



Determinación de emisiones por la quema de combustibles en la fabricación de ladrillos y cerámica

Determinación de emisiones por la quema de combustibles en la fabricación de ladrillos y cerámica

GOBIERNO DEL ESTADO DE MÉXICO

SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE

**DIRECCIÓN GENERAL DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN
ATMOSFÉRICA**

COORDINACIÓN AIRE LIMPIO PARA EL VALLE DE TOLUCA

E

INSTITUTO ESTATAL DE ENERGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

**SUBDIRECCIÓN DE ADAPTACIÓN Y CRECIMIENTO VERDE / DEPARTAMENTO DE
ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO**

Contenido

1. Introducción	8
2. Inventario de Emisiones	10
2.1. Datos de actividad	10
2.2. Metodología	13
2.3. Emisiones de Contaminantes criterio	15
2.4. Emisiones de gases efecto invernadero (GEI)	18
3. Conclusiones	22
4. Bibliografía	24
Anexos	27

Lista de tablas

<i>Tabla 1. Variables para la producción de ladrillo.....</i>	<i>11</i>
<i>Tabla 2. Variables para la producción de cerámica.....</i>	<i>11</i>
<i>Tabla 3. Consumo de combustibles en la fabricación de ladrillos.....</i>	<i>13</i>
<i>Tabla 4. Consumo de combustibles en la fabricación de cerámica.</i>	<i>13</i>
<i>Tabla 5. Factores de emisión de la EPA para determinar contaminantes criterios utilizados para la producción de ladrillo y cerámica.</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 6. Factores de emisión del IPCC para determinar contaminantes GEI utilizados para la producción de ladrillo y cerámica.</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 7. Potencial de Calentamiento Global.</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 8. Emisiones totales de contaminantes criterio por la producción de ladrillos y cerámica.</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 9. Emisiones de contaminantes criterio por la producción de ladrillos.</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 10. Poderes caloríficos de los combustibles.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 11. Emisiones totales de gases efecto invernadero por la producción de ladrillos y cerámica.</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 12. Emisiones de gases efecto invernadero por la producción de ladrillos.</i>	<i>20</i>

Lista de gráficas

<i>Gráfica 1. Porcentaje de emisiones totales de contaminantes.</i>	<i>17</i>
<i>Gráfica 2. Porcentaje de emisiones de contaminantes criterio respecto al total de emisiones.</i>	<i>18</i>
<i>Gráfica 3. Porcentaje de emisiones de CO2 equivalente por municipio.</i>	<i>20</i>

Lista de Compuestos Químicos

CH ₄	Metano
CO ₂	Bióxido de Carbono
CO	Monóxido de carbono
N ₂ O	Óxido nitroso
CO	Monóxido de Carbono
NO	Monóxido de nitrógeno
NO _x	Óxidos de Nitrógeno
SO ₂	Dióxido de Azufre
COT	Compuestos Orgánicos Totales
CO ₂ eq	Bióxido de Carbono equivalente
PM ₁₀	Partículas Menores a 10 micrómetros de diámetro
GEI	Gases de Efecto Invernadero

Lista de Unidades

%	Porcentaje
g	Gramo
Gg	Gigagramos
h	Hora
J	Joule
l	Litros
K	Kilogramos
Kg/TJ	Kilogramos/ Tera Joules
Pzas	Piezas
m ³	Metro cúbico
MJ/m ³	Mega Joules/metro cúbico
MJ/t	Mega Joule/Tonelada
MJ/kg	Mega Joule/Kilogramo
Ton/TJ	Toneladas/Tera Joules
Ton	Toneladas

1. Introducción

La fabricación de ladrillo y de cerámica es considerada una de las principales fuentes de emisión de contaminantes a la atmósfera, caracterizándose por una variedad muy amplia de tipos y cantidades de combustibles utilizados para su cocción. Entre las fuentes más importantes en esta entidad se encuentra la fabricación de ladrillo y cerámica, presentes en seis municipios; propiciando la exposición directa a los contaminantes generados, tanto a los productores como a las personas que viven en los alrededores.

La fabricación de ladrillo en el Estado es una actividad de la que dependen cientos de familias, pero cuyo impacto ambiental a la salud de la población y a los ecosistemas en general no se ha estudiado a fondo.

Los fabricantes de ladrillo y cerámica elaboran su producto a partir de tierras y arcillas de diversas calidades, utilizando además para la preparación de la mezcla, otros insumos que varían de región a región, como estiércol, aserrín, tezontle o tierra negra.

En el Estado de México se han elaborado dos documentos en los que se incluye las emisiones generadas por los hornos ladrilleros como son: el Inventario de Emisiones a la Atmósfera de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (del año 2000 y 2004) publicados en el 2005 y 2010 respectivamente.

En el presente trabajo se pretende mostrar las emisiones de los hornos de ladrillo y de cerámica que queman leña y desechos de madera (aserrín y bagazo de café principalmente), llantas, aceites gastados y desperdicios (basura) en las comunidades de los municipios de Metepec, Toluca, Zinacantepec, Xonacatlán, Almoloya de Juárez y Temascalcingo pertenecientes a la Zona Metropolitana del Valle de Toluca.

Con el objetivo de Mitigar y reducir la contaminación generada por el sector ladrillero y alfarero al modernizar los procesos de producción de tabique con tecnología que utilicen combustibles más limpios, es necesario conocer un diagnóstico de las emisiones generadas por esta actividad, que se contempla en el Programa para Mejorar la Calidad del Aire Valle de Toluca 2012-2017, dentro de su Estrategia IV. Reducción y Control de emisiones por fuentes fijas, Medida 16. Alternativas tecnológicas para el tratamiento y

control de contaminantes atmosféricos en hornos ladrilleros y talleres de alfarería; en la acción 16.2 Inventario de Emisiones actualizado de hornos ladrilleros.

Así mismo se describirá la metodología empleada para el cálculo de las emisiones basados en la utilización de factores de emisión de la EPA (Agencia de Protección al Ambiente de Estados Unidos, por sus siglas en inglés) para el caso de los contaminantes criterio (PM_{10} , CO, NO_x, SO_x y COT) y del IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático) para los gases efecto invernadero (CO₂, CH₄ y N₂O); ya que no se cuentan con factores propios para la entidad.

2. Inventario de Emisiones

2.1. Datos de actividad

La actividad productiva para la fabricación de ladrillo y cerámica además de ser una fuente de empleos importante, genera un insumo básico para la industria de la construcción; sigue las mismas etapas desarrolladas desde la antigüedad: Preparación de la pasta, moldeo y cocción en hornos.

La manufactura de los ladrillos es manual, los hornos se ubican en los patios de las casas, lo que permite que la población en general este en contacto con los productos derivados de la combustión, debido a que no se sigue un control de proceso ni de calidad estricto y el personal que fabrica el ladrillo son los miembros de la familia incluyendo a los niños.

La producción artesanal de ladrillos consiste en preparar una mezcla de arcilla y agua, cuya preparación de pasta y moldeo se realizan directamente sobre el suelo, se elaboran los ladrillos, posteriormente el secado es natural al aire libre, tardando según los productores de dos a seis días, dependiendo de las condiciones de temperatura y humedad ambiental, finalmente la cocción dura entre 48 y 72 horas en un horno artesanal, con una merma de 10 a 15 % por millar en el proceso de cocción, considerando que un tabique bien cocido pesa entre 2.5 y 3 Kilogramos. Se usan como combustibles aceites gastados, llantas, residuos industriales y casi cualquier material orgánico de desecho, lo que es de interés para el productor debido a que disminuye el costo de fabricación.

Para conocer más sobre esta actividad y contar con un censo real el personal de la Coordinación del Aire Limpio para el Valle de Toluca perteneciente a la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica fue directamente a visitar a los productores de ladrillo y alfarería de las comunidades de Almoloya de Juárez, San Jorge Pueblo Nuevo, La Magdalena Ocotitlán, Santiago Tlacotepec y San Bartolo Tlatelulco del municipio de Metepec; Santiago Miltepec y San Pablo Autopan de Toluca; Santa Cruz Cuatenco perteneciente a Zinacantepec; Mimiapan de Xonacatlán y Temascalcingo; con la finalidad de aplicar encuestas para recopilar los datos necesarios para el cálculo de las emisiones.

Posteriormente se creó una base de datos para realizar el tratamiento y análisis de la información recopilada. Así mismo para el análisis de los datos se realizó una revisión de la información y una selección de variables correspondientes al dato de actividad que en este caso es la cantidad de ladrillos producidos y la cantidad de combustible quemado para la fabricación de ladrillos o cerámica ver tablas 1, 2, 3 y 4.

Las variables consideradas para obtener el dato de actividad fueron las siguientes:

- ✚ Número de hornos ladrilleros y de cerámica (existentes en el área de estudio)
- ✚ Cantidad y tipo de combustible utilizado por quema
- ✚ No. de quemas al año y tiempo en horas de la quema
- ✚ Producción de ladrillos o cerámica mensual
- ✚ Producción promedio de ladrillos o cerámica anual

A continuación se presentan los datos de los hornos y la producción de ladrillos.

Tabla 1. Variables para la producción de ladrillo.

Municipio	Comunidad	Cantidad de hornos	No. de quemas al año	Producción mensual (piezas)	Producción promedio anual (piezas)	Tiempo de horneada (horas)
Metepec	San Jorge Pueblo Nuevo	12	55	90,500	1,086,000	376
	La Magdalena Ocotitlán	53	526	792,167	9,434,000	1,673
	Santiago Tlacotepec	3	36	45,000	540,000	108
	San Bartolo Tlatelulco	93	696	994,667	11,936,000	5,376
Toluca	Santiago Miltepec	5	56	31,000	372,000	96
	San Pablo Autopan	28	456	577,000	6,924,000	24
Zinacantepec	Santa Cruz Cuautenco	4	32	52,333	628,000	180
Xonacatlán	Mimiapan	7	56	79,667	956,000	120
Total		205	1,913	2,662,334	31,876,000	7,953

Fuente: Elaboración propia, con información proporcionada por la Coordinación Aire Limpio para el Valle de Toluca, año 2012.

Tabla 2. Variables para la producción de cerámica.

Municipio	Comunidad	Cantidad de hornos	Número de quemas	Producción mensual (piezas)	Producción promedio anual	Tiempo de horneada	Tiempo de horneada
-----------	-----------	--------------------	------------------	-----------------------------	---------------------------	--------------------	--------------------

		anual			(piezas)	(horas)	(horas)
Almoloya de Juárez	Santiaguito	17	684	684	25,350	304,200	276
Temascalcingo	Boqui	8	420	420	8,940	107,280	132
	Meza de Bañi	13	432	432	5,918	71,016	47
	San Juanico	14	420	420	8,150	97,800	76
	Santa María Centro	8	384	384	14,600	175,200	48
	Santiago Bachini	5	132	132	1,700	20,400	31
		8	96	96	1,080	12,960	14
	Bombaro, Lajas	6	144	144	2,600	31,200	45
		4	108	108	2,040	24,480	29
	Santiago Coachochitlán	99	3,084	3,084	146,188	1,754,256	475
		4	144	144	9,540	114,480	25
	Total	186	6,048	6,048	226,106	2,713,272	1,198

Fuente: Elaboración propia, con información proporcionada por la Coordinación Aire Limpio para el Valle de Toluca, año 2012.

Dentro de los combustibles empleados para la fabricación de ladrillos se encuentra el aceite quemado, la leña y desperdicios de madera (como el aserrín y bagazo de café), basura y llantas. En las tablas 3 y 4 se muestra el consumo de combustibles empleados por comunidad con respecto al total de hornos existentes. Así mismo los combustibles proporcionados se requieren obtener en metros cúbicos ó toneladas, por lo que se empleó el valor de la densidad para cambiar sus unidades por lo que para la madera¹ fue de 435.5 kg/m³, mientras que para la basura² (o desperdicio) fue de 80.0 kg/m³.

¹ Fuente: <http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/Consideraciones-tecnologicas-de-la-madera.pdf>. (Se utilizó un valor promedio).

² Fuente: <http://www.ambientum.com/enciclopedia/residuo/1.26.31.06r.html>.

Tabla 3. Consumo de combustibles en la fabricación de ladrillos.

Municipio	Comunidad	Cantidad de hornos	No. de quemas al año	Aceite gastado		Leña y desperdicio de madera	Basura
				Litros	m³	Ton	Ton
Metepéc	San Jorge Pueblo Nuevo	12	55	90,500	90.50	-	-
	La Magdalena Ocotitlán	53	526	94,200	94.20	1.20	-
	Santiago Tlacotepec	3	36	6,000	6.00	-	-
	San Bartolo Tlatelulco	93	696	157,450	157.45	21.00	-
Toluca	Santiago Miltepec	5	56	-	-	33.00	12.00
	San Pablo Autopan	28	456	-	-	405.00	-
Zinacantepec	Santa Cruz Cuautenco	4	32	-	-	17.00	-
Xonacatlán	Mimiapan	7	56	-	-	76.00	-
Total		205	1,913	348,150	348.15	553.20	12.00

Fuente: Elaboración propia, con información proporcionada por la Coordinación Aire Limpio para el Valle de Toluca, año 2012.

Tabla 4. Consumo de combustibles en la fabricación de cerámica.

Municipio	Comunidad	Cantidad de hornos	Número de quemas anual	Aceite quemado		Leña y desperdicio de madera		Basura y llantas*	
				Litros	m³	m³	Ton	m³/pzas	Ton
Almoloya de Juárez	Santiaguito	17	684	34,000	34.00	-	5.00	-	-
Temascalcingo	Boqui	8	420	-	-	-	1.00	-	2.20
	Meza de Bañi	13	432	-	-	66.00	28.74	-	-
	San Juanico	14	420	-	-	-	-	-	3.60
	Santa María Centro	8	384	-	-	12.00	5.23	-	-
	Santiago Bachini	5	132	-	-	-	3.30	-	1.00
		8	96	-	-	-		66.00*	459.84
	Bombaro, Lajas	6	144	-	-	12.00	5.23	24.00	1.92
	Santiago Coachochitlán	99	3,084	-	-		85.70	-	49.80
		4	144	-	-	-	-	1,110.00*	1,090.00
	Total	186	6,048	34,000	34.00	90.00	134.195	24.00/ 1,176.00*	1,638.162

Fuente: Elaboración propia, con información proporcionada por la Coordinación Aire Limpio para el Valle de Toluca, año 2012.

* Esta cantidad está reportada en piezas, ya que corresponde a las llantas utilizadas en la quema.

2.2. Metodología

Para calcular las emisiones de contaminantes criterio se utilizó la metodología de la EPA (Agencia de Protección al Ambiente de Estados Unidos), el cálculo fue realizado por la quema de combustible empleado así como por la producción de ladrillos en los hornos mediante el uso de factores de emisión para esta actividad y por el tipo de material utilizado en cada quema, debido a que no existen factores para la entidad. Los contaminantes estimados fueron las PM₁₀ (partículas menores a 10 micrómetros), el CO (monóxido de carbono), el SO_x (dióxido de azufre), el NO_x (óxidos de nitrógeno) y COT (compuestos orgánicos totales). Ver tabla 5.

Tabla 5. Factores de emisión de la EPA para determinar contaminantes criterios utilizados para la producción de ladrillo y cerámica.

Combustible (unidad)	Factores de emisión de la EPA				
	PM ₁₀	CO	SO _x	NO _x	COT
• Aserrín y madera (g/kg/madera) ³	17.30	126.30	0.20	1.30	114.50
• Aceites gastados (kg/m ³ de aceite quemado) ⁴	4.59	0.6	14.11	2.28	0.12
• Llantas (g/kg llanta) ⁵	0.59	0.77	1.30	2.61	1.81
• Basura (kg/ton de basura) ⁶	31.32	0.86	1.76	2.26	ND

Fuente: EPA. Ver nota al pie de tabla.

Y para estimar las emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI) que son: CO₂ (bióxido de carbono), CH₄ (metano) y N₂O (óxido nitroso) se utilizaron los factores de emisión del IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático) que se encuentran en el Manual de Referencia de las Directrices del IPCC, del año 1996, Volumen 3. Los factores de emisión utilizados fueron para la Industria manufacturera, ya que no existen factores específicos para esta actividad y para la entidad. Ver tabla 6.

³ AP-42, Vol. 1, Sección 1.9 Residencial Fireplaces, Table 1.9-1

⁴ AP-42, Vol. 1, Sección 1.11 Waste Oil Combustion, Table 1.11-1, 1.11-2 y 1.11-3

⁵ U.S.EPA, OCT 1997. AIR EMISSIONS FROM SCRAP TIRE COMBUSTION

⁶ AP-42, 1996. Fifth Edition, Volume I, Chapter 2: Solid Disposal, Refuse Combustion Tabla 4-10

Tabla 6. Factores de emisión del IPCC para determinar contaminantes GEI utilizados para la producción de ladrillo y cerámica.

Combustible	Factores de emisión del IPCC		
	CO ₂ (Ton/TJ)	CH ₄ (Kg/TJ)	N ₂ O (Kg/TJ)
• Wood/Waste Wood	109.63	30.00	4.00
• Waste oil	109.63	30.00	4.00
• Charcoal/Waste ^a	109.63	30.00	4.00

Fuente: IPCC, 1996. Tabla 1.1 para CO₂, tabla 1.7 para CH₄ y tabla 1.8 para N₂O.

^a Aplica para estiércol y desechos agrícolas, municipales e industriales. IPCC, 1996. Box 1, Main Fuel Groups.

Para determinar las emisiones en unidades de CO₂ equivalente (CO₂eq) se utilizó el potencial de calentamiento global de cada contaminante y este se multiplicó por la masa del gas obtenido, tabla 7.

Tabla 7. Potencial de Calentamiento Global.

Contaminante	Potencial de Calentamiento Global
Dióxido de Carbono (CO ₂)	1
Metano (CH ₄)	21
Óxido Nitroso (N ₂ O)	310

Fuente: INECC, 2012.⁷

2.3. Emisiones de Contaminantes criterio

⁷ Los Potenciales de Calentamiento Global utilizados fueron los reportados por el INECC en el Inventario Nacional de Emisiones de GEI de la Quinta Comunicación Nacional ante la CMNUCC, pág. 182, valores estimados en un horizonte de 100 años.

Para estimar las emisiones de los contaminantes criterio, se empleó el valor del combustible consumido (el cuál se obtuvo multiplicando el número de hornos, cantidad de quemas por horno y el combustible quemado en cada horno) y se multiplica por el factor de emisión específico para el combustible utilizado, en la tabla 8 se muestran las emisiones totales por municipio y por contaminante derivado de la quema de combustibles, la producción de ladrillos y cerámica.

Tabla 8. Emisiones totales de contaminantes criterio por la producción de ladrillos y cerámica.

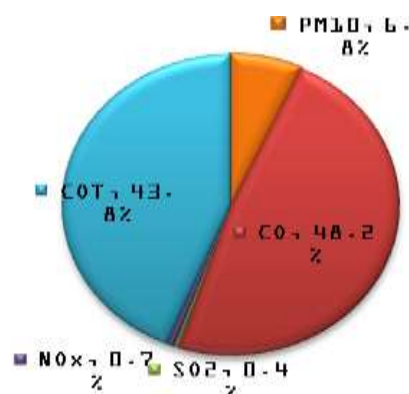
Municipio	Emisiones (toneladas anuales)				
	PM ₁₀	CO	SO _x	NO _x	COT
Fabricación de ladrillos*					
Metepec	96.268	691.354	6.008	7.908	626.615
Toluca	37.868	273.722	0.454	2.844	248.139
Zinacantepec	2.869	20.945	0.033	0.216	18.988
Xonacatlán	5.234	38.215	0.061	0.393	34.644
	142.239	1,024.236	6.556	11.361	928.386
Fabricación de cerámica					
Almoloya de Juárez	0.243	0.652	0.481	0.084	0.577
Temascalcingo	4.982	17.561	2.143	4.345	17.598
	5.225	18.213	2.624	4.429	18.175
Total	147.464	1,042.449	9.180	15.790	946.561

Fuente: Elaboración propia.

*Incluye las emisiones por la cocción del ladrillo.

En la gráfica 1, se observan los porcentajes de emisión, en donde el 48.2% y el 43.8% de las emisiones totales, es emitido por el CO y los COT, mientras que el resto de las emisiones lo emiten las PM₁₀ con 6.8%, los NO_x con 0.7% y los SO₂ el 0.4%.

Gráfica 1. Porcentaje de emisiones totales de contaminantes.



En la tabla 9 se presentan los resultados de la estimación de emisiones por la producción de ladrillos, utilizando los factores de emisión, la capacidad de cada uno de los hornos (en número de ladrillos), el número de quemas anuales y la masa del ladrillo (kg). Para esto se consideró que un ladrillo pesa aproximadamente 3.95 kg y contiene el 6% del aserrín que es utilizado como materia prima.

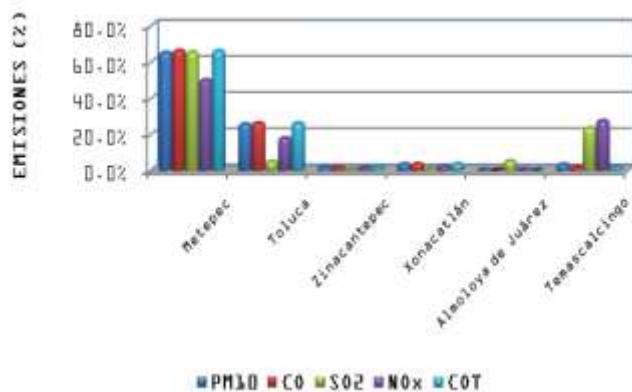
Tabla 9. Emisiones de contaminantes criterio por la producción de ladrillos.

Municipio	Producción anual de ladrillos	Producción anual (ton ladrillo cocido)	Emisiones (toneladas anuales)				
			PM ₁₀	CO	SOx	NOx	COT
Metepec	22,996,000	90,834	1.525	11.135	0.018	0.115	10.095
Toluca	7,296,000	28,819	28.389	207.257	0.328	2.133	187.893
Zinacantepec	628,000	2,481	2.575	18.798	0.030	0.193	17.042
Xonacatlán	956,000	3,776	3.920	28.616	0.045	0.295	25.942
Total	31,876,000	125,910	130.695	954.147	1.511	9.821	865.003

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la gráfica 2, el mayor número de emisiones es generado en Metepec con más del 60% de las PM₁₀, CO, SO₂ y COT, seguido de Toluca con más del 20% en PM₁₀, CO, y COT, Tenancingo con los SO₂ y los NOx y el resto de los municipios con emisiones menores al 5% de todos los contaminantes.

Gráfica 2. Porcentaje de emisiones de contaminantes criterio respecto al total de emisiones.



Municipio	PM ₁₀	CO	SO ₂	NO _x	COT
Metepec	65.3%	66.3%	65.4%	50.1%	66.2%
Toluca	25.7%	26.3%	5.0%	18.0%	26.2%
Zinacantepec	1.9%	2.0%	0.4%	1.4%	2.0%
Xonacatlán	3.5%	3.7%	0.7%	2.5%	3.7%
Almoloya de Juárez	0.2%	0.1%	5.2%	0.5%	0.1%
Temascalcingo	3.4%	1.7%	23.3%	27.5%	1.9%
Total	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

2.4. Emisiones de gases efecto invernadero (GEI)

Siguiendo la metodología del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático para el cálculo de las emisiones, ésta se realizó multiplicando la cantidad de combustible consumido por el factor de emisión, la cantidad de combustible empleado está descrito en el punto anterior, sin embargo éste se encuentra en unidades de masa o volumen, mientras que, para este caso es necesario obtenerlo en unidades de energía, por lo que se requirió utilizar el poder calorífico de cada uno de ellos, los cuales se encuentran representados en la tabla siguiente.

Tabla 10. Poderes caloríficos de los combustibles.

Combustible	Poder calorífico	
	Cantidad	Unidad
Aceite usado ⁸	44.5	MJ/m3
Madera ⁹	14,486	MJ/t
Llantas ¹⁰	34,890	MJ/t
Basura ¹¹	14.9	MJ/kg

En la siguiente tabla se observa la cantidad de emisiones de gases efecto invernadero (GEI), generadas por la quema de combustibles y la producción de ladrillos en cada municipio. Para obtener las emisiones del dióxido de carbono equivalente (CO_{2eq}), se convirtió al metano y al óxido nitroso a su valor de CO_{2eq}; multiplicando la masa del gas en cuestión por su potencial de calentamiento global (reportados en la tabla 7), obteniendo un valor total de 19,461.3 toneladas de CO_{2eq}.

Tabla 11. Emisiones totales de gases efecto invernadero por la producción de ladrillos y cerámica.

Municipio	Emisiones (toneladas anuales)			
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ eq
Fabricación de ladrillos *				
Metepec	8,692.447	2.379	0.317	8,840.713
Toluca	3,461.362	0.947	0.126	3,520.402
Zinacantepec	263.372	0.072	0.010	267.864
Xonacatlán	480.529	0.131	0.018	488.726
	12,897.710	3.529	0.471	13,117.705
Fabricación de cerámica				
Almoleya de Juárez	8.107	0.002	0.000	8.245
Temascalcingo	6,229.085	1.705	0.227	6,335.334
	6,237.192	1.707	0.228	6,343.579
Total	19,134.902	5.236	0.698	19,461.283

Fuente: Elaboración propia.

Se determinó en base a los datos obtenidos de la página <http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=2626>

⁹SENER (2012). Balance Nacional de Energía, 2011

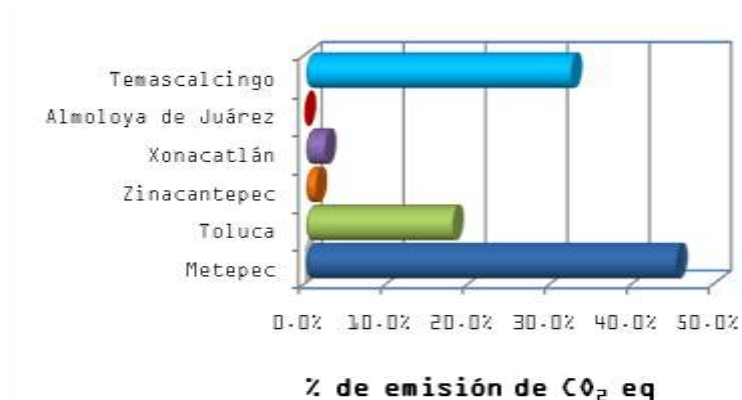
¹⁰www.residuossolidos.df.gob.mx/.../LLANTAS_USADAS_DIAG.pdf

¹¹ <http://www.iie.org.mx/boletin012011/inves.pdf>

*Incluye las emisiones por la cocción del ladrillo.

En la gráfica 3 se muestran los porcentajes de CO₂ equivalentes por municipio y en la cual se observa que el 45% lo emite Metepec, el 33% Temascalcingo, el 18% Toluca y el resto que corresponde al 3% y 1% lo emite Zinacantepec y Almoloya de Juárez.

Gráfica 3. Porcentaje de emisiones de CO₂ equivalente por municipio.



En la tabla 11 se presentan los resultados de la estimación de emisiones por la producción de ladrillos, utilizando los factores de emisión del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático por el uso de leña, la cantidad de combustible quemada se estimó en el punto anterior sólo que en esta ocasión se multiplico por el poder calorífico de este, reportado en la tabla 10 para poder utilizarlo en unidades de energía.

Tabla 12. Emisiones de gases efecto invernadero por la producción de ladrillos.

Municipio	Producción anual de ladrillos	Producción anual (ton ladrillo cocido)	Emisiones (toneladas anuales)			
			CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ eq
Metepec	22,996,000	90,834	8,655.492	2.368	0.316	8,803.127
Toluca	7,296,000	28,819	2,746.150	0.751	0.100	2,792.991
Zinacantepec	628,000	2,481	236.374	0.065	0.009	240.405
Xonacatlán	956,000	3,776	359.830	0.098	0.013	365.968
Total	31,876,000	125,910	11,997.845	3.283	0.438	12,202.491

Fuente: Elaboración propia.

La cantidad y el tipo de contaminante emitido se debe principalmente al combustible utilizado en la quema para la producción de los ladrillos y la cerámica, si bien podemos observar en el anexo 1, para el caso de los hornos que utilizan leña el mayor porcentaje de emisión se verá reflejado en las PM_{10} , CO y COT, que cuando se utilizan otros combustibles, por lo que se recomienda utilizar otro tipo de combustibles en la quema y así poder reducir las emisiones de esta actividad.

3. Conclusiones

De las emisiones:

- ✚ De acuerdo a las encuestas realizadas en el año 2012 en algunas comunidades de los municipios de Metepec, Toluca, Zinacantepec, Xonacatlán, Almoloya de Juárez y Temascalcingo se obtuvieron las emisiones de contaminantes criterio y de gases efecto invernadero de 205 hornos que producen ladrillos y realizaron en conjunto 1,913 quemas anuales y 182 hornos que fabrican cerámica y que tuvieron 5,940 quemas al año.
- ✚ Las emisiones totales de contaminantes criterio en toneladas anuales fueron de 1,042.4 (48.2%) de COT, 946.6 (43.8%) de CO, 147.5 (6.8%) de PM₁₀, 15.8 (0.7%) de NOx y 9.2 (0.4%) de SO₂, siendo Metepec y Toluca los municipios que mayor cantidad de éstos contaminantes generan.
- ✚ Las emisiones de gases efecto invernadero en toneladas de CO₂ eq fueron de 19,461.3, en donde Metepec, Temascalcingo y Toluca son los municipios que más emisiones generan.

De la cocción de ladrillos:

Se concluye que la contaminación que se genera por la cocción de ladrillo y la utilización de combustibles altamente contaminantes no solo afecta a la población donde se encuentran ubicados los hornos, sino también a las poblaciones cercanas ya que los humos viajan a través del aire y las cenizas se van esparciendo a través de la pluma de humo que se va generando ; además del daño que se le está generando al ambiente también se observó que los aceites se vierten en el suelo ya sea como desecho o por accidente dejando graves daños, ya que no se cuenta con un manejo adecuado ni destinos finales para éstos. Por lo cual se propone:

- ✚ Realizar modificaciones al sistema de cocción para poder realizar un mejor control de emisiones a la atmosfera, considerar contar con hornos ladrilleros más eficientes y mejorados, que permitan una mejor distribución del combustible dentro del horno y

que además el humo sea canalizado de manera adecuada hacia la salida correspondiente.

- ✚ Controlar el tipo de combustible a utilizar para el quemado (como la leña), si es posible cambiarlo por un combustible alternativo que genere menos contaminación de tipo sólida, líquida y gaseosa como: el gas lp, incluso los aceites gastados, debido a que su factor de emisión de contaminantes es mucho menor.
- ✚ Capacitar a las personas que se encuentran laborando en los hornos ladrilleros para el uso, manejo y disposición final de los residuos generados.

4. Bibliografía

1. CIEMAD-IPN, 2009. Emisiones derivadas de la producción de ladrillos en el Estado de México.
2. Enciclopedia virtual. Características físicas de los residuos sólidos urbanos. <http://www.ambientum.com/enciclopedia/residuo/1.26.31.06r.html/Página> consultada en abril del 2014.
3. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (Siglas en inglés: IPCC). Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Versión en Español. Programa del IPCC sobre inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. 2000.

http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/spanish/gpgaum_es.h

4. INECC y Ecología de León Guanajuato, 2011. Determinación de emisiones de gases efecto invernadero en base a factores de emisión y monitoreos de eficiencia energética en la comunidad ladrillera El Refugio, León Guanajuato. Programa de eficiencia energética en ladrilleras artesanales de América Latina para mitigar el cambio climático – EELA.
5. IPCC, 1996. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Reference Manual (Volume 3).
6. José Luis Arvizu Fernández, 2010. La basura como recurso energético. Situación actual y Prospectiva en México. Artículo publicado en la Revista Ingeniería Civil, edición 496.
7. Ministerio de Minas y Energía, 2001. Transformación de los aceites usados para su utilización como energéticos en procesos de combustión, Unidad de Planeación Energética, Bogotá, Colombia.
8. PNUMA, 2005. Emisiones de Dioxinas y Furanos por quema de Biomasa.

-
9. Pontificia Universidad Católica del Perú, 2012. Estudio de análisis de ciclo de vida entre ladrillos artesanales y ladrillos mecanizados, San Jerónimo – Cuzco.
 10. SENER, 2012. Balance Nacional de Energía, 2011, México.
 11. SMAGEM, 2005. Inventario de emisiones a la Atmósfera de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca, Toluca, Estado de México.
 12. U.S.EPA, 1993. Emission Factor, Documentation for AP-42, Section 2.1, Refuse Combustion.
 13. U.S.EPA, 1996. Emission Factor, External Combustion Sources for AP-42, Section 1.6, Wood Residue Combustion in Boilers.
 14. U.S.EPA, 1996. Emission Factor, External Combustion Sources for AP-42, Section 1.9, Residential Fireplaces.
 15. U.S.EPA, 1996. Emission Factor, External Combustion Sources for AP-42, Section 1.11, Waste Oil Combustion

Anexos

Tabla A1. Emisiones de contaminantes criterio por comunidad.

		Emisiones (toneladas anuales)				
HORNOS LADRILLEROS		PM ₁₀	CO	SO ₂	NO _x	COT
Metepec	San Jorge Pueblo Nuevo	4.868	32.562	1.329	0.541	29.481
	La Magdalena Ocotitlán	39.133	282.597	1.777	3.123	256.154
	Santiago Tlacotepec	2.242	16.167	0.110	0.180	14.654
	San Bartolo Tlatelulco	50.025	360.028	2.792	4.064	326.325
Toluca	Santiago Miltepec	2.472	15.313	0.045	0.185	13.873
	San Pablo Autopan	35.396	258.408	0.409	2.660	234.266
Zinacantepec	Santa Cruz Cuautenco	2.869	20.945	0.033	0.216	18.988
Xonacatlán	Mimiapan	5.234	38.215	0.061	0.393	34.644
		142.239	1,024.236	6.556	11.361	928.386
HORNOS DE CERÁMICA						
Almoloya de Juárez	Santiaguito	0.243	0.652	0.481	0.084	0.577
Temascalcingo	Boqui	0.086	0.128	0.004	0.006	0.115
	Meza de Bañi	0.497	3.630	0.006	0.037	3.291
	San Juanico	0.113	0.003	0.006	0.008	0.000
	Santa María Centro	0.090	0.660	0.001	0.007	0.598
	Santiago Bachini	0.088	0.418	0.002	0.007	0.378
	Santiago Bachini	0.271	0.354	0.598	1.200	0.832
	Bombaro, Lajas	0.151	0.662	0.004	0.011	0.598
	Santiago Coachochitlán	3.042	10.867	0.105	0.224	9.813
	Santiago Coachochitlán	0.643	0.839	1.417	2.845	1.973
		5.225	18.213	2.624	4.429	18.175
Total		147.464	1,042.449	9.180	15.790	946.561

Tabla A2. Emisiones de GEI por comunidad.

		Emisiones (toneladas anuales)			
HORNOS LADRILLEROS		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ eq
Metepec	San Jorge Pueblo Nuevo	409.202	0.112	0.015	416.182
	La Magdalena Ocotitlán	3,553.240	0.972	0.130	3,613.847
	Santiago Tlacotepec	203.281	0.056	0.007	206.748
	San Bartolo Tlatelulco	4,526.724	1.239	0.165	4,603.936
Toluca	Santiago Miltepec	212.029	0.058	0.008	215.645
	San Pablo Autopan	3,249.333	0.889	0.119	3,304.756
Zinacantepec	Santa Cruz Cuautenco	263.372	0.072	0.010	267.864
Xonacatlán	Mimiapan	480.529	0.131	0.018	488.726
		12,897.710	3.529	0.471	13,117.705
HORNOS DE CERÁMICA					
Almoleya de Juárez	Santiaguito	8.107	0.002	0.000	8.245
Temascalcingo	Boqui	5.182	0.001	0.000	5.270
	Meza de Bañi	45.648	0.012	0.002	46.427
	San Juanico	5.881	0.002	0.000	5.981
	Santa María Centro	8.300	0.002	0.000	8.441
	Santiago Bachini	6.874	0.002	0.000	6.992
	Santiago Bachini	1,758.943	0.481	0.064	1,788.945
	Bombaro, Lajas	11.436	0.003	0.000	11.631
	Santiago Coachochitlán	217.454	0.060	0.008	221.164
	Santiago Coachochitlán	4,169.367	1.141	0.152	4,240.483
		6,237.192	1.707	0.228	6,343.579
Total		19,134.902	5.236	0.698	19,461.283

Tabla A3. Emisiones de contaminantes criterio por tipo de combustible y comunidad.

Emisiones (toneladas anuales)							
HORNOS LADRILLEROS			PM ₁₀	CO	SO ₂	NOx	COT
Metepec	San Jorge Pueblo Nuevo	Aceite gastado	0.415	0.054	1.277	0.206	0.011
		Leña	4.453	32.507	0.051	0.335	29.470
	La Magdalena Ocotitlán	Aceite gastado	0.432	0.057	1.329	0.215	0.011
		Leña	38.701	282.540	0.447	2.908	256.143
	Santiago Tlacotepec	Aceite gastado	0.028	0.004	0.085	0.014	0.001
		Leña	2.214	16.164	0.026	0.166	14.654
	San Bartolo Tlatelulco	Aceite gastado	0.723	0.094	2.222	0.359	0.019
		Leña	49.302	359.934	0.570	3.705	326.306
Toluca	Santiago Miltepec	Leña	2.096	15.303	0.024	0.158	13.873
		Basura	0.376	0.010	0.021	0.027	-
	San Pablo Autopan	Leña	35.396	258.408	0.409	2.660	234.266
Zinacantepec	Santa Cruz Cuautenco	Leña	2.869	20.945	0.033	0.216	18.988
Xonacatlán	Mimiapan	Leña	5.234	38.215	0.061	0.393	34.644
			142.239	1,024.236	6.556	11.361	928.386

HORNOS DE CERÁMICA							
Almoloya de Juárez	Santiaguito	Aceite gastado	0.156	0.020	0.480	0.078	0.004
		Leña	0.087	0.632	0.001	0.007	0.573
Temascalcingo	Boqui	Leña	0.017	0.126	0.000	0.001	0.115
		Basura	0.069	0.002	0.004	0.005	-
	Meza de Bañi	Leña	0.497	3.630	0.006	0.037	3.291
	San Juanico	Basura	0.113	0.003	0.006	0.008	-
	Santa María Centro	Leña	0.090	0.660	0.001	0.007	0.598
	Santiago Bachini	Leña	0.057	0.417	0.001	0.004	0.378
		Basura	0.031	0.001	0.002	0.002	-
		Llantas	0.271	0.354	0.598	1.200	0.832
	Bombaro, Lajas	Leña	0.090	0.660	0.001	0.007	0.598
		Basura	0.060	0.002	0.003	0.004	-
	Santiago Coachochitlán	Leña	1.483	10.824	0.017	0.111	9.813
		Basura	1.560	0.043	0.087	0.112	ND
		Llantas	0.643	0.839	1.417	2.845	1.973
*			5.225	18.213	2.624	4.429	18.175
		Total	147.464	1,042.449	9.180	15.790	946.561

Tabla A4. Emisiones de GEI por tipo de combustible y comunidad.

Emisiones (toneladas anuales)						
HORNOS LADRILLEROS			CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ eq
Metepec	San Jorge Pueblo Nuevo	Aceite gastado	0.442	0.000	0.000	0.449
		Leña	408.761	0.112	0.015	415.733
	La Magdalena Ocotitlán	Aceite gastado	0.460	0.000	0.000	0.467
		Leña	3,552.780	0.972	0.130	3,613.379
	Santiago Tlacotepec	Aceite gastado	0.029	0.000	0.000	0.030
		Leña	203.251	0.056	0.007	206.718
	San Bartolo Tlatelulco	Aceite gastado	0.768	0.000	0.000	0.781
		Leña	4,525.956	1.238	0.165	4,603.155
Toluca	Santiago Miltepec	Leña	192.426	0.053	0.007	195.709
		Basura	19.602	0.005	0.001	19.937
	San Pablo Autopan	Leña	3,249.333	0.889	0.119	3,304.756
Zinacantepec	Santa Cruz Cuautenco	Leña	263.372	0.072	0.010	267.864
Xonacatlán	Mimiapan	Leña	480.529	0.131	0.018	488.726
			12,897.710	3.529	0.471	13,117.705

HORNOS DE CERÁMICA						
Almoloya de Juárez	Santiaguito	Aceite gastado	0.166	0.000	0.000	0.169
		Leña	7.941	0.002	0.000	8.076
Temascalcingo	Boqui	Leña	1.588	0.000	0.000	1.615
		Basura	3.594	0.001	0.000	3.655
	Meza de Bañi	Leña	45.648	0.012	0.002	46.427
	San Juanico	Basura	5.881	0.002	0.000	5.981
	Santa María Centro	Leña	8.300	0.002	0.000	8.441
	Santiago Bachini	Leña	5.241	0.001	0.000	5.330
		Basura	1.634	0.000	0.000	1.661
		Llantas	1,758.943	0.481	0.064	1,788.945
	Bombaro, Lajas	Leña	8.300	0.002	0.000	8.441
		Basura	3.136	0.001	0.000	3.190
	Santiago Coachochitlán	Leña	136.104	0.037	0.005	138.426
		Basura	81.350	0.022	0.003	82.738
		Llantas	4,169.367	1.141	0.152	4,240.483
			6,237.192	1.707	0.228	6,343.579
Total			19,134.902	5.236	0.698	19,461.283

GOBIERNO DEL ESTADO DE MÉXICO

Eruviel Ávila Villegas

Gobernador Constitucional del Estado de México

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE

Miguel Ángel Contreras Nieto

Secretario de Medio Ambiente

Susana Libián Díaz González

Directora General de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica

INSTITUTO ESTATAL DE ENERGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

Lic. Margarita Díaz Sánchez

Encargada de la Dirección General del IEECC

COORDINACIÓN

COORDINACIÓN AIRE LIMPIO PARA EL VALLE DE TOLUCA (DGPCCA)

Raquel agamí Quezada

SUBDIRECCIÓN DE ADAPTACIÓN Y CRECIMIENTO VERDE (IEEC)

Lic. Margarita Díaz Sánchez

DEPARTAMENTO DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO (IEEC)

M. en C. Luis Felipe Bautista Gorostieta

ELABORACIÓN (IEEC)

Bibiana Valdez Avendaño

COLABORACIÓN (DGPCCA)

Celia Leticia Ortiz Ramírez

Hilda Valdez Hinojosa

Rocío Fuentes Mendoza

D.R. © Instituto Estatal de Energía y Cambio Climático

Octubre 2015

Conjunto Sedagro S/N,
Ex Rancho San Lorenzo,
Metepéc, Estado de México
C.P. 52140

ieeccgem@gmail.com



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO