



9 Revisión Bibliográfica

9.1 Capítulo 1. Antecedentes y Conceptos Generales

9.1.1 Características de la materia prima

La producción de los ladrilleros del Valle de Puebla se compone principalmente de ladrillo rojo, teja estilo árabe y teja estilo media caña. Estos productos no se vitrifican ni se esmaltan en la mayoría de los casos. Las propiedades del ladrillo común se presentan a continuación:

Tabla 9.1 Dimensiones de un ladrillo común

Dimensión	Valor
Largo	24 cm
Alto	4.5 cm
Ancho	12 cm
Volumen	1296 cm ³
Peso	2.2 Kg

La Tabla 9.2 muestra algunas de las propiedades más sobresalientes del barro cholulteca empleado en la fabricación de cerámicas como teja y ladrillo. El barro en esta región se encuentra con bastante facilidad, sin embargo la sobreexplotación de este recurso ha generado la necesidad de importar material de las entidades de Veracruz y Estado de México.

Tabla 9.2 Composición del barro cholulteca

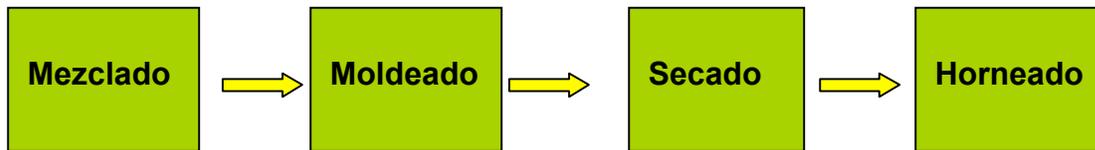
Material	Porcentaje (%)	Componente mayoritario
ARCILLA	57	Kaolinita ($\text{Al}_2\text{O}_3 - 2\text{SiO}_2 - 2\text{H}_2\text{O}$)
ARENA	33	Óxido de Silicio (SiO_2)
LIMA	10	Dolimita ($\text{CaCO}_3 - \text{MgCO}_3$)

9.1.2 Proceso de fabricación del ladrillo

Una vez que se cuenta con la materia prima, se sigue el siguiente procedimiento para la transformación de ésta al producto final.



Figura 9.1 Etapas de la fabricación de ladrillo



Primeramente, el proceso de mezclado inicia con la molienda del material hasta llegar al tamaño de partícula adecuado de aproximadamente 2 micras. Esta etapa se realiza mediante molinos o a mano. Después el mezclado en sí se realiza de dos maneras: seco o húmedo. El mezclado seco se utiliza cuando se requiere combinar uno o más polvos para obtener alguna propiedad deseada. El mezclado húmedo consiste en añadir agua a la mezcla, hasta lograr una pasta moldeable con aproximadamente 20% p/p de agua.

El moldeado consiste en darle forma a la mezcla sin agregarle ni quitarle material. Los procesos más usados en el moldeado son mediante prensas o por extrusión. En el prensado, la mezcla se introduce en el molde y se comprime por medios mecánicos o hidráulicos hasta obtener la forma deseada. De no contar con tecnología avanzada, también es posible moldear el producto a mano como se muestra en la Figura 9.2.

En el secado se elimina cerca del 11% del peso de la mezcla de agua, proporcionando un mejor manejo y resistencia. El secado se puede llevar a cabo mediante secadores diversos o al aire libre, mediante radiación solar como se muestra en la Figura 9.2.

Figura 9.2 Moldeado a mano y secado al sol





9.1.3 Horno Actual

Los hornos que se utilizan en la región del Valle de Puebla, son hornos de producción por lotes con una capacidad promedio de 40 m³, donde se cuecen alrededor de 20,000 ladrillos. El proceso de cocción de los ladrillos es lento, del orden de 20 a 30 horas para alcanzar la temperatura de cocción de los biscochos a 1000 °C. Los quemadores que proveen la energía del proceso se utilizan inyectando combustible #6 caliente en un sistema que requiere de precalentamiento y constante mantenimiento. Los quemadores combinan el vapor a presión que se produce en una caldera, con el petróleo que baja de un tanque por gravedad, evitando así el escurrimiento de éste y proporcionando una mejor dispersión del calor.

Las paredes del horno se construyen con ladrillo y el piso es de tierra común. En algunos diseños después de cada quema se tienen que destruir una o varias paredes para extraer el producto terminado. En otros casos solamente se derrumba una pequeña puerta por la que se puede descargar el horno. De cualquier manera, esto representa un problema al tener que modificar la estructura después de cada periodo de operación. Por otra parte, el llenado del horno se realiza manualmente. El operador se introduce en la cámara para acomodar los ladrillos y en algunas instalaciones se cuenta con un carro para manejar la carga. Este proceso es lento y llega a tomar varias horas llevarlo a cabo.

Los combustibles misceláneos utilizados en este tipo de hornos son altamente contaminantes, ya que en ocasiones se emplean llantas, plásticos y otros materiales de esa naturaleza para el precalentado de la caldera y el tanque de petróleo. La falta de uniformidad en la temperatura del horno provocada por la precaria disposición de los materiales que constituyen el horno y la ausencia de losa, da lugar a una baja calidad en la producción. Esta falta de calidad se ve reflejada en las diferencias de color de los ladrillos, lo cual se traduce en un menor precio de venta.

Figura 9.3 Vista de un horno actual





9.1.4 Hornos de la industria ladrillera: Hornos continuos.

Los hornos usados en la industria ladrillera pueden ser clasificados en dos grupos: periódicos y continuos. Dentro de los hornos continuos puede haber dos variantes:

- 1) Aquellos donde las piezas a cocer se encuentran inmóviles y lo que se encuentra en movimiento es la zona de la flama.
- 2) Aquellos donde las piezas se mueven a través de una zona fija de cocción, llamados también hornos túnel.

En México existen varias experiencias de hornos túnel, siendo uno de los más conocidos el horno de la empresa Ladrillera San Lorenzo ubicado en San Martín Texmelucan. En el horno túnel la flama permanece estática y el avance de las piezas se realiza una vez que haya sido regulada la temperatura de cada etapa, así como la potencia de los ventiladores que regulan el flujo de los gases de combustión. En este tipo de horno la pérdida de energía calorífica es relativamente baja, pero queda descalificada para este proyecto por dos grandes desventajas: el alto costo de inversión y el alto grado de especialización para controlar su desempeño,

9.1.5 Hornos de la industria ladrillera: Hornos periódicos

Un horno periódico o por lotes permanece frío mientras se coloca en su interior la carga de biscochos, siendo calentado hasta la temperatura máxima de cocción necesaria. Después de cierto tiempo se lleva a cabo el enfriamiento lentamente para evitar fracturas en el producto. La necesidad de generar estos rápidos cambios de temperatura hace que los hornos de una sola cámara sean ineficientes, ya que toda la energía calorífica producida en cada quema se desperdicia al dejar enfriar el horno para la extracción del producto. Como se muestra en el desarrollo de este trabajo, esta desventaja puede ser manejada con un diseño de horno multi-cámara, en donde se reutilice parte del calor del proceso de cocción realizado en una cámara para precalentar la siguiente.

9.1.6 Variables de diseño de hornos

La construcción de hornos para ladrillos consiste en estructuras relativamente sencillas, en las que no se encuentra gran dificultad en su construcción una vez que se cuenta con un diseño que cumpla con todas las necesidades del proceso. Existen algunas líneas de guía bastante generales para este tipo de equipos. En el diseño de hornos se busca que los materiales de construcción retengan la mayor cantidad posible de calor, y que éste se distribuya de manera uniforme en la o las cámaras de cocimiento. Por otro lado, el



calentamiento debe buscar el mejor aprovechamiento del combustible empleado a través de quemadores tiempos de secado adecuados.

Algunos de los aspectos más importantes en el diseño del horno son los siguientes:

- 1.- La selección de los materiales de construcción,
- 2.- La disposición de los materiales en las paredes del horno
- 3.- El manejo de los gases de combustión dentro del horno
- 4.- El arreglo de los ladrillos a cocer en el horno¹
- 4.- La determinación del número de cámaras y la capacidad de carga²

El mejor manejo de los gases de combustión para los hornos periódicos se obtiene mediante el tiro forzado de los gases de combustión. Como se muestra en las Figuras 9.4. y 9.5., la colocación de las tuberías de salida de gases (con sus respectivos registros) en la parte inferior de la cámara, para su envío a otra zona o al exterior, genera un flujo de calor que facilita la homogenización de la temperatura.

Figura 9.4 Tiro forzado de gases de combustión

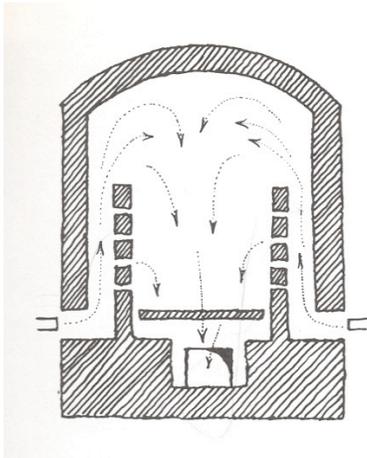
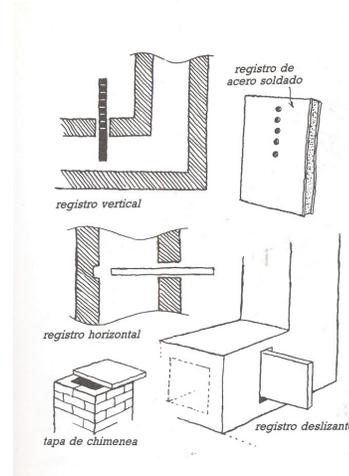


Figura 9.5 Registros de salidas



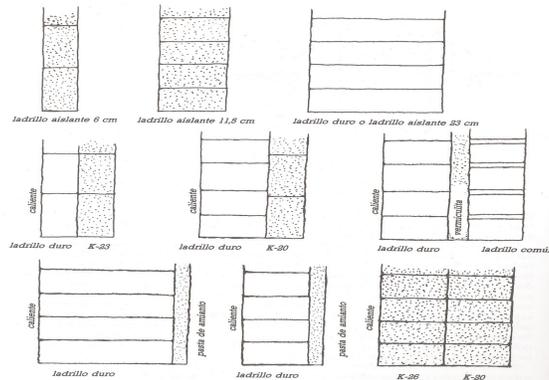
El tipo y la disposición de los materiales dentro del horno es de gran interés ya que nos da una idea de los procesos de transferencia de calor que se gestarán dentro del mismo. En términos generales, un horno que planea utilizarse constantemente y por largos periodos de tiempo, debe contar con una capa interior de ladrillos refractarios para lograr mantener una solidez estructural a pesar de los cambios de temperatura. En el diseño de la losa, debe procurarse cierta inclinación para que el aire caliente alcance todas las esquinas de la cámara. La Figura 9.6 muestra distintos tipos de uniones de ladrillos que pueden emplearse en las paredes del horno.

¹ Para permitir la correcta transferencia de calor entre el aire y el ladrillo

² En función de la dinámica de manufactura y la tasa de generación de ladrillos deseada



Figura 9.6 Diferentes disposiciones de ladrillos en las paredes del horno.



Aunado a esto, es de gran interés conocer las propiedades del combustible a utilizar, así como la especificación del equipo de calentamiento requerido (caldera, quemadores, etc.) para obtener la mejor eficiencia del combustible y sus efectos sobre el medio ambiente. Una premisa conocida muy importante del proceso es que debe de elevar la temperatura hasta 1000 °C en un tiempo de 7 horas, después mantenerla a esa temperatura por espacio de una hora, y finalmente proceder al enfriamiento de la cámara de cocción en el menor tiempo posible.