



**GOBIERNO DE  
MÉXICO**



**CONACYT**  
Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología



## CONTRIBUCIÓN SOCIAL DEL PROYECTO **OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA NUMÉRICO-EXPERIMENTAL DEL PROCESO DE COCCIÓN DE LADRILLO ROJO TRADICIONAL AL SECTOR LADRILLERO**

Mayo 2021

Los resultados del proyecto son comparados tanto entre quemados como entre hornos. Se comparan temperaturas máximas promedio de cada quemado de ladrillo (lecturas cada 2 minutos de hasta 60 termopares, dependiendo del tipo de horno), el tiempo promedio al que ocurren las temperaturas máximas, y las desviaciones estándar correspondientes.

### 1. Ideas prácticas para la mejora del proceso de cocción de quemado de ladrillo.

A solicitud de los evaluadores se añadió en la liga [www.ciatec.mx/pagina/13/proyectos](http://www.ciatec.mx/pagina/13/proyectos) información acerca de las formas, obtenidas a partir de los resultados del proyecto, que los productores pudieran mejorar sus procesos. Esto de forma paralela a la información contenida en el folleto de Difusión de Resultados.

#### 1.1. Geometrías de los hornos de quemado de ladrillo consideradas en el proyecto

Como fruto del aprendizaje obtenido por el grupo de trabajo del proyecto (CIATEC y CIATEJ) a partir de la ejecución del proyecto *Optimización energética numérico-experimental del proceso de cocción de ladrillo rojo tradicional* se pueden sugerir al sector ladrillero ideas prácticas de optimización del proceso de quemado de ladrillo, con sus correspondientes beneficios respecto al proceso de quemado de ladrillo. Además, se muestran los principales resultados obtenidos en el proyecto desde el punto de vista quemados experimentales.

Existen una gran variedad de diseños de hornos de quemado de ladrillos. En este proyecto fueron considerados tres tipos solamente: horno tradicional de campaña, horno MK2, y horno de paredes fijas, por ser los más comunes.

Cada uno tiene sus características, lo que conlleva a que su operación sea particular y específica por parte del productor. Por ello, también se ha dividido la información por tipo de horno.

##### 1.1.1. Horno tradicional de campaña

Este tipo de horno se construye desde el piso, y puede o no tener una pared fija pequeña alrededor. Los que la tienen suele tener 1.2 m de alto y 30 cm de ancho. La parte superior de este tipo de horno se recubre con ladrillo para perder menos calor, es decir, en las partes donde no hay pared fija. Todo el horno es usualmente recubierto con una capa de ladrillo, pero solamente la primera mitad de las





uniones entre ladrillos es sellada con lodo; la otra mitad deja sin sellar. Ello significa una capa muy delgada de recubrimiento, además de que la tercera parte (superior) tiene pérdidas de calor apreciables por las uniones entre ladrillos. Las buenas prácticas sugeridas en cuanto al diseño geométrico son:

- a) Si es posible, levantar paredes fijas de al menos 40 cm de ancho y hasta un metro antes de la última cama de la campaña. En el último metro puede dejarse una pared fija de un solo ladrillo de espesor. Esto permite que se pueda manipular la parte superior de la campaña cuando se está en el proceso de quemado. Además, la parte superior del horno no requiere de un espesor generoso en la pared.
- b) Si no es posible levantar una pared fija, se sugiere instalar al menos dos ladrillos de recubrimiento, y no solamente uno como suele hacerse. Esto permitirá una menor pérdida de calor.
- c) El flujo de aire es muy importante. Se debe dejar un espacio entre ladrillos relativamente generoso (como lo sugiere el reporte de EELA, 2013\*), para que haya una mejor circulación de gases de combustión dentro del horno.

<https://www.coursehero.com/file/51236758/INFORME-DE-VALIDACION-PARA-PER-C3%9A-final-Luisdocx/>

### 1.1.2.Horno MK2

Este tipo de horno fue diseñado por Robert Marquez (2002) en su tesis doctoral. En este sentido el diseño puede cambiarse sin poner en riesgo la parte estructural del horno. Para este tipo de horno se sugiere:

- a) Reemplazar los arcos fijos de soporte por arcos móviles de ladrillo. Esto permite incrementar la productividad del horno en alrededor de 900 piezas, dependiendo del tamaño de adobe utilizado, en cada quema.
- b) Abrir el espaciado entre ladrillos. Usualmente el productor deja poco espacio para ser más productivo, pero eso evita el flujo libre de aire a través de los adobes, lo que ocasiona que el horno no alcance temperaturas elevadas, sobre todo en la parte superior. Se sugiere ser generoso con el espaciamiento (EELA 2013\*), con camas intermedias con acomodo intercalado lineal y diagonal, o bien, con acomodo lineal con traslapes del espesor del ladrillo (una tercera parte del largo). Tres o cuatro camas de esta forma, intercaladas desde el término de la construcción de los arcos de soporte y hasta arriba, han mostrado ser eficientes.
- c) La chimenea genera un calentamiento asimétrico del horno, siendo el flujo de gases mayor en la zona de salida. Las piezas en el lado opuesto a la chimenea están sujetas a temperaturas





menores. Se sugiere abrir más el espaciado en el lado opuesto a la chimenea a fin de dar mayor flujo de gases en la zona.

- d) Trabajar el horno con dos cocinas de alimentación de combustible en lugar de una. Esto permite una mejor distribución de calor desde la parte inferior.

### 1.1.3. Horno de paredes fijas

Las paredes fijas son un excelente aislamiento para la pérdida de calor de este tipo de horno. Por ello, en cuanto a diseño:

- a) Ha mostrado ser muy eficiente si tiene al menos 45 cm de espesor de pared.
- b) La principal área de oportunidad está en la forma de trabajo actual que con el acomodo interno de los ladrillos. En general se sugiere, como en el horno MK2, un acomodo generoso en el espaciado, del tipo sugerido por el proyecto de Eficiencia Energética en Ladrilleras Artesanales en América Latina (EELA 2013).

<https://www.coursehero.com/file/51236758/INFORME-DE-VALIDACION-PARA-PER-final-Luisdocx/>

- c) Se sugiere trabajar con un dosificador de aire, o aire-combustible, que permita generar una combustión más eficiente dentro de las cocinas de alimentación, lo que disminuye de manera considerable los gases contaminantes.
- d) El aire suministrado forzado beneficia en la velocidad de los gases ascendentes dentro del horno, permitiendo que la rampa del aumento de temperatura sea más rápida.

## 1.2. Eficiencia energética.

La eficiencia energética durante el proceso de quemado de ladrillo se basa en la menor pérdida de calor y en el uso eficiente del combustible. Las pérdidas de calor, como ya se mencionó, están en el aislamiento del horno, por ello entre mejor aislado esté, menor calor perderá.

- a) Si bien se sugieren 45 cm de espesor para la pared, esto proviene del ancho y largo de los ladrillos usualmente producidos en la zona del Bajío. Si realmente no quiere que se pierda calor, se estiman 50 cm de espesor de pared, al menos. Con ello las paredes se sentirán a temperatura ambiente, indicando aislamiento excelente.
- b) El combustible debe estar seco. La humedad contenida debe evaporarse antes de generar la combustión en él, donde el calor requerido para la evaporación proviene del combustible mismo en caso de estar húmedo (con mayores consumos totales). Por ello, el combustible deberá estar lo más seco posible. Sin duda el productor notará diferencias en el consumo a medida que tenga menos humedad.





**GOBIERNO DE  
MÉXICO**



**CONACYT**  
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



- c) El adobe debe estar seco. Al igual que con el combustible, entre más seco esté el adobe más eficiencia energética se tendrá. La humedad excesiva en los adobes es notable cuando aparece humo blanco al comienzo de la quema. Como con el combustible seco, el productor notará diferencias en el consumo si el adobe esta convenientemente libre de humedad.

### 1.3. Contaminación

La contaminación ocurrida durante el quemado de ladrillo artesanal se puede reducir. La mayoría de los gases indeseables que se generan son normalmente producidos por una combustión incompleta del combustible. Esto sucede debido a la falta de aire, o de oxígeno suficiente, para la combustión. Por lo tanto:

- a) El flujo de aire en las cocinas del horno (tiro) está controlado por el espaciamiento entre ladrillos. Si el acomodo es muy cerrado el horno no tiene flujo suficiente hacia arriba, no alcanzando temperaturas elevadas, además de generar una combustión incompleta en las cámaras de combustión. Por ello, se sugiere abrir los espacios entre ladrillos, dependiendo de como se observen las columnas de humo negro, de acuerdo a la experiencia del productor y de la calidad del producto obtenida.
- b) La mejor forma de obtener una buena combustión es el uso de aire en exceso en las cocinas. Se sugiere trabajar con un dosificador de aire, o aire-combustible, de flujo variable que permita generar una combustión más eficiente dentro de las cocinas de alimentación de combustible, lo que disminuye de manera considerable los gases contaminantes. Es muy importante que el equipo tenga la versatilidad de regulación del flujo de aire, ya que se debe tener mucho cuidado con el aire excesivo que puede generar temperaturas demasiado elevadas en la cámara de combustión, tal que puedan fundirse ladrillos inferiores, o bien, los arcos fijos de soporte. El productor deberá dosificar el flujo de aire de acuerdo al comportamiento del proceso de quema (y en su experiencia), y subir el flujo de aire para calentar y bajarlo para no calentar en exceso.
- c) El uso de aire forzado es un proceso delicado que requiere experiencia en su manejo y depende de cada horno y su correspondiente acomodo. Es por ello que no se sugieren velocidades específicas de aire de alimentación, sino un aparato que posibilite la regulación del flujo de aire, de tal forma que el productor pueda estar monitoreando su quema y tomando decisiones en el cambio del flujo en base a su experiencia respecto al proceso de quemado de ladrillo.

