

**Ministerio de Comercio Industria y Turismo  
Artesanías de Colombia S.A.**

**Centro de Diseño para la Artesanía  
y la Pequeña Industria**

**Informe Asistencia Técnica para el Mejoramiento del Proceso de Cocción  
de Productos Cerámicos en el Departamento del Tolima**

**D.I. Alejandro Rincón Díaz**

**Bogotá D.C Noviembre 24 de 2003**

- Ajuste de curva de cocción
- Implementación de 4 nuevos puntos de control de temperatura

#### *Antecedentes*

Como parte del desarrollo e implementación del método de cocción en horno de gas para la cerámica de La Chamba se han realizado una serie de ajustes tendientes a mejorar la calidad y acabados de los productos, fruto de la cocción en horno a gas.

En tal propósito y con el ánimo de implementar nuevos dispositivos que permitan al operario del horno una mayor comprensión del funcionamiento del mismo y un manejo mas adecuado de los procesos con miras a obtener un resultado óptimo en la cocción, se desarrollaron una serie de mejoras en términos del control de la temperatura, acompañadas de pruebas de cocción para hacer ajustes en la curva de cocción y así obtener los lineamientos básicos para el correcto uso del horno a gas.

#### *Actividades:*

##### *Modificación del rompe llamas*

El rompe llamas originalmente propuesto como un mecanismo de control de la temperatura que aísla los contenedores del contacto directo con la llama, lo cual generaría calentamiento local de la piezas en el horno; tuvo que ser modificado y suprimido en su totalidad, de acuerdo a las pruebas de medición de temperatura realizadas, en las que se detectó que si bien funcionaba para desviar la llama hacia la parte superior, esto estaba causando mayores temperaturas en esa área con respecto a la parte inferior del horno.

Una vez corregida esta situación se obtuvieron temperaturas iguales arriba y abajo del horno mientras estaba vacío y diferencias de apenas 50 C° o menos cuando el horno estaba totalmente cargado lo cual es perfectamente normal y no afecta la calidad de los productos.



Prueba de cocción

### *Tratamiento en los puntos de medición de temperatura*

En este tema se realizaron acciones para incrementar el número de puntos de control de temperatura que originalmente era de uno en la parte superior de la puerta, pasando a ser cinco, ubicados así:

Dos en la puerta, uno arriba y otro abajo y tres atrás, uno en la izquierda abajo, dos a la derecha uno arriba y otro abajo.

De la misma manera se ubicaron conos pirométricos Orton 018 y 019 para 630°C y 670°C respectivamente para que con la ayuda de ellos pudiéramos registrar la temperatura de la cerámica dentro y fuera de los contenedores. Los conos fueron ubicados dentro de los contenedores y fuera de ellos en los espacios alrededor de ellos.

Una vez implementados estos dispositivos se realizaron dos quemas de prueba y basados en los datos suministrados por los conos y el pirómetro se determinó cuáles eran los puntos del horno con mayor temperatura y regulando la presión del gas se lograron temperaturas homogéneas en toda la cámara del horno.

Estas pruebas nos permitieron determinar la correcta ubicación de los contenedores dentro del horno, lo cual es indispensable para el perfecto funcionamiento del horno.

Plano de distribución de los contenedores en el horno

## *Metodología de Cocción de Productos Cerámicos en Horno a Gas.*



*Carga de los productos dentro de los contenedores*

Las cerámica puede ser cargada directamente a los contenedores sin necesidad de precalentar al sol las piezas, los contenedores deben ser cargados como se muestra en la grafica anterior dejando una distancia mínima entre ellos de 10 cm. formando hileras de 2 en el fondo, este espacio permitirá que el calor se distribuya por todas partes, afectando de manera homogénea la totalidad de los productos.



*Carga del horno*

Una vez esté completa la carga del horno se introduce el carro y se asegura la puerta.

Para prender el horno es necesario primero abrir completamente la válvula principal del cilindro y abrir el registro principal.

En el horno a gas el precalentamiento comienza con el quemador número 1 encendido con presión de 0.1 Psi. Para efectos de control se han asignado números a cada uno de los quemadores así:



Este proceso se extiende por espacio de una hora tiempo en el que se pasa de temperatura ambiente a 150 grados centígrados.

Inmediatamente después comienza la quema, la cual requiere encender el quemador número 2 e incrementar la presión de gas a 0.15 Psi. de ahí en adelante se deben encender un par de quemadores cada media hora, comenzando con los dos del medio y finalizando con los dos de atrás, incrementando la presión de gas en una unidad cada vez. La temperatura interna del horno aumenta gradualmente hasta alcanzar los 700 grados centígrados en un periodo de 3.5 horas aproximadamente.

Durante las dos primeras horas de quema el Dumper debe estar cerrado al 50% (este lapso de tiempo incluye el caldeo que corresponde a una hora), el resto del tiempo el Dumper debe estar cerrado en 80%.

Para efectos de control del proceso de cocción se deben realizar mediciones de temperatura cada media hora, estas mediciones deben ser consignadas en la hoja de registro, de acuerdo con el resultado de cada medición se podrán hacer ajustes en la presión para aumentar o disminuir la temperatura en puntos específicos donde se requiera mayor o menor temperatura.

Durante la última hora y con el propósito de obtener los mejores resultados en los productos, se debe mantener una temperatura de 650 a 700°C en todos los puntos de medición de esta manera nos aseguramos que la temperatura dentro del horno es homogénea y evapora toda el agua contenida en la pared de las piezas, dando como resultado mayor dureza y resistencia al impacto.

Una vez se alcanza la temperatura apropiada se apagan los quemadores cerrando la válvula de abastecimiento del gas.

Se procede a cerrar los registros de paso de cada uno de los quemadores y a cerrar por completo el Dumper de la chimenea.



Se prepara el gancho para abrir la puerta, se alistan sobre el andén de carga, los contenedores con los productos que ingresarán al horno para la siguiente quema, se retiran los seguros de la puerta y con ayuda del gancho se saca el carro del horno.



*Apertura horno*



*Descargue del horno y negreado*

Con el mismo gancho con que se retiró el carro se toman las canecas por la parte superior y se arrastran hasta el andén de descarga donde con la ayuda de un segundo gancho se retiran completamente del carro.

Una vez están todas las canecas en el andén, se añade a los contenedores cagajón con una pala luego se tapan inmediatamente, para concentrar el monóxido de carbono en su interior y así lograr el negreado.



*Negreado dentro de los contenedores*

Inmediatamente después se ingresan los contenedores con los productos para la segunda quema, se acomodan sobre el carro del horno y se introduce hasta el fondo. Se ajustan los cienes y se comienza la quema de nuevo con los quemadores 1 y 2 encendidos por un tiempo de 45 minutos, luego de los cuales se repiten los pasos como en la primera quema hasta que se alcance la temperatura indicada.

En esta segunda quema el tiempo de cocción es menor, tarda aproximadamente 2.5 horas y no es necesario precalentar las piezas previamente, pues al cerrar la puerta del horno se reciclan aproximadamente 300 grados centígrados.

En mediciones previas en hornos tradicionales, con el objeto de establecer la temperatura y la curva de cocción adecuada para los productos de La Chamba, se observó que a temperaturas que oscilen entre 650 y los 700 grados se obtienen los mejores resultados en las piezas de cerámica; a temperaturas superiores a los 750 grados el óxido de hierro se volatiliza y el negreado es deficiente (presenta un color grisáceo) y además las cualidades de brillo disminuyen conforme se aumenta la temperatura arriba de los 750 grados centígrados.

De esta forma planeamos nuestra curva de temperatura para alcanzar 700 grados centígrados en un lapso de tiempo de 3.5 horas. Una hora de caldeo y 2.5 horas de cocción.

Para efecto de la medición y registro se debe emplear el diagrama de curva de temperatura y una hoja de registro de quema, donde se toma nota de los incrementos de temperatura versus tiempo en forma de un plano cartesiano donde X es igual a tiempo y Y es igual a temperatura. Apoyados en la información suministrada por el pirómetro.





*Control de temperatura y curva de cocción*

La hoja de registro de quema tiene como objetivo tomar anotaciones de los cambios de temperatura, presión de gas y control de la apertura del Dumper o trampa de calor de la chimenea

El resultado es una guía de los pasos a seguir en el proceso de cocción, desde el caldeo o precalentamiento, hasta la apertura del horno.

#### **RENDIMIENTO Y EFICIENCIA.**

Según los cálculos iniciales y después de 6 quemas de prueba, se han deducido los siguientes costos de operación del horno:

La carga de gas propano de 420 Lbs tiene un costo actualmente de \$239.000 (precio suministrado por gas norte con sede en Ibagué) por cada quema se consumen aproximadamente 15 libras de combustible si cada libra cuesta \$570 entonces la quema tiene un costo aproximado de \$8535 y la carga completa de gas rinde aproximadamente para 28 cocciones.

En comparación con el horno a leña, que consume 7 tercios de leña para la primera quema a razón de \$2.500 por tercio para un total de \$17.500 la diferencia entre el método tradicional de cocción y el nuevo es de \$8935.

El beneficio de la cocción con gas, está en que con el horno nuevo, no se depende de las condiciones climáticas para poder realizar la cocción, la curva de temperatura de cocción se puede controlar y el horno puede funcionar tantas veces como sea necesario.

Además el nivel de emanaciones de gases de invernadero (monóxido de carbono) es muy inferior en el horno a gas en comparación con el de leña.



Si sumamos la cantidad de CO<sub>2</sub> que produce un horno de leña y lo multiplicamos por un promedio de 50 días en los que funciona anualmente y lo multiplicamos de nuevo por un aproximado de 40 hornos que funcionan en la región; deducimos que la contaminación y la tala de árboles que genera esta actividad, son insostenibles a corto plazo, pues en la región a diario se talan bosques que nunca son repoblados, afectando irreversiblemente las fuentes hídricas y el ecosistema de la región provocando erosión y deterioro del terreno y la desaparición de cantidades incalculables de flora y fauna.

Por otra parte durante la cocción con gas el operario del horno no está expuesto a irradiación de calor, situación que si ocurre en el horno de leña donde el operario debe estar en un ambiente contaminado por grandes cantidades de monóxido de carbono y a temperaturas que en las mediciones realizadas sobrepasaron los 100 grados centígrados de sensación ambiente. Esta exposición continua al calor produce defectos de la vista, como cataratas, enfermedades respiratorias por la respiración de monóxido de carbono y a largo plazo afecta las articulaciones de las manos y las extremidades inferiores.

La operación del horno de gas es segura y en ningún momento representa peligro para el operario ni para las personas que están a su alrededor siempre que se sigan las normas de seguridad.

Por las condiciones excepcionales en las que se logra el negreado en las piezas de cerámica, es inevitable entrar en contacto con el calor del horno en el momento en el que se abre para extraer de el los contenedores; para dar una protección adicional al operario del horno se deben seguir algunas recomendaciones de seguridad industrial que trataremos a continuación.

## Seguridad Industrial

Dentro del proceso de cocción de productos cerámicos en horno a gas existen normas de seguridad industrial que deben seguirse para que el horno funcione eficientemente y de manera segura.

1. Inspección previa: Antes de comenzar cada cocción se debe realizar una inspección de las condiciones internas del horno y de los quemadores, retirando de ellos cualquier tipo de partícula que se haya alojado dentro de ellos accidentalmente y que pudiera interferir en el flujo del gas a través de ellos.
2. La carga del horno debe realizarse de forma que los contenedores no estén en la línea de los Rompe llamas, para que al ingresar el carro dentro de la bóveda del horno, estos no tropiecen con el Rompe llamas y puedan causar destrozos.
3. Las áreas adyacentes al horno deben estar despejadas y libres para que pueda haber circulación en todo el perímetro del horno.
4. solo el operario del horno debe encontrarse en el área de trabajo, en ningún momento debe haber personas ajenas al proceso, ni mucho menos niños.
5. El elemento de medición de temperatura que ingresa a la cámara del horno (termo cupla) debe ser manipulado con cuidado, en ningún momento debe ser golpeado. Al

- final de cada quema debe ser retirado teniendo en cuenta que esta aun caliente y para tomarlo con la mano se debe usar protección especial (guantes de carmaza)
6. La puerta del horno debe ser ajustada completamente en sus cuatro puntos y en ningún momento se debe abrir si no hasta el final del proceso de cocción
  7. No se debe utilizar combustible distinto al gas liquido de petróleo (LPG), en el caso de querer modificar el horno en alguna de sus características se debe consultar con el fabricante.
  8. El horno no debe ser utilizado para incinerar materiales orgánicos ni parara cocer alimentos dentro de el.
  9. No se debe reemplazar ninguno de los elementos de la red de gas sin contar con el concepto de una persona experta en el tema.
  10. Para prever daños y alargar la vida útil de la red de conducción de gas, recomendamos, construir una cubierta que proteja el horno de la intemperie.
  11. Para abrir y cerrar el horno se debe usar *siempre* el gancho dispuesto para tal efecto.
  12. Nunca se debe abrir el horno mientras los quemadores estén aún prendidos.
  13. Antes de abrir el horno siempre se debe cerrar la trampa de calor de la chimenea y apagar completamente los quemadores.
  14. En caso de algún tipo de emergencia los quemadores se pueden apagar cerrando el registro de corte ubicado junto al regulador.
  15. Aunque el horno esta construido con materiales de excelente calidad y bajo los estándares de seguridad que para este tipo de hornos están previstos; en el taller debe existir un extintor de polvo químico, y debe estar ubicado en un área especialmente demarcada y de fácil acceso.
  16. Para garantizar la seguridad del operario del horno, durante el proceso de extracción de los contenedores y el negreado este debe usar guantes y peto de carmaza, también son indispensables unas botas de cuero con protección en la punta, del tipo que se utilizan en la construcción, para proteger al operario del calor , las cenizas y otros elemento calientes que se puedan desprender de los contenedores durante su manipulación.
  17. Durante el proceso de negreado se recomienda el uso de un tapabocas industrial de los que disponen de un filtro, para disminuir los gases que respira el operario del horno y que se desprenden de la oxidación de la materia orgánica (estiércol)

NOTA: Aunque estos elementos de seguridad industrial no se usan en ninguno de los hornos tradicionales, debido al desconocimiento por parte de los artesanos de la normas mínimas de seguridad .Además por las condiciones climáticas de la región donde la temperatura ambiente es de 30 grados centígrados o mas y por que culturalmente el artesano se ha formado en un medio informal, donde ese tipo de elementos no están a disposición y no son de fácil consecución; recomendamos su uso y aplicación, pues estos implementos aseguran y benefician la salud del operario, evitando enfermedades profesionales y accidentes.

## OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

Es indispensable que se lleven a cabo completamente los mecanismos de registro de temperatura y de curva de cocción por que a través de ellos se registran todos los pasos llevados a cabo durante la quema y es posible hacer ajustes e implementar cambios; con el apoyo de la hoja de registro de quema y curva de temperatura se ayuda a una mejor comprensión manejo y control del horno, en el futuro y a través de la experiencia el artesano operario del horno adquirirá la habilidad y destreza necesarios para manejar el horno sin necesidad de un riguroso proceso de medición, pero mientras esto se logra, la única forma de aprender el manejo del horno es mediante el uso de la hoja de registro.

Este es el primero de muchos hornos que se deben construir, en La Chamba, los beneficios de la cocción con gas no son solamente el rendimiento con respecto al método tradicional si no los beneficios que representa para el medio ambiente y la salud del artesano el uso de tecnologías limpias.

Si se construyen mas hornos como este, esto puede ser la base para que empresas comercializadoras de gas natural, piensen en llevar su producto hasta la vereda, para que sea usado en los hornos y en las casas como combustible para la cocción de alimentos.

En un futuro cuando las redes de gas natural lleguen a La Chamba, el horno podrá ser modificado fácilmente y a muy bajo costo para funcionar con el nuevo combustible.