diferencia de alturas, entre el lecho del horno y la chimenea. La alimentación se realiza por bocas laterales (útiles). Sus paredes son de aproximadamente 1 m ± 0,1 m de espesor; además, en su diseño se emplean puertas laterales para horne (endague) y deshorne (descarga) (véase figura 7).

La alimentación del horno se realiza de forma manual o mecánica; cuando el procedimiento es manual, por los útiles se alimenta carbón de forma tradicional; cuando el procedimiento es mecánico, este trabajo es realizado por unos diseños mecánicos denominados stokers (motor ensamblado a un tornillo sin fin que traslada el carbón triturado), que

⁵ Este tiempo varía de acuerdo con el grado de tecnificación del horno y la alimentación de carbón.



Figura 7. Horno colmena de llama invertida

Fuente: Autores

desplazan el carbón a unos aspersores internos. Dado que el carbón es triturado e inyectado, su eficiencia es más alta y su contaminación menor; asimismo, su manejo y control son menos complejos que en el horno Hoffman.

El principio de funcionamiento del horno se basa en la diferencia de presiones producido por la diferencia de alturas entre horno y chimenea; al generarse la combustión, la llama golpea con la parte superior semiesférica del horno e invierte su sentido (de ahí su nombre de llama invertida), generando una turbulencia en forma de ciclón que expulsa los gases producidos en la combustión por la chimenea. Cabe anotar además que, en este horno, los residuos de quemado y el carbón no tienen contacto con la materia prima dado que, en las cámaras de combustión, los útiles los recogen y acumulan.

Las siguientes son las características técnicas de este tipo de hornos:

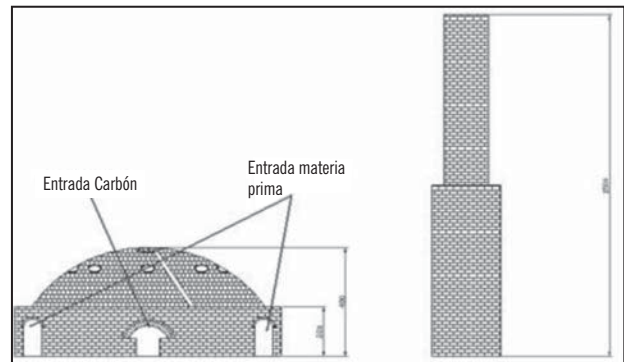


Figura 8. Plano esquemático de los hornos colmena de llama invertida

Fuente: Autores

Tabla 4. Características técnicas de los hornos colmena de llama invertida

Característica	Comentario
Capacidad total de producción	55.000 unid / quemada de ladrillo tolete, lo que equivale a 165 toneladas/quema
Aplicación	Adoquines, rejillas, toletes, tubos, etc.; no es muy rentable para bloques
Tipo de combustible	Carbón natural (preferiblemente pulverizado)
Consumo de carbón	12 toneladas/quema
Dimensiones promedio	Diámetro 9 x 4,8 metros
Potencia y r.p.m. del ventilador	Se produce por tiro natural de la chimenea de 15 metros de altura
Tiempo de cocción ⁶	72 horas
Impacto ambiental	Bajo

Fuente: autores

4.3 Horno baúl

Representa el 12,5 % del total de hornos del Parque Minero Industrial El Mochuelo. El principio de funcionamiento de este tipo de horno es idéntico al del tipo colmena; la diferencia entre ellos se encuentra en su forma: este horno tiene una forma rectangular, como un baúl (Véase figura 9). En este caso, la alimentación del equipo se realiza por los alimentadores laterales, los cuales generalmente son manuales.

Las siguientes son las características técnicas del horno:



Figura 9. Horno baúl

Fuente: Autores.

⁶ Este tiempo varía de acuerdo con el grado de tecnificación del horno y la alimentación de carbón

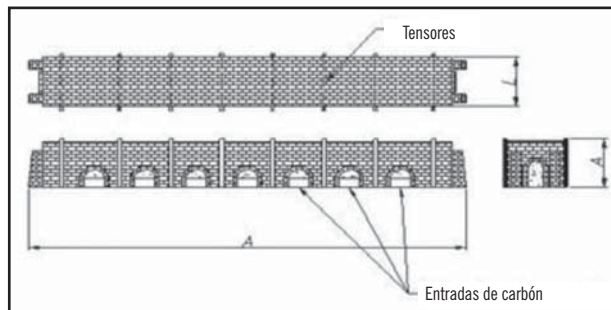


Figura 10. Plano esquemático de los hornos baúl

Fuente: Autores.

Tabla 5. Características técnicas de los hornos baúl

Característica	Comentario
Capacidad total de producción	35000 piezas de (2), 25.000 de (1), lo que equivale en promedio 90 tons/quema
Aplicación	Adoquines, rejillas, toletes, tubos...; no es muy rentable para bloques
Tipo de combustible	Carbón natural (preferiblemente pulverizado)
Consumo de carbón	35 a 28 tns/quema
Dimensiones promedio	21 * 2.8 * 2.7 m
Potencia y r.p.m. del ventilador	Se produce por tiro natural de la chimenea de ± 12 m de altura
Tiempo de cocción ⁷	90 horas
Impacto ambiental	Medio

Fuente: Autores.

4.4 Horno árabe o loco

Es un tipo de horno también bastante utilizado en este sector industrial, especialmente por sus bajos costos de fabricación y su sencilla forma de funcionamiento; no obstante, genera efectos ambientales negativos, dado que no tiene chimenea y los humos de la combustión salen por todas partes; la alimentación de carbón se realiza por la parte superior del horno, sin ningún control de granulometría (tamaño del carbón), convirtiéndolo de esta manera en un horno que puede considerarse ineficiente; además, una vez culmina la fase de la cocción, los operarios deben subirse en la parte superior para la descarga del producto terminado; allí el calor por radiación es bastante alto. Por esta situación, además de ineficiente y contaminante, el horno árabe se convierte en un equipo muy inseguro para los operarios. Por todos sus aspectos negativos, las autoridades ambientales exigen acabar con el uso de este tipo de hornos en la zona.

⁷ Este tiempo varía de acuerdo con el grado de tecnificación del horno y la alimentación de carbón



Figura 11. Horno árabe o loco

Fuente: Autores.

Las siguientes son las características técnicas de este tipo de hornos.

Tabla 6. Características técnicas horno árabe

Característica	Comentario
Capacidad total de producción	Dependiente de las dimensiones del horno
Aplicación	Ladrillo tolete
Tipo de combustible	Carbón natural (en estado de entrega)
Consumo de carbón	Dependiente de las dimensiones del horno
Dimensiones promedio	Según constructor
Potencia y r.p.m. del ventilador	Se produce por tiro natural sin chimenea
Tiempo de cocción ⁸	120 horas
Impacto ambiental	Alto

Fuente: Autores.

5. Clasificación de hornos empleados en el Parque Minero Industrial El Mochuelo

La recopilación de información directamente en el Parque Minero Industrial El Mochuelo permite consolidar el uso de los hornos en la forma que se presenta en la tabla 7.

Tabla 7. Distribución de hornos en el Parque Minero Industrial El Mochuelo

Tipo de Horno	No. de hornos en la Localidad 19	Distribución porcentual por tipo de horno
Hoffman	7	14,5
Colmena	25	52,0
Árabe o loco	10	21,0
Baúl	6	12,5
Total	48	100,0

Fuente: Autores y Anafalco.

⁸ Este tiempo varía con el grado de tecnificación del horno y la alimentación de carbón.

6. Conclusiones

- La investigación de campo realizada ha permitido identificar las características de los hornos de cocción de productos cerámicos del Parque Minero Industrial El Mochuelo, determinándose su capacidad de producción, tiempo de cocción, valoración de impacto ambiental y posibles aplicaciones para la fabricación de productos finales específicos.
- El inventario de hornos de la zona estudiada señala que el 52% de ellos son de tipo colmena, el 21% son árabes o locos, un 14,5 % son de tipo Hoffman, y el 12,5 % son tipo baúl.
- Por sus efectos ambientales negativos, la ineficiencia de la operación de cocción de productos cerámicos y las condiciones de inseguridad generadas para el trabajo de sus operarios, las autoridades ambientales han diseñado estrategias para destruir los hornos árabes (locos), en proceso de ejecución.

Referencias bibliográficas

- [1] ANAFALCO, Documentos varios.
- [2] ASOCIACIÓN NACIONAL DE FABRICANTES DE LADRILLO Y DERIVADOS DE LA ARCILLA ANFALIT (2003), Publicación Terracota No. 35.
- [3] CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL, CAR, CENTRO DE INVESTIGACIÓN SOCIOECONÓMICA Y TECNOLÓGICA CINSET (2000), Programa de Sensibilización sanitario ambiental para la Pyme del área de jurisdicción de la CAR, *Guía Ambiental Pequeñas Ladrilleras*, Bogotá.
- [4] ECOCARBÓN LTDA. (1998). *Hornos ladrilleros a carbón*. Medellín, Ed. Universidad Pontificia Bolivariana.
- [5] ECOCARBÓN LTDA. (1997). *Manejo eficiente del carbón en instalaciones de combustión a carbón*. Santafé de Bogotá,
- [6] FACINCANI, Ezio. (1993), *Tecnología cerámica: los ladrillos*. Faenza Ed. Ibérica, 263 pp.
- [7] MON FAIRES, V. *Termodinámica*. Ciudad de La Habana, Ed. Pueblo Libre.
- [8] REVERTÉ, P. (1979) La industria ladrillera: Modelo manual y mecánico de los ladrillos, secaderos y hornos modernos, 3a, Ed., Buenos Aires, ed, Reverté
- [9] RHODES, D. (1987). Hornos para ceramistas. Barcelona, Ed. CEAC
- [10] RODRÍGUEZ, N., HUERTAS, I. (2004). "Identificación y caracterización de residuos sólidos industriales de la Localidad 19 de Bogotá, D.C". y "Diseño de propuestas de gestión, estudio de caso ladrilleras". Tesis de maestría en Investigación de operaciones y estadística, Universidad Tecnológica de Pereira.