

## Implementación de hornos ladrilleros en Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, para reducir la huella ecológica

### Implementation of brick furnaces in Tlajomulco of Zúñiga, Jalisco, to reduce the ecological footprint

REYES-BARRAGÁN, José Luis†<sup>\*1</sup>, CARO-BECERRA, Juan Luis<sup>1</sup>, ROBLES-CASOLCO, Said<sup>2</sup> y RODRÍGUEZ-DÍAZ, Roberto Ademar<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Politécnica de la Zona Metropolitana de Guadalajara

<sup>2</sup>Instituto Tecnológico de Gustavo A. Madero

<sup>3</sup>Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco

ID 1<sup>er</sup> Autor: José Luis, Reyes-Barragán / ORC ID: 0000-0003-2431-3784, arXivAuthor ID: jlbecario, CVU CONACYT ID: 85698

ID 1<sup>er</sup> Coautor: Juan Luis, Caro-Becerra / ORC ID: 0000-0002-2384-2188, Researcher ID Thomson: K-2859-218, arXiv Author ID: juanluis74

ID 2<sup>do</sup> Coautor: Said, Robles-Casolco / ORC ID: 0000-0003-1217-7682, CVU CONACYT: 122409

ID 3<sup>er</sup> Coautor: Roberto Ademar, Rodríguez-Díaz / ORC ID: 0000-0002-0835-4677, arXiv Author ID: Rdiaz\_19, CVU CONACYT ID: 40715

DOI: 10.35429/JSI.2019.10.3.1.8

Recibido 02 de Abril, 2019; Aceptado 30 de Junio, 2019

#### Resumen

El uso ineficiente de combustibles para la cocción de ladrillos genera importantes emisiones de contaminantes a la atmósfera entre ellos dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, dióxido de nitroso NO<sub>2</sub> y Gases de Efecto Invernadero (GEI), por lo que es de suma importancia cuantificar dichas emisiones y establecer con ello una línea base de las emisiones de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>eq). El objetivo de este proyecto es la implementación de hornos ladrilleros en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga con el objeto de reducir la huella ecológica, fundamentada en los hornos ecológicos ya existentes llamados MK2, teniendo como innovación dicho horno la colocación de una segunda pared, la cual logrará contener el calor generado, logrando así un sistema cerrado aislado en ambos hornos conectados entre sí, para aprovechar con ello un pre-secado óptimo de los ladrillos. Esta investigación se sustenta en no tener pérdidas de calor debido a su hermeticidad, ya que el horno ecológico cuenta con una doble pared de sellado reduciendo con esto el tiempo de cocción entre 7 y 12 días.

**Gases de Efecto Invernadero, Huella ecológica, Horno ladrillero**

#### Abstract

The inefficient use of fuels for the burning of bricks generates important emissions of pollutants into the atmosphere, among them carbon dioxide CO<sub>2</sub>, nitrous dioxide NO<sub>2</sub> and Greenhouse Gases (GHG), so it is very important to quantify these emissions and establish with it a baseline of carbon dioxide emissions equivalent (CO<sub>2</sub>eq). The goal of this project is the implementation of brick kilns in the municipality of Tlajomulco of Zúñiga with the aim to reduce the ecological footprint, based on the existing ecological furnaces called MK2, having as oven innovation the placement of a second wall, which will manage to contain the generated heat, thus achieving a closed system isolated in both ovens connected to each other, to take advantage of it an optimal pre-drying of the bricks. This research is based on not having heat losses due to its hermeticity, since the ecological furnaces has a double sealing wall reducing the burning time between 7 and 12 days.

**Greenhouse Gases, Ecological footprint, Brick kiln**

**Citación:** REYES-BARRAGÁN, José Luis, CARO-BECERRA, Juan Luis, ROBLES-CASOLCO, Said y RODRÍGUEZ-DÍAZ, Roberto Ademar. Implementación de hornos ladrilleros en Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, para reducir la huella ecológica. Revista de Innovación Sistemática. 2019. 3-10:1-8

\*Correspondencia al Autor (Correo electrónico: jcaro\_becerra@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer Autor.

## Introducción

Hablar de la globalización implica debatir sobre políticas públicas que pregonan actualmente como la falta de compromisos en una sociedad de grandes desequilibrios e injusticias, por un lado, una minoría que concentra la mayor riqueza del planeta y por otro una mayoría que concentra la miseria más cruda (Martínez, 2010). Lo que se busca y se plantea en este artículo son políticas ambientales que puedan trascender como una estrategia de cambio en los hábitos y consumos de la sociedad.

Sin embargo, Meira Cartea (2013) menciona que el deterioro ambiental no se asume como una manifestación de las limitaciones ecológicas y sociales del modelo económico o como una expresión de la crisis civilizatoria de la humanidad, sino que se contempla en el mejor de los casos como una alternativa para controlar el frágil equilibrio de los ecosistemas.

Actualmente el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), sufre grandes problemas de contaminación debido a una degradación de sus ecosistemas, crecimiento demográfico irreversible, así como emisiones de carbono sin un control por parte del sector industrial, esto según el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuesto de Efecto Invernadero (INEGYCEI), debido a que México en los últimos 50 años ha emitido 683 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> (MtCO<sub>2</sub>).

Como caso de estudio en este proyecto se aborda el tema de los ladrilleros del municipio de Tlajomulco de Zúñiga donde la contaminación atmosférica es una situación que preocupa a la industria ladrillera por dos aspectos:

- Extracción de materia prima principalmente por arcillas con las que se fabrican los ladrillos, ya que no se está controlando el manejo de extracción, propiciando así deterioros ecosistémicos sobre la calidad del suelo
- Las emisiones atmosféricas de los hornos utilizados, debido a que no tienen un control de los GEI (Cova *et al.*, 2017)

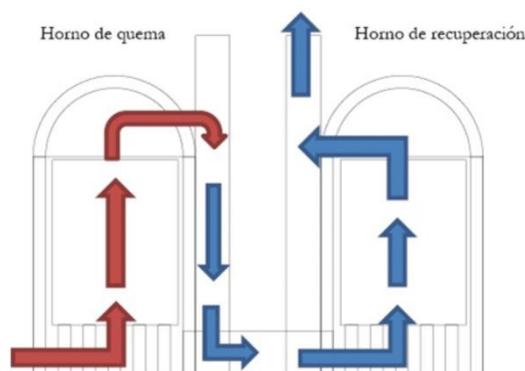
A partir de esta tendencia se propone la implementación de hornos ladrilleros para reducir la huella ecológica, la cual puede ser un área de mejora desde el punto de vista de eficiencia de producción, así como certificación y prueba de materiales bajo distintas normas, entre otras. La problemática actual de la contaminación que presenta el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) caso particular el municipio de Tlajomulco de Zúñiga, se produce tanto a partir de los incendios forestales producidos por prácticas conocidas como *roza-tumba-quema*, además de la quema producida por la industria ladrillera, por consecuencia en sus procesos de elaboración y fabricación artesanal es uno de los más dañinos y contaminantes en la región.

El proceso tradicional de cocción de ladrillos dura entre 7 y 12 días dependiendo de las condiciones climatológicas de la región, por lo regular se utilizan materiales como madera y combustible, que al hacer cocción emiten grandes cantidades de gases altamente tóxicos (Zetter, 2017). Otra de las consideraciones que se debe de poner énfasis es el ámbito social haciendo referencia a los ladrilleros del AMG en particular del municipio de Tlajomulco de Zúñiga, lo cual incrementa los costes de producción debido a los traslados hacia los lugares de construcción, aumentando con ellos los niveles de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) al medio ambiente. Precisamente el proyecto de “Implementación de hornos ladrilleros, para reducir la huella ecológica” consta de un sistema cerrado, es decir que se encuentra aislado del entorno y que no desarrolla interacciones con los agentes que están ubicados fuera de él, de tal manera que sus variables dependen únicamente de los factores que contiene el propio sistema ya que no mantiene relaciones o contacto con el exterior.

## Planteamiento del problema

La propuesta del horno ladrillero ecológico a implementar en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga para ser usado por los artesanos ladrilleros está fundamentada en un modelo existente llamado MK2 como se muestra en la figura 1, la limitante de estos hornos es que tienen pérdidas de calor en un 45%, en cambio el horno Eco-Cámara de Calor Sistema Aislado tiene como innovación colocar una segunda pared y entre las dos paredes una colcha térmica aislante.

La cual logrará contener el calor presente en el horno logrando un sistema cerrado y aislado, permitiendo con ello retener el calor en el horno.



**Figura 1** Esquema del horno tipo MK2 donde se muestran los flujos de gas entre los dos hornos

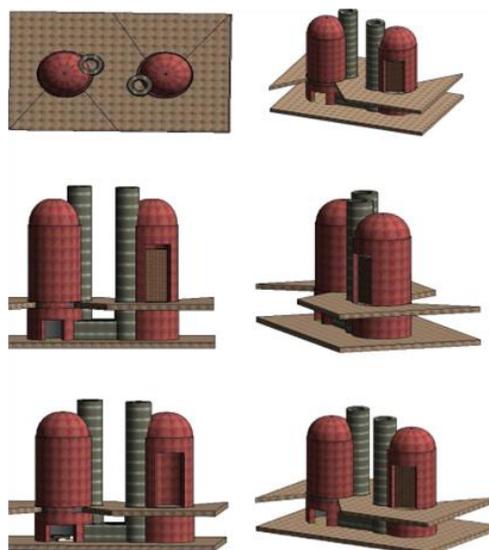
Fuente: Marcos Lujan

Un problema que presentan los hornos tipo MK2 es que pierden hasta un 30% de calor, además que los materiales con los que son construidos no son aislantes térmicos. Por otro lado la transferencia de calor en un medio físico, es el proceso por el cual se intercambia energía en forma de calor entre distintos cuerpos o entre diferentes partes de un mismo cuerpo que están a distinta temperatura (Çengel, 2007). El calor se transfiere mediante convección, radiación o conducción, aunque estos tres procesos pueden ser simultáneos, puede ocurrir que uno de los procesos predomine sobre los otros.

El aislamiento sirve para retardar la transferencia de calor dentro de un espacio interior, por ejemplo en medios fríos el objetivo es mantener el aire caliente dentro y así detener o al menos retardar el movimiento del aire frío proveniente del exterior, mientras que un medio caliente el objetivo se invierte pero los principios de transferencia de calor se mantienen constantes, independientemente del sentido del flujo del calor.

Uno de los principios que se pretenden aplicar al horno Eco-Cámara de Calor Sistema Aislado es la transferencia de calor en forma de energía electromagnética por el espacio circundante. La radiación que se presenta al interior del horno es causar una diferencia fundamental respecto a la conducción y la convección, es decir las sustancias que intercambian calor no tienen que estar en contacto entre ellas, sino que pueden estar separadas por un vacío.

La propuesta a implementar en el proyecto de hornos ladrilleros para reducir la huella ecológica es colocar un vacío de pared a pared del horno a una distancia de 15 cm, dado que con el aislamiento lo que se pretende es que no estén juntas con el fin de evitar la transferencia en forma de calor, llamándole así a este sistema Eco-Cámara de Calor Sistema Aislado, dado que el mecanismo es propiamente similar a los hornos MK2, precisamente uno de los objetivos de este proyecto es optimizar la energía calorífica de las cámaras u hornos, como se puede apreciar en la figura 2.



**Figura 2** Modelo en 3D del prototipo del horno ladrillero denominado Eco-Cámara de Calor Sistema Aislado, donde se puede apreciar la doble pared a una separación de aproximadamente 15 cm.

Fuente: Elaboración Propia

### Marco Teórico

El Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) concentra aproximadamente el 62% de la población en el estado de Jalisco, de este porcentaje el 70% se dedica a la industria manufacturera y un 60% al sector informal, siendo la segunda aglomeración con mayor densidad de población del país (Cruz, 2015), además de ser el segundo productor de ladrillo a nivel nacional. Se estima que en el estado existen alrededor de 2500 ladrilleras, la mayoría de estas se concentran en el AMG, siendo el municipio Tlajomulco de Zúñiga uno de los principales productores de ladrillo. Si bien Tlajomulco de Zúñiga es de los principales productores en el estado (como se puede apreciar en la figura 3) el problema principal radica en las altas emisiones de contaminantes (principalmente de carbono) que provoca la cocción de ladrillos en los hornos artesanales.

De este total de ladrilleras que se encuentran asentadas en el AMG el 40% son informales según el Programa de Eficiencia Energética en Ladrilleras Artesanales de América Latina para mitigar el Cambio Climático por sus siglas en inglés (EELA, 2007), es decir son pequeñas industrias que apenas cuentan con un horno de campana (horno continuo) o en otras palabras un fogón de leña de ladrillo viejo para cocer el producto y que sirve para su uso.

Por otro lado la intensa extracción de arcilla ha ocasionado graves problemas de erosión en los suelos, además de los altos niveles de contaminación atmosférica emanados de los hornos principalmente por la falta de tecnificación, como consecuencia se presentan riesgos a la salud en la población más vulnerable, así como en sus ecosistemas.

Por ello, es importante mejorar los procesos de producción y de explotación mediante la Implementación hornos ladrilleros para reducir la huella ecológica mediante un uso tecnificado y de buenas prácticas en los ladrilleros con el objeto de que contribuyan a mitigar parte de los riesgos a la salud en la población más vulnerable como se señaló anteriormente, así como sus efectos dañinos (Sánchez, 2013).



**Figura 3** Vista aérea del municipio Tlajomulco de Zúñiga de la zona de explotación de arcilla para la producción de ladrillo

Fuente: Google Earth, 2018

## La huella ecológica

La huella ecológica es un indicador de sustentabilidad<sup>1</sup> para conocer el impacto que ejercen las actividades antropogénicas sobre el medio ambiente. Por otro lado la huella ecológica considera que el consumo de recursos y la generación de desechos pueden convertirse en una superficie productiva para la obtención de consumos para las próximas generaciones (SEMARNAT, 2012).

Debemos de ser concientes que la huella ecológica no sólo cuantifica la disponibilidad y consumo de los recursos naturales que cuenta un país, también puede medir la sostenibilidad a nivel personal, de ciudad o inclusive de institución (Amen, *et. al*, 2011). Herramientas como la calculadora personal de huella ecológica estimulan nuestra creatividad y ponen a prueba nuestros hábitos de consumo, por ello es de suma importancia hacer una valoración con el objeto de determinar el número de hectáreas necesarias para mantener nuestro estilo de vida (*ibid*), ya que a cada habitante del planeta le corresponde una parte importante de los impactos sociales que le es asignada a diferentes consumos, tales como: comida, vestido, bienes y servicios, etc.

## Materiales y métodos

Para evaluar el desempeño del horno Eco-Cámara de Calor Sistema Aislado, se realizaron mediciones de consumo de energía utilizando una pistola termográfica marca FLIR modelo TG 165, así como termopares tipo Platino-Rodio (Pt-Rh) Termopar de tipo S, realizando 5 rondas de quemado en comparación con el horno MK2.

Para medir el consumo de energía se midió la calidad utilizada de los combustibles que se utilizan en el proceso de cocción, tales como: gas natural, carbón, madera y aserrín los cuales se incorporan en los propios ladrillos con una dosificación conocida.

A partir del consumo de cada combustible y del poder calorífico de cada uno de ellos, se calculó la energía requerida en cada proceso de cocción. El valor de los poderes caloríficos utilizados para cada combustible se encuentra en la tabla 1.

<sup>1</sup> El concepto de huella ecológica esta asociado al desarrollo sustentable plasmado en el informe Brundtland de 1987 y se define como aquel que satisface las necesidades actuales de la población sin comprometer el desarrollo de las próximas generaciones.

Combustible	PCS	Unidad
Gas natural	1.090	kJ/ft <sup>3</sup> N
Aserrín	8.340	kJ/kg
Leña	14.630	kJ/kg
Carbón	25.920	kJ/kg

**Tabla 1** Poder Calorífico Superior (PCS) utilizados en el proceso de cocción de ladrillos refractarios

Fuente: Marcos Lujan

Para esta investigación se tomó como caso de estudio a la empresa PIRO que se dedica a la fabricación de ladrillos refractarios siendo una empresa totalmente tecnificada con excelentes tiempos de manufactura del ladrillo y su cocción. El horno Eco-Cámara de Calor Sistema Aislado será diseñado para fabricar ladrillos refractarios donde su construcción consiste en una chimenea de aproximadamente 4 m de diámetro y una profundidad de 2 m, cabe mencionar que el horno se alimentará de gas butano que reducirá los niveles de contaminación emitidas a la atmósfera además de poder eficientizar la cocción de los ladrillos en una producción de aproximadamente 5600 ladrillos por semana (PIRO, 2017).

Cabe mencionar que este diseño de hornos Eco-Cámara de Calor Sistema Aislado se lograran reducir importantes emisiones de contaminantes hasta un 90%, así como la reducción de energía en un 50%, esto con el objeto de eficientar y reducir el tiempo de cocción de los ladrillos,

Sin embargo se consideró necesario realizar algunos cambios para mejorar su rendimiento, aprovechar el gas natural como combustible y así adaptarlo a las necesidades y las prácticas de los artesanos ladrilleros.



**Figura 4** Cribado de arenas

Fuente: <http://piro.mx/content/>

Las siguientes fases constan de pasar la arena a una mezcladora por medio de bandas transportadoras como se muestra en la figura 4, en esta mezcladora es donde se le da el punto de cocción a la masa con la cual se fabrican los ladrillos refractarios, para que al final del proceso lo que se tenga es una masa homogénea que pasa de ser almacenada en cribas a un reposo absoluto como se muestra en la figura 5, con el objeto de obtener la resistencia adecuada de un buen ladrillo refractario.



**Figura 5** Almacenamiento de la masa en forma de tambos o cribas

Fuente: <http://piro.mx/content/>

## Resultados

Una vez que los ladrillos son elaborados por la máquina de fabricación son transportados por unos carritos al túnel de secado. La seca del ladrillo se hace a través de los mismos gases que se generan en la quema de ladrillos, estos gases son transportados a través de túneles que están conectados entre sí, para así conseguir una cocción uniforme.

Es así como se tiene el producto final como principal característica estos ladrillos son capaces de soportar altas temperaturas.

Para tener un mejor detalle del destino de la energía térmica consumida en cada proceso de quema, se realizaron balances de energía para estimar como se consume la energía consumida en el proceso de cocción de ladrillos.

La tabla 2 detalla el consumo específico de energía en cada uno de los destinos considerados. En el caso del horno convencional se puede apreciar de un 15 a 23% de la energía que se traduce en la cocción del ladrillo, por lo que el resto de la energía se pierde en forma de calor perdido por flujo de gases en la chimenea, es decir el rendimiento térmico promedio del horno convencional es de un 20%.

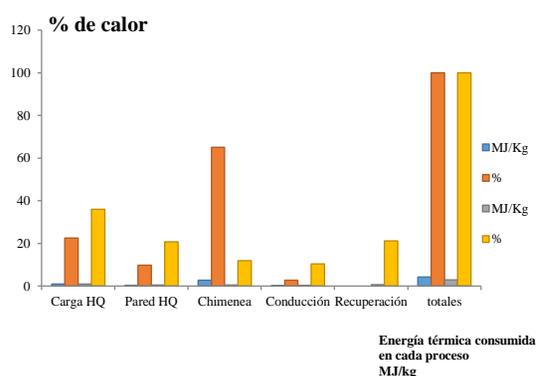
En el caso del horno Eco-Cámara de Calor Sistema Aislado las estimaciones muestran que entre un 35 a 40% de la energía térmica va a calentar los ladrillos, un 21% calienta a la masa térmica del propio horno, un 10% se pierde por gases calientes emanados por la chimenea, otro 10% se pierde por conducción térmica hacia el ambiente y un 20% se llega a recuperar en el horno de recuperación o la segunda pared que funciona también como horno de quemado.

Estos resultados muestran que el horno Eco-Cámara de Calor Sistema Aislado tiene un rendimiento térmico superior a los hornos convencionales.

Destino	Ensayo horno convencional		Ensayo horno Eco-Cámara de Calor Sistema Aislado	
	MJ/kg ladrillo	(%)	Mj/kg ladrillo	(%)
Carga HQ	0.94	22.5	0.93	36.0
Pared HQ	0.41	9.8	0.54	20.7
Chimenea	2.74	65.1	0.46	11.8
Conducción	0.11	2.7	0.27	10.3
Recuperación	0.00	0.00	0.61	21.2
totales	4.21	100	2.81	100

**Tabla 2** Consumo de energía específica, realizado con base el balance energético de ambos hornos

Fuente: *Elaboración Propia*



**Gráfico 1** Distribución de consumos específicos de energía tanto en un horno convencional, como en el horno prototipo Eco-Cámara de Calor Sistema Aislado

Fuente: *Elaboración Propia*

## Conclusiones

Con base a los resultados obtenidos se mejoró el tiempo de cocción de los ladrillos, así como la quema de combustibles fósiles, además de que aumentó la producción de ladrillos hasta un 30%, disminuyendo significativamente las pérdidas de energía en forma de calor y las emisiones de GEI.

Se observó que el aprovechamiento de calor del horno Eco-cámara fue de un 13.5% en la cocción de ladrillos, un 11% en la masa térmica que calienta el ladrillo, un 50% en los gases emanados de la chimenea, un 7.5% se recupera por conducción térmica y un 20% se recupera como se mencionó anteriormente en la segunda pared del horno Eco Cámara de Calor Sistema Aislado.

Estas medidas a implementar totalmente ecológicas y sustentables han hecho que los ladrilleros incentiven y aumenten su producción, dado que el proyecto “*Implementación de hornos ladrilleros, para reducir la huella ecológica*” es una técnica de trabajo totalmente limpia debido a que se han reducido los tiempos de cocción, así como la optimización de combustible.

## Recomendaciones

Uno de los retos que debe de tener el municipio de Tlajomulco de Zúñiga con los artesanos de la región es realizar procesos de producción más eficientes, además de motivar a los productores facilitándoles créditos para la adquisición y construcción de hornos de doble pared a través de programas de emprendurismo que los gobiernos municipales ofrecen.

Con respecto al Plan de Desarrollo Urbano y de acuerdo a lo establecido en la Ley General de Protección Ambiental, los artesanos deben de contar con licencias y permisos de captación de agua de lluvia, vertimiento y emisión de gases, por citar algunos ya que en la mayoría de los casos no cumplen la ley ni cuentan con permisos para su elaboración. Actualmente la única empresa que tiene licencia de explotación de arcillas y regulación de emisiones de GEI es la empresa PIRO.

A los ladrilleros informales se les recomienda que constituyan una empresa formal, ya que la informalidad propicia un estado tan complejo que va desde la falta del pago de impuestos hasta el deterioro de los recursos para su producción, ya que la misma ley obliga a los ladrilleros la protección del medio ambiente, esto se logrará planteando una nueva forma en el proceso de producción, concientizando a los ladrilleros en beneficio de todos.

## Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo técnico de los artesanos ladrilleros tanto de los municipios de Tonalá en particular de la empresa PIRO como del propio pueblo de Tlajomulco de Zúñiga que fueron nuestro caso de estudio, sin su apoyo incondicional este proyecto no hubiera tenido el éxito esperado. También agradecemos a la Mtra. Monica Guzmán Cortez y a los alumnos Gustavo, Mineli, Gladys Adriana Méndez Leon y Karen Judith Hernández Sánchez alumnos y alumnas de las carreras de Ing. Diseño Industrial e Ing Civil de la UPZMG, todos y cada uno de ellos comprometidos con las causas sociales y la defensa del medio ambiente en nuestra bella zona llamada valles del municipio de Tlajomulco.

## Referencias

Álvarez, Á. D., Ospino, J. O., & Arrieta, C. (2019). *Horno Solar para la cocción de ladrillos en la ciudad de Valledupar, Colombia*. Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada (RCTA), Vol. 1, Num. 33.

Amen, Thora, et al (2011). *¿Un pie grande en el planeta pequeño? Haciendo cuentas con la huella ecológica. Triunfando en un mundo con cada vez mayor escasez de recursos*. Colección La Sostenibilidad tiene muchos rostros. Alemania: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) / Global Footprint Network.

Arango Ordoñez, Á. P. & Rodríguez Moreno, H. G. (2019). *Análisis de las Emisiones de Contaminantes Asociados a la Fabricación de Ladrillos y Propuesta de Reconversión Tecnológica*. Nemocón, Colombia

Çengel Yunus A. (2007). *Transferencia de calor. Un enfoque práctico*, Mc Graw Hill Interamericana Editores, México, D. F.

Contreras Lancheros, J. C., Rosero Vallejo, J. M. & Parra Rivera, B. F. Nueva versión de Criterios de Implementación ISO 14001: 2015. Caso de Estudio Sector de la Construcción. Proyecto de Estudio Ambiental Ladrillera Suarez y Gutiérrez SAS.

Cova Orozco A., et al (2017). *Proyecto ladrilleras*, Proyecto de Aplicación Profesional, del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente (ITESO), Tlaquepaque, Jalisco.

Jiménez Huerta E. y Cruz Solís H. (2015). *Colonias Populares consolidadas del área metropolitana de Guadalajara*, Retos y oportunidades, Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas de la Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco, México.

[http://piro.mx/content/Productos Industriales Refractarios de Occidente, S. A. de C. V. \(PIRO\), Guadalajara, Jalisco, México](http://piro.mx/content/Productos%20Industriales%20Refractarios%20de%20Occidente,%20S.%20A.%20de%20C.%20V.%20(PIRO),%20Guadalajara,%20Jalisco,%20M%C3%A9xico)

Lázaro Lázaro, E. E. & Díaz Vereau, D. A. (2019). Propuesta de mejora en la gestión de producción, calidad, mantenimiento y medioambiental de una ladrillera para incrementar su rentabilidad.

Martínez Castillo R. (2010). *La importancia de la educación ambiental ante la problemática actual*. Revista Electrónica Educare, vol. XIV, num. 1 enero-junio, 2010, pp. 97-111. Universidad Nacional Heredia, Costa Rica.

Meira Cartea P. A. (2013). *Crisis ambiental y globalización: una lectura para educadores en un mundo insostenible*, en Educación, medio ambiente y sustentabilidad, Gonzalez Gaudiano E. J. (compilador), Siglo XXI editores, pp. 53-72.

Programa de Eficiencia Energética en Ladrilleras Artesanales de América Latina para mitigar el Cambio Climático EELA, (2012). *Estudio del Mercado del Sector Ladrillero Artesanal en la localidad de Nemocón*, Quali Investigación de Mercados, Cundinamarca, Colombia.

Sánchez Silva M. y Zapata Valencia L. (2013). *Impacto ambiental y gestión del riesgo de ladrilleras en la vereda Los Gómez de Itagüí*. Cuaderno Activa, Revista Científica de la Facultad de Ingeniería del Tecnológico de Antioquía, Medellín, Colombia.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT (2012). *Huella ecológica, datos y rostros*, Del. Tlalpan, México D. F.

Valencia, M. N. R. (2019). Desarrollo tecnológico para la fabricación de materiales agregados reciclados (AR) con base en residuos de construcción. Gaceta Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México UNAM. Vol. 1, Num. 135, Pp. 12-14.

Zetter Echánove I., *et al* (2017). *Proyecto ladrillera*, Proyecto de Aplicación Profesional del Programa de Diseño Responsable y Sustentabilidad del Hábitat, Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente, Tlaquepaque, Jalisco. Disponible en: <https://rei.iteso.mx/bitstream/handle/11117/4562/Proyecto+Ladrillera.pdf?sequence=3>