

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Tesis previa a la obtención del título
de Ingeniero Ambiental

TEMA

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CONTAMINACIÓN
ATMOSFÉRICA PRODUCIDA POR LA COMBUSTIÓN EN
LADRILLERAS ARTESANALES UTILIZANDO TRES TIPOS
DE COMBUSTIBLES.

AUTORES

Jorge Luis Jaya Sucozhañay,
José Luis Gomezcoello Vásquez.

DIRECTOR

Ingeniero Servio Astudillo

Cuenca, Enero del 2012

RESUMEN

El presente trabajo pretende identificar un aproximado de emisiones contaminantes del aire proveniente de ladrilleras artesanales con la finalidad de establecer iniciativas que puedan reducir la contaminación atmosférica producida especialmente en la etapa de quema de ladrillos.

Los datos necesarios para la investigación se los recolecta de algunas ladrilleras ubicadas al noroeste del cantón Cuenca en los sectores de Racar, Santa Isabel, Las Cochas, El Chorro, Cruz Calle, Sigcho, Galuay y Sinincay; datos con los cuales se elabora un inventario de emisiones que sirva como base para evaluar los cambios en el tiempo así como para contribuir con la gestión de la calidad del aire.

Para la producción artesanal de ladrillos se consideran como indicadores a los contaminantes primarios: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), compuestos orgánicos volátiles (COV), dióxido de azufre (SO₂) y material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM₁₀); el inventario no incluye la estimación de los gases metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂) ya que según el criterio aplicado por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, los rellenos sanitarios y las fábricas de ladrillos no son fuentes de emisiones netas de CO₂.

Las emisiones de gases contaminantes de las ladrilleras artesanales se encuentran relacionadas con la baja eficiencia energética que se da principalmente en los hornos de cocción, debido a que no son construidos con estudios técnicos sino por iniciativa propia de los dueños y al manejo de los combustibles que no son utilizados adecuadamente para la combustión.

La capacidad promedio de los hornos se estimó en 8500 ladrillos y el proceso de combustión también determina la calidad del producto. La configuración de los ladrillos dentro del horno, dificulta la presencia de oxígeno, ocasionando una combustión incompleta y deficiente a temperaturas que no son suficientemente altas para quemar toda la leña.

La buena combustión se realiza por un equilibrio entre la cantidad de combustible y la cantidad de oxígeno del aire necesario para ésta reacción química. Como resultado de esta quema deficiente, se requiere gastar más combustible que el requerido pues la eficiencia térmica es muy baja, lo que redundaría en el alto costo de las quemas con el consiguiente encarecimiento de los procesos de producción o en su defecto se podrían originar productos de baja calidad.

Si la leña de eucalipto, usada tradicionalmente como combustible, no proporciona la energía suficiente para una quema óptima, por lo tanto mayor emisión de gases, se utilizarán otros combustibles; primero se utilizará la leña sola, luego se utilizará la leña de eucalipto con GLP (leña-GLP) y luego se quemará con leña y diesel (leña-diesel).

Debido a las particularidades de los hornos y la forma como se realiza la quema artesanal de ladrillos, resulta complejo efectuar estudios y análisis, in-situ, tanto de la eficiencia energética como de las emisiones atmosféricas que se originan en éste proceso por lo cual se realizarán ensayos en el laboratorio en donde se puedan determinar los parámetros necesarios para proponer alternativas de disminución de gases contaminantes en la actividad ladrillera artesanal.

DEDICATORIA

A mis queridos padres, que siempre me han apoyado y ayudado para que pueda superarme y finalmente cristalizar mis metas propuestas y a mi DIOS que siempre me brinda la fortaleza y capacidad para lograr mis objetivos.

José Luis G.

A los amigos, compañeros y familiares que constantemente me impulsan en busca de nuevos retos y desafíos, afirmando su confianza en las aptitudes que con el transcurso de la amistad se fortalecen.

Jorge Luis Jaya.

AGRADECIMIENTO

Al Ing. José Ulloa por el tiempo dedicado en la etapa final y revisión del escrito,

Al Ing. Servio Astudillo por todo el apoyo proporcionado para el planteamiento y elaboración del presente trabajo.

Al Ing. Carlos Peralta por su colaboración con los ensayos de compresión

Al Gremio de Maestros Artesanos en Alfarería y Afines de Sinincay por la acogida para levantar la información necesaria de éste trabajo en sus ladrilleras artesanales.

Los Autores

CERTIFICACIÓN

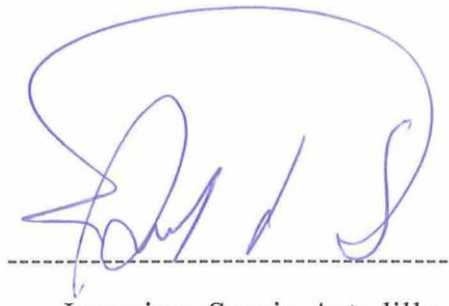
Ing. Servio Astudillo

Docente de la Carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Politécnica Salesiana

C E R T I F I C O:

Que el presente trabajo fue desarrollado por José Luis Gomezcoello Vásquez y Jorge Luis Jaya Sucozhañay bajo mi supervisión.

Cuenca, Enero del 2012



Ingeniero Servio Astudillo

DIRECTOR DE TESIS

DEDICATORIA DE RESPONSABILIDAD

Los conceptos desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo, para la obtención del título en Ingeniería Ambiental, son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Cuenca, Enero del 2012



.....
José Luis Gomezcoello Vásquez



.....
Jorge Luis Jaya Sucozhañay

ÍNDICE

Contenido	Página
CAPÍTULO N° 1	
INTRODUCCIÓN	
1.1. GENERALIDADES.....	11
1.1.1. JUSTIFICACIÓN.....	11
1.1.2. DELIMITACIÓN.....	12
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.3. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN.....	14
1.4. OBJETIVOS.....	14
1.4.1. GENERAL.....	14
1.4.2. ESPECÍFICOS.....	15
1.5. HIPÓTESIS.....	15
1.6. BENEFICIARIOS DE LA PROPUESTA DE INTERVENCIÓN.	16
1.6.1. SECTOR SOCIAL.....	16
1.6.1.1. Los Productores de Ladrillos.....	16
1.6.2. SECTOR INSTITUCIONAL.....	16
1.6.3. SECTOR PERSONAL.....	17
1.7. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	17
1.7.1. LA ATMÓSFERA.....	17
1.7.1.1. Composición de la Atmósfera.....	18
1.7.1.2. Estructura de la atmósfera.....	18
1.7.2. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.....	20
1.7.2.1. Efectos de la Contaminación Atmosférica a Escala Regional.....	21
1.7.2.2. Efectos de la Contaminación del Aire Sobre la Salud Humana.....	22

CAPÍTULO N° 2.**LADRILLERAS ARTESANALES
EN LA CIUDAD DE CUENCA**

2.1.	SITUACIÓN LABORAL.....	23
2.1.1.	SEGURIDAD OCUPACIONAL.....	28
2.1.2.	COGNITIVA SOCIAL.....	30
2.2.	PROCESO DE ELABORACIÓN DE LADRILLOS.....	31
2.2.1.	EXTRACCIÓN.....	31
2.2.2.	PREPARACIÓN.....	32
2.2.3.	FORMACIÓN.....	33
2.2.4.	SECADO.....	35
2.2.5.	QUEMA.....	36

CAPÍTULO N° 3.**INVENTARIO DE EMISIONES DE LAS
LADRILLERAS ARTESANALES**

3.1.	CARACTERÍSTICAS.....	37
3.2.	PROPÓSITO.....	37
3.3.	CONTAMINANTES.....	38
3.4.	FACTORES DE EMISIÓN Y METODOLOGÍA.....	38
3.5.	ESTIMACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS.....	40
3.5.1.	UBICACIÓN, TOPOGRAFÍA Y METEOROLOGÍA.....	40
3.5.2.	DINÁMICA SOCIAL.....	42
3.5.3.	CATEGORÍAS DE USOS DEL SUELO.....	44
3.5.4.	CÁLCULO DE EMISIONES.....	45
3.5.4.1.	Generación de Emisiones en el Proceso de Combustión.....	45
3.5.4.1.1.	Emisiones de PM ₁₀	48
3.5.4.1.2.	Emisiones de Monóxido de Carbono.....	49

Contenido **Página**

3.5.4.1.3. Emisiones de Dióxido de azufre.....	50
3.5.4.1.4. Emisiones de Óxidos de nitrógeno.....	51
3.5.4.1.5. Emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles.....	52
3.5.4.2. Generación de Emisiones Totales de la Combustión en la Fabricación Artesanal de Ladrillos.....	53
3.6. RESULTADOS DEL INVENTARIO.....	54
3.6.1. EMISIÓN DE CONTAMINANTES.....	54

CAPÍTULO N° 4

EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA
ELABORACIÓN ARTESANAL DE LADRILLOS

4.1. EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	55
4.1.1. CONCEPTO.....	55
4.1.2. OBJETIVO.....	55
4.1.3. DISPONIBILIDAD DE LA ENERGÍA.....	56
4.1.4. LA ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE.....	56
4.1.5. LA ENERGÍA EN LADRILLERAS ARTESANALES.....	57
4.2. CONSUMO DE ENERGÍA EN EL PROCESO DE QUEMA DE LADRILLOS.....	58
4.2.1. CARACTERÍSTICAS DEL HORNO.....	59
4.2.2. EVALUACIÓN TÉCNICA DE HORNOS.....	60
4.2.2.1. Evaluación de Temperatura.....	60
4.2.2.2. Problemas en la Combustión.....	61
4.2.3. PROBLEMAS EN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS HORNOS.....	62
4.2.3.1. Combustión incompleta de los combustibles empleados.....	62
4.2.3.2. La mayor parte de los hornos son abiertos.....	62
4.2.3.3. Calidad deficiente de los productos.....	63

Contenido **Página**

4.2.4.	CARACTERÍSTICAS DE LOS COMBUSTIBLES: LEÑA, GLP Y DIESEL.....	63
4.2.4.1.	Leña de Eucalipto.....	64
4.2.4.2.	Gas Licuado de Petróleo.....	70
4.2.4.3.	Diesel.....	74
4.2.4.4.	Ventajas de los Combustibles Gaseosos frente a los Líquidos.....	75
4.2.4.5.	Combinación de combustibles.....	76

CAPÍTULO N° 5

QUEMA DE LADRILLOS EN EL LABORATORIO

5.1.	ELABORACIÓN DEL HORNO A ESCALA.....	77
5.2.	SISTEMAS DE COMBUSTIÓN.....	80
5.3.	CÁLCULO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	82
5.3.1.	ENERGÍA MÍNIMA DE COMBUSTIBLE REQUERIDA PARA QUEMAR UN KILOGRAMO DE LADRILLO.....	82
5.3.2.	ENERGÍA CONSUMIDA EN LA QUEMA DE LADRILLOS EN EL LABORATORIO.....	84
5.3.2.1.	Quema con leña de eucalipto como combustible.....	84
5.3.2.2.	Quema con la mezcla de leña y GLP como combustible.....	85
5.3.2.3.	Quema con la mezcla de leña y diesel como combustible.....	87
5.4.	CALIDAD DE LOS LADRILLOS DEL ENSAYO.....	90
5.5.	MEDICIÓN DE GASES DE COMBUSTIÓN.....	92
	CONCLUSIONES.....	97
	RECOMENDACIONES.....	100
	BIBLIOGRAFÍA.....	102
	ANEXOS.....	105

CAPÍTULO N° 1

INTRODUCCIÓN

1.1. GENERALIDADES

1.1.1. JUSTIFICACIÓN

La contaminación atmosférica es uno de los problemas medioambientales que en la actualidad se extiende con mayor rapidez, ya que se transporta aire contaminado a todos los rincones del mundo. La mayor parte de la contaminación atmosférica procede de las emisiones que resultan de la quema de carbón y petróleo con el fin de generar energía para uso industrial y doméstico.

La presente investigación se fundamenta en el aumento significativo que ha tenido con el pasar del tiempo la producción artesanal de ladrillos en la ciudad de Cuenca y sus alrededores, considerando que esta actividad se desenvuelve de forma desordenada en ciertos casos, lo que conlleva a una mayor utilización de recursos energéticos, los mismos que se requieren principalmente para el funcionamiento de los hornos, en donde se produce una combustión cuyo resultado a más de la generación de energía es la emisión de varios contaminantes hacia la atmósfera lo cual perturban a los diferentes ecosistemas de la zona y contribuyen con el incremento del efecto invernadero.

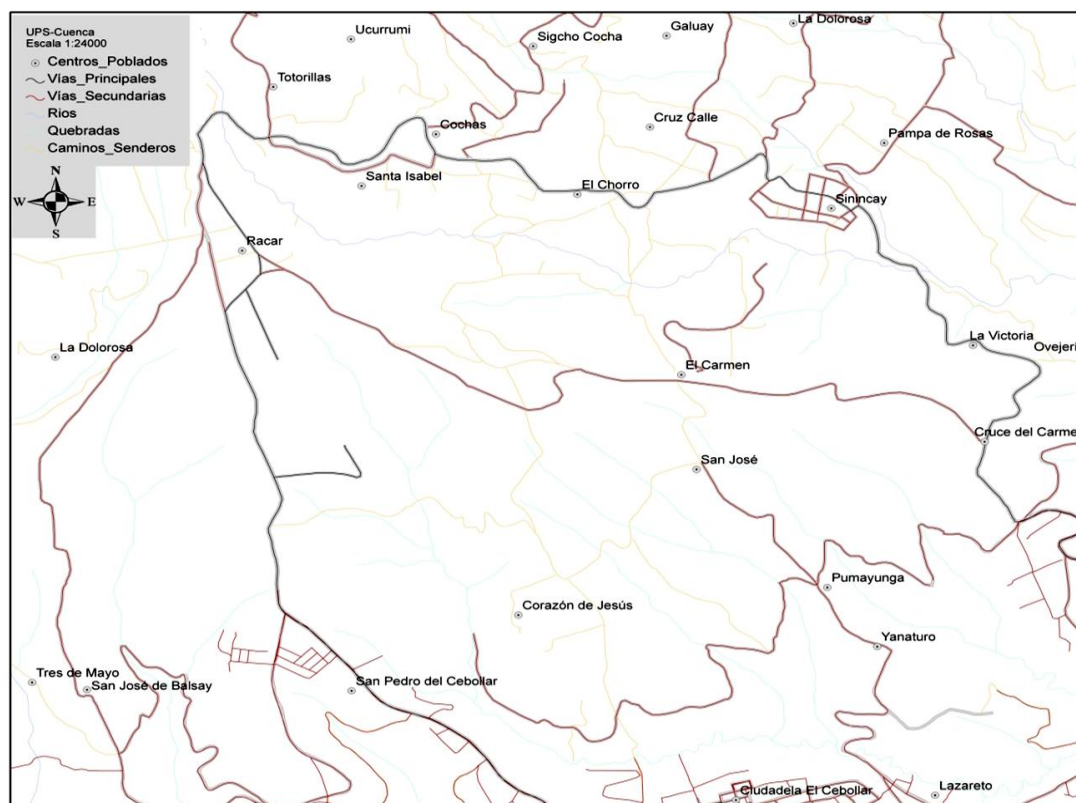
Para realizar nuestro estudio previamente se elaborará una descripción, ubicación y cuantificación de las diferentes ladrilleras de la zona ya que actualmente no se cuenta con un registro adecuado de las mismas que es de importancia para el desarrollo de la ciudad.

Este trabajo de investigación también nos permitirá determinar cuál de las alternativas estudiadas y analizadas son las que más se adapten a nuestro medio a fin de presentar una propuesta que consiga disminuir la emisión de gases contaminantes a la atmósfera, involucrando para esto un cambio en la utilización del combustible y de esta manera recomendar a la colectividad ladrillera, nuevas políticas para el mejoramiento de la calidad del aire de la ciudad y la salud en general.

1.1.2. DELIMITACIÓN

El presente trabajo de investigación se llevará a cabo en primera instancia con el levantamiento de información con respecto a la contaminación atmosférica, abarcando un número representativo de ladrilleras artesanales del cantón Cuenca ubicadas en los sectores de Racar, Santa Isabel, Las Cochas, El Chorro, Cruz Calle, Sigcho, Galuay y Sinincay (gráfico 1), procediendo con esta información a la construcción de un horno prototipo y a la realización de los análisis para reducir la contaminación ocasionada en la fase de combustión, esto se tiene previsto cumplir en un periodo de tiempo de 6 meses, incluyendo todos los conocimientos adquiridos para abordar íntegra y satisfactoriamente con los objetivos y metas propuestas.

Gráfico 1: Sectores de Sinincay y Racar



Fuente: Los Autores

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La combustión que forma parte en la producción artesanal de ladrillos en la Ciudad de Cuenca, debido a su deficiente manejo, infraestructura y tecnología, emite gases y cenizas contaminantes que afectan de carácter desfavorable tanto a la salud de los seres humanos, como de los animales y las plantas de la zona así como de importantes áreas y comunidades que se encuentran alrededor de las ladrilleras; y a su vez también afectan a la composición química de la atmósfera contribuyendo con el deterioro del medio ambiente.

El CO y el material particulado (generalmente compuestos de hidrocarburos, sulfuro y cenizas metálicas) son los principales contaminantes que se emiten y son los que mayores efectos adversos causan, por lo que serán estos los indicadores en los cuales se plantea ésta problematización, tomando en cuenta que no existe ningún tipo de información certificada sobre las ladrilleras o su producción.

1.3. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

Para ejecutar este proyecto se iniciará con el levantamiento de información mediante la elaboración de un inventario de las fuentes de emisiones, en donde se determine los tipos de combustibles que se utilizan en la producción, los tipos de hornos con las que están equipados, entre otros; ya que estos son los principales factores que influyen en las emisiones atmosféricas; recolectando de esta manera la distinta información que involucra la producción de ladrillos, partiendo desde la ubicación de las ladrilleras, la forma en que utilicen los combustibles, los residuos que se producen; para luego analizar los datos y tener una fuente certera de las condiciones en las que se fabrican los ladrillos de manera artesanal.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. GENERAL

Establecer iniciativas para reducir la contaminación atmosférica de la combustión y aumentar la eficiencia productiva en las ladrilleras artesanales de la ciudad de Cuenca.

1.4.2. ESPECÍFICOS

- Realizar un inventario con los distintos talleres de ladrilleras artesanales que se encuentran en la zona inmediata de influencia urbana al noroccidente de la ciudad de Cuenca.
- Mejorar el proceso de combustión a través de la optimización del combustible utilizado para disminuir los niveles de emisiones a la atmósfera resultado de la combustión.
- Determinar los niveles de emisiones que se producen en la quema de ladrillos con cada uno de los tres combustibles (leña de eucalipto, leña-GLP, leña-diesel).
- Aumentar los beneficios de la producción, estableciendo la mejor alternativa para la quema de ladrillos.
- Realizar pruebas físicas a los ladrillos obtenidos en el laboratorio para determinar si cumplen las normas que regulan el uso del producto en el mercado.

1.5. HIPÓTESIS

La hipótesis a utilizarse será de tipo correlacional ya que expresa la relación entre las variables que utilizaremos (combustible y gases contaminantes emitidos) debido a que no expresarán una relación de causalidad y para verificarlas se utilizan pruebas o ensayos de correlación.

Se utilizarán tres tipos de combustible: el primero será leña de eucalipto 100% que servirá como referencia, el segundo será una mezcla de leña (50%) con GLP, y el tercer tipo de combustible será una mezcla de leña (50%) con diesel.

Con estos parámetros se plantea la siguiente hipótesis:

- La quema de ladrillos con las mezclas de combustibles leña-GLP y leña-diesel, mejoran la eficiencia energética produciendo menor cantidad de emisiones atmosféricas contaminantes que la quema con leña de eucalipto solamente.

1.6. BENEFICIARIOS DE LA PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

1.6.1. SECTOR SOCIAL

Este trabajo de investigación está destinado a mejorar la calidad del aire para una mejor calidad de vida tanto en los sectores donde se encuentran ubicadas las ladrilleras así como en la ciudad de Cuenca.

1.6.1.1. Los Productores de Ladrillos

Mediante la eficiencia energética se economizaría la utilización de combustible en la etapa de quema permitiendo la reducción de los impactos ambientales.

1.6.2. SECTOR INSTITUCIONAL

Para la UPS es importante el desarrollo de proyectos como éste porque se está procediendo de acuerdo a la visión y misión de la universidad. Esta actividad proporciona una importante base de datos que a través de la universidad se pondría a consideración de la sociedad en general para la promoción de nuevas investigaciones.

1.6.3. SECTOR PERSONAL

Este trabajo es la consecución de una importante etapa académica, que nos permitirá desarrollarnos profesionalmente de acuerdo a nuestros conocimientos adquiridos, nuestra cultura, nuestros valores y principios, en pro de un bienestar en común, un ambiente sano, de acuerdo a las exigencias que encontramos en la actualidad.

1.7. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.7.1. LA ATMÓSFERA

Para empezar nuestro presente trabajo abarcaremos un estudio correspondiente a la atmósfera terrestre, su composición, estructura y la contaminación de la misma, siendo esta última la parte que determinará nuestro posterior análisis con respecto al estudio en el horno artesanal con respecto a la combustión en la quema de los ladrillos.

La atmósfera terrestre al ser la parte gaseosa que rodea el planeta, constituye la capa más externa y menos densa de la Tierra, está formada de varios gases que varían en cantidad de acuerdo a la presión a distintas alturas, la solución que compone la atmósfera es la que de forma general la denominamos aire.

La importancia y la directa relación que existe entre la superficie terrestre con los acontecimientos tanto naturales como antropogénicos y la atmósfera es que alrededor del 75% de esta última se encuentra en los primeros 11 km de altura desde la superficie planetaria.

Por lo tanto, la atmósfera como tal es una capa de gases que protege la vida de la Tierra, absorbiendo gran parte de la radiación solar ultravioleta en la capa de ozono.

1.7.1.1. Composición de la Atmósfera

Tras millones de años, y debido al transcurso de la vida en el planeta la composición de la atmósfera se ha transformado una y otra vez.

Un ejemplo claro de esto es su considerable cantidad de oxígeno la cual es posible gracias a las formas de vida, como son las plantas y otros organismos fotosintéticos que convierten el dióxido de carbono en oxígeno, el cual es respirable y también por las demás formas de vida, tales como los seres humanos y los animales en general.

En la atmósfera se pueden distinguir dos zonas con diferente composición, la Homosfera y la Heterosfera.

La Homosfera está comprendida entre los 100 km inferiores y su composición es constante y uniforme, tiene un 21% de oxígeno, 78% de nitrógeno, 0,94/% de argón, 0,046% de dióxido de carbono y otros gases como vapor de agua, hidrógeno, helio, neón, ozono en menores proporciones.

En lo que tiene que ver con la Heterosfera esta va desde los 100 km hasta el límite superior de la atmósfera aproximadamente unos 10.000 km y está compuesta por diferentes capas que varían con respecto a la altura.

1.7.1.2. Estructura de la atmósfera

Con respecto a la estructura de la atmósfera está formada por capas que determinan la variación de la temperatura en relación con la altitud, existen entonces cinco capas las cuales las describimos a continuación:

Troposfera.- Su espesor va desde la superficie terrestre hasta unos 6 km en las zonas polares y hasta 18 o 20 km en la zona intertropical, su temperatura va disminuyendo con la altitud. En la troposfera suceden los fenómenos que componen lo que llamamos el tiempo meteorológico.

Estratosfera.- La estratosfera es la segunda capa de la atmósfera de la Tierra, tiene este nombre debido a que está dispuesta en capas más o menos horizontales, su espesor va desde los 9 a 18 km hasta los 50 km, la temperatura permanece constante para después aumentar con la altitud, a medida que se sube, la temperatura en la estratosfera aumenta. Este aumento de la temperatura se debe a que los rayos ultravioleta transforman al oxígeno en ozono, proceso que involucra calor pues el aire al ionizarse, se convierte en un buen conductor de la electricidad y por ende del calor.

Mesosfera.- La mesosfera es la tercera capa de la atmósfera de la Tierra. Va desde los 50 km hasta los 80 a 90 km, la temperatura disminuye nuevamente con la altitud, es decir a medida que se sube, como sucede en la troposfera, pudiendo llegar a ser de hasta -90° C. Es la zona más fría de la atmósfera.

Ionosfera.- Conocida también como Termosfera es la cuarta capa de la atmósfera de la Tierra. Su espesor va desde los 80 a 90 km hasta los 600 a 800 km, la temperatura aumenta con la altitud. Se encuentra arriba de la mesosfera a esta altura el aire es muy tenue y la temperatura cambia con la actividad solar. Si el sol está activo, las temperaturas en la termosfera pueden llegar a 1.500° C e incluso más altas.

Exosfera.- Es la última capa de la atmósfera terrestre, su límite inferior está a una altura de entre 600 a 700 km aproximadamente, y se extiende más allá de los 1100km. En esta capa de la atmósfera los gases poco a poco se dispersan hasta que la composición es similar a la del espacio interplanetario.

1.7.2. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Se puede definir como un contaminante atmosférico a cualquier sustancia que añadida a la atmósfera produce un efecto apreciable sobre las personas o el medio ambiente en general provocando daño y riesgos a los mismos.

Como principales mecanismos de contaminación atmosférica que conocemos están los procesos industriales que implican combustión, esto ya sea en fábricas, automóviles, en nuestros hogares debido a las calefacciones residenciales, se generan gases contaminantes como lo son el dióxido de carbono y monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y azufre, hidrocarburos, entre otros.

La contaminación del aire puede ser primaria o secundaria. Un agente contaminante primario es aquel que es liberado directamente hacia el aire, como en el caso de los escapes producto de la combustión de los carros. Un agente contaminante secundario se forma en la atmósfera mediante reacciones químicas de agentes contaminantes primarios, como ejemplo podemos mencionar el dióxido de nitrógeno NO_2 , que se forma al oxidarse el contaminante primario NO y el ozono.

Existen también contaminantes que provienen de fuentes naturales como por ejemplo los incendios forestales que emiten partículas, gases y sustancias que se evaporan en la atmósfera. Los volcanes arrojan dióxido de azufre y cantidades importantes de roca de lava pulverizada conocida como cenizas

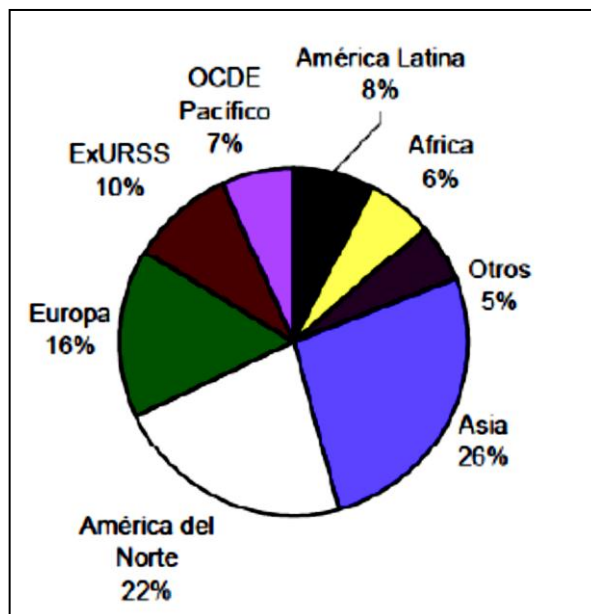
volcánicas. El metano se forma en los procesos de descomposición de la materia orgánica.

1.7.2.1. Efectos de la Contaminación Atmosférica a Escala Regional

La contaminación atmosférica produce un cambio climático a nivel tanto regional como mundial, siendo éste uno de los mayores problemas ambientales que sufrimos en la actualidad generado principalmente por el incremento en la concentración de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero.

La generación de Gases Efecto Invernadero en América Latina es aproximadamente el 8%. Enfrenta grandes riesgos y sufrirá numerosas consecuencias debido a los cambios climáticos globales.

Gráfico 2: Generación de gases de efecto invernadero



Fuente: Cámara de Comercio de Bogotá, 2010

1.7.2.2. Efectos de la Contaminación del Aire Sobre la Salud Humana

Las relaciones que existen entre las enfermedades humanas y la exposición a la contaminación no son tan sencillas de descifrar y ni se conocen con mucha exactitud, entonces hablamos de un problema complejo que aumenta con el pasar del tiempo pues los niveles de contaminación no disminuyen, las ciudades crecen, por ende su parte industrial, así como los parques automotores, disminuyen los espacios verdes y esto ha generado la necesidad de estudiar los enlaces existentes entre la contaminación atmosférica y los efectos para la salud.

Los efectos negativos sobre la salud se han puesto de manifiesto en algunos países con mayor impacto ambiental negativo con incluso el aumento de la mortalidad sobre todo en las personas de edad avanzada o en los individuos más sensibles por cualquier razón. Pero el problema puede ser también inminente en el caso de países como el nuestro pues resultan más difíciles de discernir los efectos que, a largo plazo, pueden producir las exposiciones episódicas a elevadas, medias y bajas concentraciones de contaminantes.

Los aumentos en la contaminación del aire se han ligado al deterioro en la función pulmonar y aumentos en los ataques cardíacos. Niveles altos de contaminación atmosférica según el Índice de Calidad del Aire de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés) perjudican directamente a personas que padecen asma y otros tipos de enfermedad pulmonar o cardíaca. Los ancianos y los niños son especialmente vulnerables a los efectos de la contaminación del aire. El nivel de riesgo depende de varios factores:

- La cantidad de contaminación en el aire.
- La cantidad de aire que respiramos en un momento dado.
- La salud general que tenga sensibilidad por cualquier causa.

CAPÍTULO N° 2.

LADRILLERAS ARTESANALES EN LA CIUDAD DE CUENCA

2.1. SITUACIÓN LABORAL

En la actividad de fabricación de ladrillos, podríamos considerar que la principal diferencia entre el sector artesanal con el sector industrial es la utilización del horno industrial el cual cuenta con los estudios y diseños debidos para su implementación y funcionamiento.

Los talleres de ladrillos netamente artesanales (que son los que enfocamos en el presente trabajo), están operando con hornos convencionales con un proceso de fabricación de ladrillos rudimentario incluyendo a las herramientas y en algunos casos maquinaria como la extrusora.

Para lo que concierne a nuestro estudio se considerará dentro del sector artesanal aquellos talleres que producen ladrillos con operaciones elementales, que puedan incluir una extrusora pero que en el proceso de quema utilicen hornos convencionales como el de fuego dormido.

Las herramientas que se utilizan en el sector artesanal son generalmente de fabricación casera como son los moldes de madera, aunque existen ciertos talleres que cuentan ya con extrusoras básicas de tecnología muy limitada para el moldeado de sus productos, pero siguen siendo artesanales debido a que la extrusora se utiliza solamente durante la formación y moldeado del ladrillo que no supera las cinco horas a la semana, estas máquinas están en su

mayoría acopladas a motores a diesel o gasolina. Las herramientas empleadas en estos talleres son básicamente las mismas que se usan en el sector agrícola para labrar la tierra y en el sector de la construcción, así tenemos:

- Palas
- Picos
- Carretillas
- Barretas
- Machetes
- Cubetas y baldes
- Moldes de madera.

El sector artesanal, por lo general está formado por talleres de tipo familiar, que mantienen la misma infraestructura usada desde los inicios de esta actividad en la zona, pudiéndose destacar principalmente los siguientes elementos:

- Extracción de tierras, está localizada a escasos metros del área misma de trabajo, que por lo general está dentro de los predios de la propiedad de la familia dueña del taller, cuando se utilizan mezclas de arcilla y no se encuentran en la propiedad, se procede a comprar la arcilla mediante el comercio local y se la deposita cerca del área de trabajo para reducir dificultades de distancias y el tiempo en el transporte, optimizando los mismos.

Imagen 1: Extracción de tierra.



Fuente: Ladrillera artesanal Riera-Guachichulca.

- Pozo para la preparación, trituración y homogenización de las tierras, conocido con el nombre de Noque, con dimensiones aproximadas de 3 a 5 metros de diámetro.

Imagen 2: Noque



Fuente: Ladrillera artesanal Jesús Puma

- Área de formación y secado de las piezas, que se caracteriza por ser una zona cubierta, sin paredes y con una estructura de pilares de madera con techos de zinc o plástico de uno o dos pisos para el acomodo de las piezas moldeadas, que facilita la circulación del aire en su interior.

Imagen 3: Secado de ladrillos



Fuente: Ladrillera artesanal Ladrimax

- Área de almacenamiento y secado de leña, generalmente de eucalipto, la cual es obtenida mediante el comercio local y será utilizada como combustible en el proceso de quema, también se utiliza leña que resulta como residuos en procesos de carpintería o de construcciones de viviendas pero en poca cantidad ya que su comercialización es en forma discontinua y no siempre está al alcance cuando se la requiere.

Imagen 4: Leña de eucalipto



Imagen 5: Residuo de carpinterías.



Fuente: Ladrillera artesanal Jesús Puma

- Área de quema del ladrillo, que es el lugar en donde se encuentra el horno, con un diseño tradicional, denominado también horno de fuego dormido, se localiza siempre cerca de las vías de acceso a la ladrillera para facilitar la carga y descarga de los ladrillos ya que por lo general cuando se descarga el ladrillo se lo coloca directamente en el transporte para su comercialización.

Imagen 6: Horno artesanal para ladrillos



Fuente: Ladrillera artesanal Francisco Quinde.

2.1.1. SEGURIDAD OCUPACIONAL

En lo referente a la seguridad industrial y salud ocupacional en los talleres del sector artesanal está caracterizado por su casi total ausencia, pues al ser estos familiares, no se puede esperar que sus miembros estén afiliados al IESS de una manera formal, aunque existe un número significativo de personas que dicen estar afiliados al Seguro Social Campesino.

Las personas que trabajan en este sector, aseguran no usar la protección adecuada debido a que esta es una actividad que no usa productos químicos peligrosos.

El contacto con una concentración alta pero no determinada de Monóxido de Carbono (CO) proveniente del proceso de quema en el horno, no se lo toma en cuenta por las personas que están encargadas de controlar la cocción de los ladrillos, las cuales por lo general pasan más de 3 horas en la parte inferior del horno, que es por donde ingresan los combustibles para la quema.

La ventaja de este tipo de horno, es que en su parte superior son abiertos por los costados y pueden tener una ventilación adecuada, aunque lo más aconsejable sería realizar un estudio de las condiciones respiratorias de estas personas.

Las condiciones de trabajo de los talleres ladrilleros artesanales, en los últimos años se han puesto cada vez más difíciles, debido a una serie de problemas, algunos de los cuales son genéricos de la región, mientras que otros son propios del sector, así podemos citar:

- Una marcada falta de mano de obra, debida principalmente por la migración de la gente hacia las ciudades y especialmente hacia el

extranjero, es lo que hace que los tiempos de producción se alarguen y que estos talleres funcionen únicamente cuando la familia puede colaborar con las diferentes actividades para la producción de una quema.

- Poco a poco, se va notando una escasez de arcilla y tierras usadas para la fabricación de ladrillos, lo que ha hecho que ahora los propietarios de los hornos deban comprar la tierra en lugares un tanto distantes al taller, y en consecuencia se incrementen los costos de producción de sus productos.
- Para un grupo de artesanos que vienen trabajando en la parte artesanal, desde hace algunas generaciones, se les ha presentado un problema legal, debido a las constantes “denuncias de minas” por parte de personas que ni siquiera viven en el sector, lo cual les está impidiendo la extracción de la arcilla de sus propias tierras, con el consecuente malestar y encarecimiento de productos.
- Las carreteras que llegan desde la ciudad, se encuentran sin el debido mantenimiento, lo que dificulta en gran medida un comercio directo entre los productores y el mercado final, debiendo estos entregar a intermediarios que se aprovechan de éstas condiciones para pagar a los productores precios muy inferiores a los del mercado.
- La proliferación de pequeñas industrias que usan extrusoras para el moldeado de los ladrillos, que en definitiva lo que se logra es producir en un tiempo más reducido, con la consecuente disminución de los costos de producción, principalmente debido a que al ser ladrillos huecos (tipo “*tochana*”), requieren una cantidad mucho menor de leña para el proceso de quema y un menor tiempo de enfriamiento.

Estos problemas han traído como consecuencia el cierre y abandono de un sinnúmero de talleres y fábricas de este tipo, quedando prácticamente los talleres que funcionan en base al trabajo de los miembros de la familia.

2.1.2. COGNITIVA SOCIAL

En el sector ladrillero artesanal, al ser en su gran mayoría de carácter familiar, el personal que ahí labora, a pesar que cuenta con una identidad de pertenencia hacia todos los aspectos que enmarcan su actividad, no cuentan con una capacitación formal en lo referente a los procesos necesarios para la manufactura de los mencionados bienes, pero un factor que vale la pena destacar, es el hecho de que los responsables de la selección de tierras, inspección de las condiciones de fabricación, control de la combustión en los hornos y proceso de quema, cuentan con una experiencia de prácticamente toda una vida en este trabajo (45 años aproximadamente), lo cual les hace contar con un valioso conocimiento y una suficiente autoridad como para saber si el proceso está o no realizándose en condiciones controladas.

Los principiantes o ayudantes, van aprendiendo el oficio de manera paulatina, sin realizar ningún aporte para el mejoramiento de los diferentes procesos. De allí y por qué este sector no ha evolucionado de la misma manera que las otras áreas del trabajo con cerámicas.

2.2. PROCESO DE ELABORACIÓN DE LADRILLOS

2.2.1. EXTRACCIÓN

El proceso de extracción y selección de tierras se lo realiza de manera manual, el artesano ubica el tipo de tierra que necesita para la fabricación de sus productos, la extrae con ayuda de herramientas como pico, pala, barreta, carretillas, etc. Para este caso, el efecto sobre el paisaje se lo podrá observar en el mediano y largo plazo, y no es mayormente significativo, ya que por lo general los propios artesanos son los encargados de sembrar y reforestar con especies nativas propias del sector.

Imagen 7: Extracción de tierra



Fuente: Ladrillera artesanal Riera-Guachichulca

2.2.2. PREPARACIÓN

El proceso de preparación de la “pasta” comienza con la dosificación de las tierras en el pozo de preparación o Noque, una vez que se ha completado la dosificación de las tierras, se procede al “pisado” usando para este efecto bueyes o caballos, los cuales por un lapso que va entre 8 a 12 horas están continuamente caminando y pisando la mezcla de tierras, para que éstas se disgreguen y homogenicen hasta formar una pasta que tenga una consistencia apropiada para la formación y el moldeado.

En el transcurso de este proceso, el encargado de controlar el mismo, debe sacar continuamente piedras gruesas y rocas que no se han diseminado y que podrían producir problemas de calidad en los procesos de secado y quema.

Imagen 8: Preparación de la pasta en Noque.



Fuente: Ladrillera artesanal Francisco Quinde.

Cuando existe la disponibilidad y los recursos necesarios, se puede adquirir una máquina extrusora que es la que realiza el proceso de elaboración de la pasta, para posteriormente realizar el moldeado.

Imagen 9: Preparación de la pasta en extrusora.



Fuente: Ladrillera artesanal Riera-Guachichulca

2.2.3. FORMACIÓN

El proceso de formación o moldeado en los talleres artesanales se lo lleva a cabo con el denominado moldeado manual, en el cual se usan moldes de madera fabricados por los mismos artesanos, con medidas estandarizadas a través del tiempo y la experiencia de estos.

Este proceso, consiste en colocar el molde previamente humedecido en una superficie plana, acondicionada especialmente para este efecto, en este molde se vierte la cantidad suficiente de pasta y se nivela hasta dejar una superficie uniforme, una vez que el ladrillo así formado, ha perdido la suficiente humedad como para soportar su propio peso, es desmolado para continuar con el proceso de secado.

Imagen 10: Preparación de pasta.



Imagen 11: Moldeado de ladrillos



Fuente: Ladrillera artesanal 24 de Mayo

Cuando el proceso se lo realiza con la máquina extrusora, el moldeado sale directamente para su posterior secado.

Imagen 12: Moldeado de ladrillos

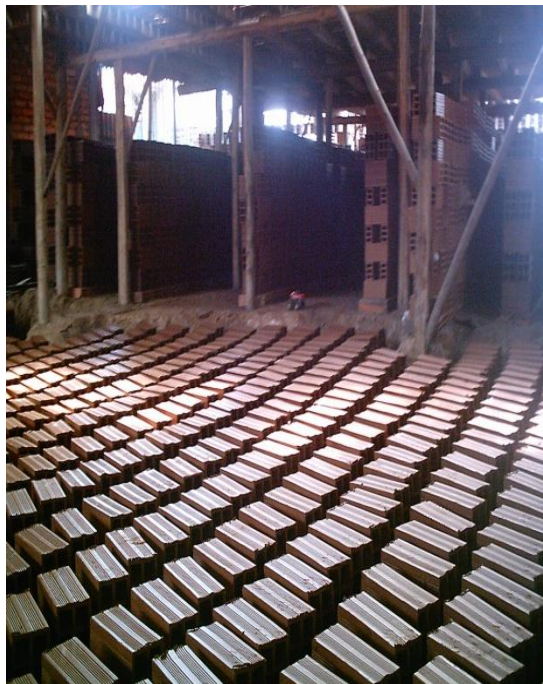


Fuente: Ladrillera artesanal Reina de la Nube

2.2.4. SECADO

El proceso de secado, en la totalidad de talleres ladrilleros, se lo realiza de una manera natural, que consiste en acomodar de forma ordenada los ladrillos para que pierdan humedad en un ambiente con ventilación normal (corrientes naturales de viento).

Imagen 13: Secado de ladrillos



Fuente: Ladrillera artesanal San José

Este proceso, dependiendo del tipo de producto que se esté secando y de las condiciones climáticas, puede durar entre 4 días y dos semanas, durante este tiempo, los responsables del seguimiento del secado, pueden cambiar de posición o de zona a un lote específico que se haya o no secado correctamente, para procurar que el lote total mantenga un rango de humedad lo más homogéneo posible.

2.2.5. QUEMA

En el proceso de quemado para la producción de los ladrillos se utiliza un horno artesanal de fuego dormido, el cual difiere en capacidad de un taller a otro de acuerdo a la producción, y es construido en base a la experiencia de los artesanos, pues no existe ningún tipo de cálculo para el diseño de la hoguera y del espacio para los ladrillos.

Imagen 14: Quema de ladrillos



Fuente: Ladrillera Reina del Cisne

El proceso de quema, se lo realiza en tiempos variables, dependiendo del tipo de producto que se fabrique pudiendo ser estos los ladrillos o tejas; para el caso de los ladrillos se puede decir que el tiempo que dura la quema no es menor a las 15 horas y mayor a 30 horas.

La frecuencia de la quema promedio de dos veces por mes, depende tanto del comercio de los ladrillos como de la mano de obra para realizarlos ya que la mayoría de artesanos queman de acuerdo a los pedidos (en unidad de ladrillo) que tengan y de acuerdo al tiempo que se demore en el secado puesto que influye mucho las condiciones climáticas.

CAPÍTULO N° 3.

INVENTARIO DE EMISIONES DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES

3.1. CARACTERÍSTICAS

Un Inventario de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos consiste en determinar las cantidades de contaminantes que se incorporan al aire proveniente de todo tipo de fuente en un periodo dado de tiempo y en un área determinada, en general, un contaminante del aire puede definirse como toda sustancia liberada a la atmósfera que altera la composición natural del mismo y que produce efectos adversos en los seres humanos, animales, vegetación o materiales.

3.2. PROPÓSITO

Identificar y determinar el aporte aproximado de contaminantes atmosféricos provenientes del Gremio de Maestros Artesanos en Alfarería y Afines Sinincay, como base para evaluar sus cambios en el tiempo así como para contribuir con la gestión de la calidad del aire, requerida para proteger la salud y la calidad de vida de la población del cantón Cuenca.

3.3. CONTAMINANTES

Cuando hablamos de contaminantes del aire, nos referimos a cualquier sustancia que altere sus propiedades físicas y químicas. Para la producción artesanal de ladrillos se consideran como indicadores a los contaminantes primarios: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), compuestos orgánicos volátiles (COV), dióxido de azufre (SO₂) y material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM₁₀); este inventario no incluye la estimación del metano (CH₄) y del dióxido de carbono (CO₂) ya que según el criterio aplicado por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático¹ los rellenos sanitarios y las fábricas de ladrillos no son fuentes de emisiones netas de CO₂.

3.4. FACTORES DE EMISIÓN Y METODOLOGÍA

Ante la falta de factores de emisiones nacionales o locales propios, bajo el criterio de máximo ajuste a la realidad local los factores de emisión aplicados fueron seleccionados de los propuestos por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA por sus siglas en inglés).

Los factores de emisión a ser tomados en cuenta son de los contaminantes producidos por la combustión de leña (g/kg leña) tabla 1 y el factor de emisión para ladrillo quemado sobre la base de experimentación local, que es de 63.8 (g/ladrillo) de emisiones totales.

¹ IPCC. Revised Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory, 1996 y 2006.

Tabla 1: Factores Emisión ladrilleras

FACTORES DE EMISIÓN PARA LADRILLERAS	
Contaminante	Factor de emisión (ton/kg)
PM ₁₀	1.57x10 ⁻⁵
Monóxido de carbono	1.97x10 ⁻⁵
Dióxido de azufre	1.8x10 ⁻⁷
Óxidos de nitrógeno	1.18x10 ⁻⁶
Compuestos orgánicos volátiles	2.1x10 ⁻⁵
Emisión por ladrillo quemado	2.15x10 ⁻⁵

Fuente: EPA, 1995

Las emisiones totales de las ladrilleras se estiman aplicando el modelo de cálculo:

$$ET = FE * NA$$

Donde:

ET: Emisiones Totales (ton/año)

FE: Factor de Emisión de contaminantes totales por la actividad

NA: Nivel de Actividad en unidades por tiempo

Las emisiones individuales de los contaminantes de la combustión se calculan con la siguiente ecuación:

$$E_c = FE * CC * Na$$

Donde:

Ec: Emisión del Contaminante (ton/año)

FE: Factor de Emisión del contaminante por combustible dado

CC: Consumo de Combustible por la actividad

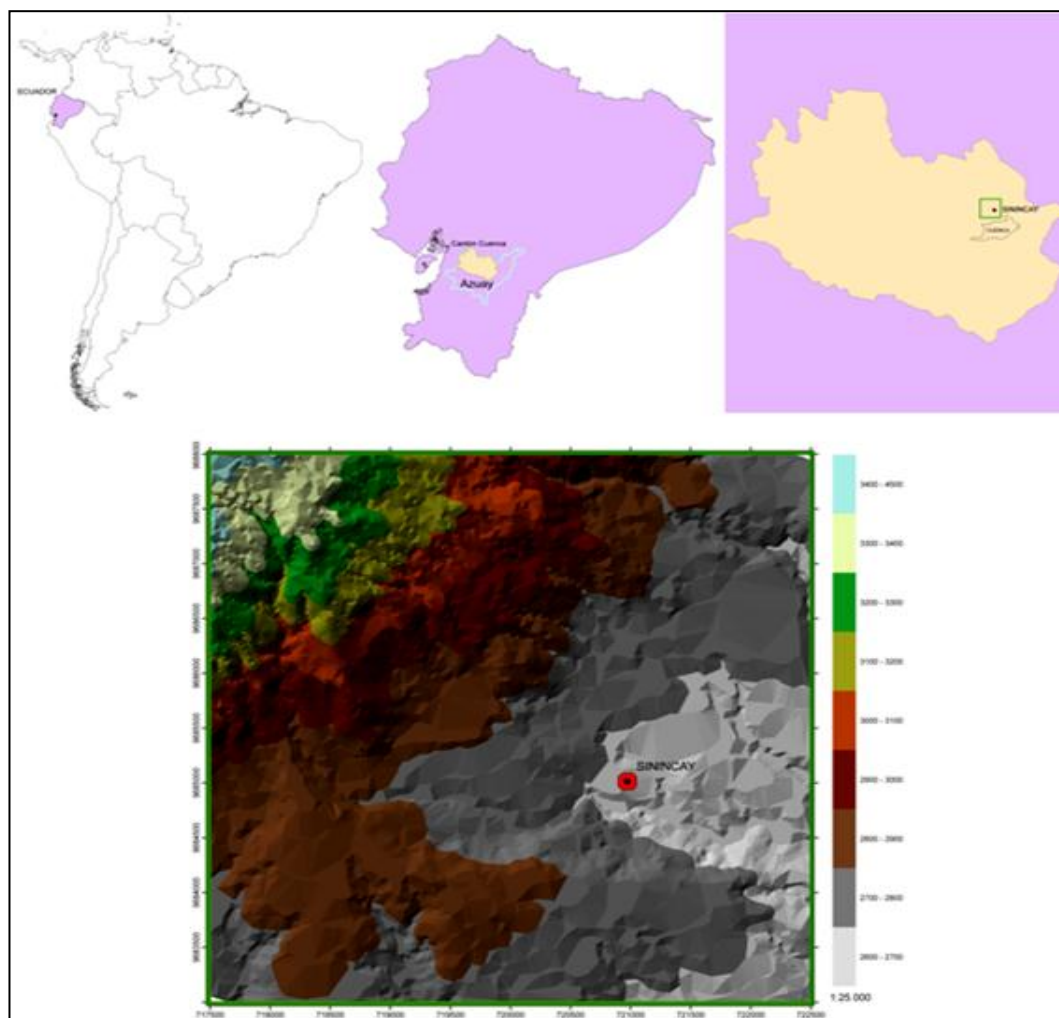
NA: Nivel de actividad en unidades por tiempo

3.5. ESTIMACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS

3.5.1. UBICACIÓN, TOPOGRAFÍA Y METEOROLOGÍA

El Gremio de Maestros Artesanos en Alfarería y Afines Sinincay tienen sus ladrilleras ubicadas al noroccidente de la ciudad de Cuenca a una cota media de 2700 msnm, comprendiendo las parroquias de Chiquintad y Sinincay de las 22 parroquias rurales pertenecientes al cantón Cuenca que, a su vez, es uno de los 15 cantones que conforman la provincia del Azuay al sur de Ecuador.

Gráfico 3: Mapa de Ubicación del Proyecto



Fuente: Los Autores

Las parroquias de Chiquintad y Sinincay presentan una topografía compleja ya que su territorio forma parte de la cordillera Occidental. En la parroquia Chiquintad se localizan los ríos: Patamarca, Quintul, Chacayacu y Chulco; mientras que la parroquia Sinincay es atravesada por un solo río que lleva su mismo nombre; todos estos afluentes del río Machángara que a su vez desemboca en el río Paute, afluente del Amazonas.

El cantón Cuenca en general posee un clima de montaña, por lo que en la ciudad se tiene un clima templado de 15 °C promedio con una pluviosidad anual de 700 a 1.100 mm y 75% de humedad relativa. La época lluviosa se presenta normalmente de febrero a mayo y de octubre a noviembre.

La época seca, se presenta de junio a septiembre y con menor intensidad de diciembre a enero. La velocidad media del viento es de alrededor de 4 m/s entre abril y mayo y de 5,5 m/s en dos periodos: diciembre - enero y julio - agosto. El viento predominante proviene del noreste en sentido contrario al flujo de los afluentes del río Paute.

3.5.2. DINÁMICA SOCIAL

Sinincay es una Parroquia que existe 156 años, fundada el 5 de Febrero de 1853, y apareció como anexo de la Parroquia de San Sebastián.

El 31 de Julio del año 2000 se publicó en el Registro Oficial No 1325 el Acuerdo de creación de la Parroquia Hermano Miguel y así la parroquia perdió a los barrios: El Progreso, La Compañía y las ciudadelas Patamarca, El Rosal y los Trigales.² Según el Levantamiento realizado en este año, también quedaron fuera de los límites parroquiales los barrios Santa Ana y Santa Fe, que estuvieron dentro de la Comunidad El Cruce al Carmen.

Su nombre significa “*Quebrada Honda u Hondonada del Zorro*”, esto se debió por la peculiar característica de su relieve y porque hasta en la actualidad se puede evidenciar la presencia de estos animales en la zona².

La agricultura y la ganadería son las ocupaciones a las que tradicionalmente se han dedicado los Sinincaenses; actualmente los cultivos ya no rinden lo suficiente, sólo se trabaja para la subsistencia; debido a estas causas los habitantes tienen que salir a otros lugares para buscar su sustento diario ocupándose principalmente en la rama de la construcción, como obreros de fábrica, empleados de instituciones y en diversos negocios y servicios de la ciudad de Cuenca.

² Revista Sinincay (publicación 2008)

Dentro de Sinincay, sus artesanos se especializan en la producción marmolera, la fabricación de tejas, ladrillos, baldosas y un 23 por ciento de las mujeres en el tejido de sombreros de paja toquilla.

No obstante de su excelente calidad, la producción de sombreros, sufre las fluctuaciones del mercado internacional.

Según los datos del censo del 2001³, la estructura económica de la población de (5 y más años) está integrada por 4.977 personas, el 60,2 por ciento son hombres y el 39,8 por ciento mujeres.

Se dedican a la agricultura y ganadería el 16 por ciento, en las industrias manufactureras se ocupan el 45 por ciento, destacándose dentro de ellas, la fabricación de prendas de vestir, la fabricación de otros productos minerales no metálicos (tejas, ladrillos, baldosas) y la fabricación de muebles.

En la industria de la construcción laboran el 15 por ciento de los habitantes de la parroquia; el 9 por ciento se dedican al comercio y dentro de esta actividad, el comercio al por menor es el más importante; y, el resto de la población, se encuentra ocupada en la rama de los servicios, destacándose los servicios de transporte y servicio doméstico, como los más representativos.

A raíz de la baja del precio de los ladrillos y la dificultad de mejorar la tecnología utilizada, debido a la pequeña escala en que se manejan estas empresas, los habitantes de Sinincay han experimentado una masiva migración, sobre todo los varones han salido hacia otros lugares del país y al exterior.

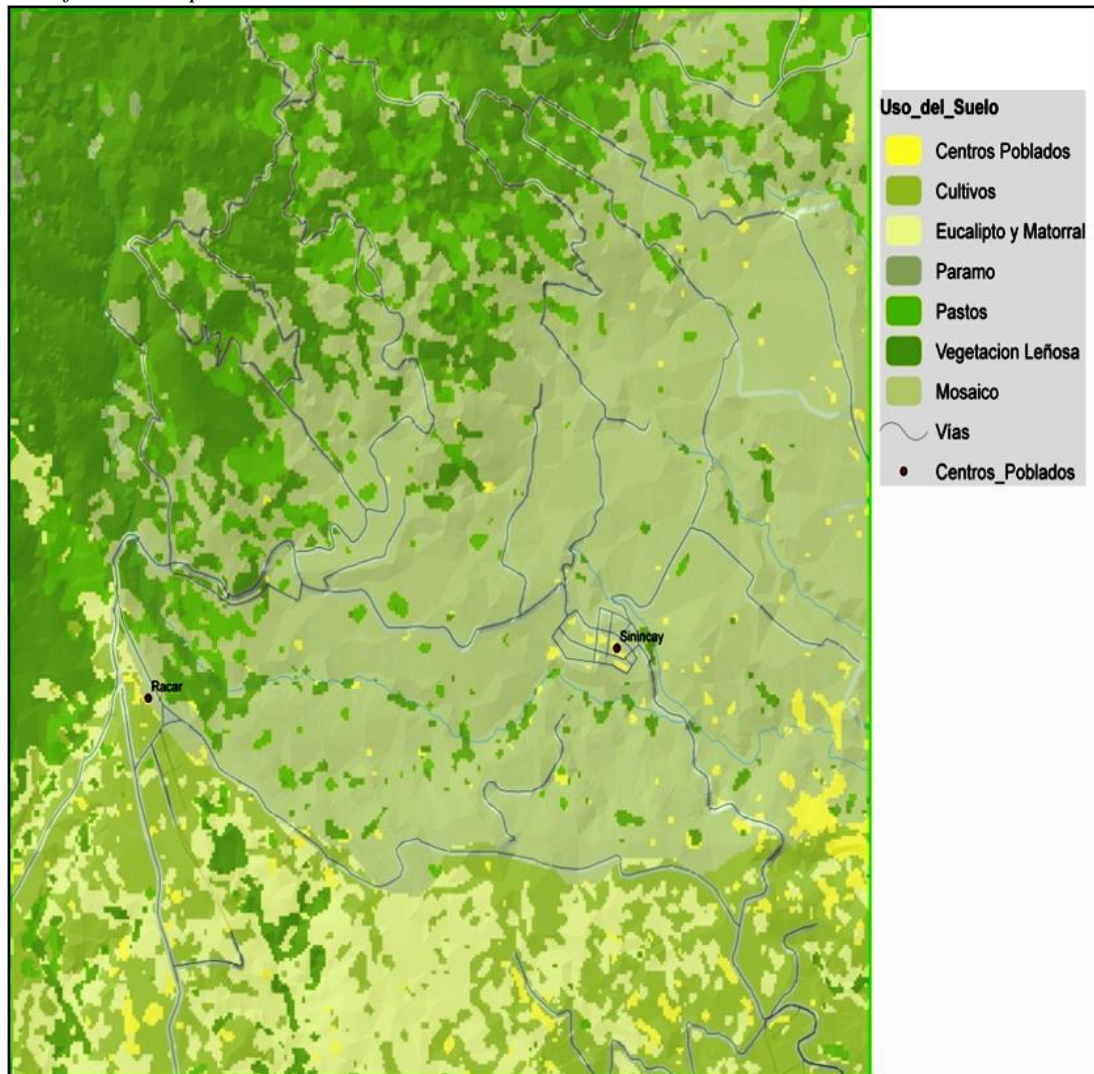
³ INEC censo 2001

Según los datos del censo antes mencionado, durante los últimos 5 años (a partir de noviembre de 1.996), salieron de la parroquia y aún no retornan 813 personas distribuidos en 577 hombres y 236 mujeres; los principales países de destino son Estados Unidos con el 91 por ciento, España con el 5 por ciento; y, el 4 restante, migraron a otros países.

3.5.3. CATEGORÍAS DE USOS DEL SUELO

Siete categorías de uso del suelo se consideraron para este inventario de emisiones, basadas en el análisis de mapas proporcionados por CG Paute.

Gráfico 4: Mapa de uso del suelo



Fuente: Información temática digital de la Cuenca del Río Paute, Universidad del Azuay - CG Paute (2005)

3.5.4. CÁLCULO DE EMISIONES

La fabricación de ladrillos en Cuenca constituye una importante actividad artesanal. Para lograr los objetivos planteados se realizó el levantamiento de información mediante fichas técnicas (Anexo I), considerando que El Gremio de Maestros Artesanos en Alfarería y Afines Sinincay es un sector altamente representativo tanto en la producción laboral como en la cognitiva social por lo cual se decidió utilizar como caso de estudio.

3.5.4.1. Generación de Emisiones en el Proceso de Combustión

La cocción del ladrillo en la industria artesanal cuenta con hornos de fuego dormido. Estos hornos constan de una bóveda semicircular recubierta de piedra o de ladrillo, tienen una capacidad de producción promedio de 8500 ladrillos, su fuente de energía es la leña, se caracterizan por su forma irregular, bajo aprovechamiento del calor y poca eficiencia en la quema.

Los ladrillos son dispuestos dentro del horno en capas horizontales que facilita la cocción a medida que se va quemando.

La ausencia de chimeneas en este tipo de hornos afecta directamente a las personas que se encuentran en las vecindades por sus altas emisiones heterogéneas.

Las principales características de estos hornos en las ladrilleras son: su tecnología (artesanal), su tamaño, sus procesos de producción y la participación de mano de obra no calificada.

El proceso de combustión determina diferentes factores dentro de la producción como la calidad del producto y las emisiones del horno.

La configuración de los ladrillos dentro del horno, dificulta la presencia de oxígeno, ocasionando una combustión incompleta y deficiente a temperaturas que no son suficientemente altas para quemar toda la leña, obteniendo en ocasiones ladrillos de baja calidad y quebradizos.

La combustión debe efectuarse a temperaturas superiores a 816 °C para que se destruyan todos los vapores orgánicos.

Para una combustión eficiente se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Mezcla íntima combustible – oxígeno.
- Suministro de suficiente aire para quemar todo el combustible.
- Una temperatura apta para iniciar la combustión (precalentamiento).
- El tiempo necesario para que la combustión sea completa.
- La calidad del combustible.

La fracción no combustible de la leña genera principalmente ceniza y su composición depende de las condiciones de combustión. Entre más incompleta la combustión mayor será la generación de material particulado.

Las partículas generadas están compuestas por cenizas e inquemados (Hollín). La presencia de humo (partículas en suspensión) es un indicador de que tan eficiente es la combustión, notorias emisiones representan una combustión incompleta⁴.

⁴ Hesketh, 1979

Las emisiones dependen principalmente de la configuración del horno y de la práctica de combustión. Generalmente las emisiones se acrecientan durante el inicio del proceso (mientras se consigue una temperatura de combustión óptima) y cuando hay una muy alta cantidad de combustible frente a la cantidad de aire que estequiométricamente debe ser suministrado.

El consumo energético para los hornos fue calculado en 3.468 m³ de leña de eucalipto para la producción de 2'305.000 ladrillos en el año 2010, para la aplicación según la metodología propuesta se toma en consideración de que 1 m³ de leña de eucalipto es igual a 730 kg/m³; por lo tanto el consumo de combustible (CC) es:

Consumo Combustible: (*Volumen * Densidad*) / *Producción*

Volumen: 3.468 m³/año

Densidad: 730 kg/m³

Producción: 2'305.000 ladrillo/año

$$CC = (3.468 \text{ m}^3/\text{año} * 730 \text{ kg/m}^3) / 2'305.000 \text{ ladrillos/año}$$

$$CC = 2'531.640 \text{ kg/año} / 2'305.000 \text{ ladrillo/año}$$

$$CC = 1,09 \text{ kg/ladrillo}$$

3.5.4.1.1. Emisiones de PM₁₀

$$EPM_{10}: FE * CC * NA$$

$$FEP_{10}: 1,57 \times 10^{-5} \text{ ton/kg}$$

$$CC: 1,09 \text{ kg/ladrillo}$$

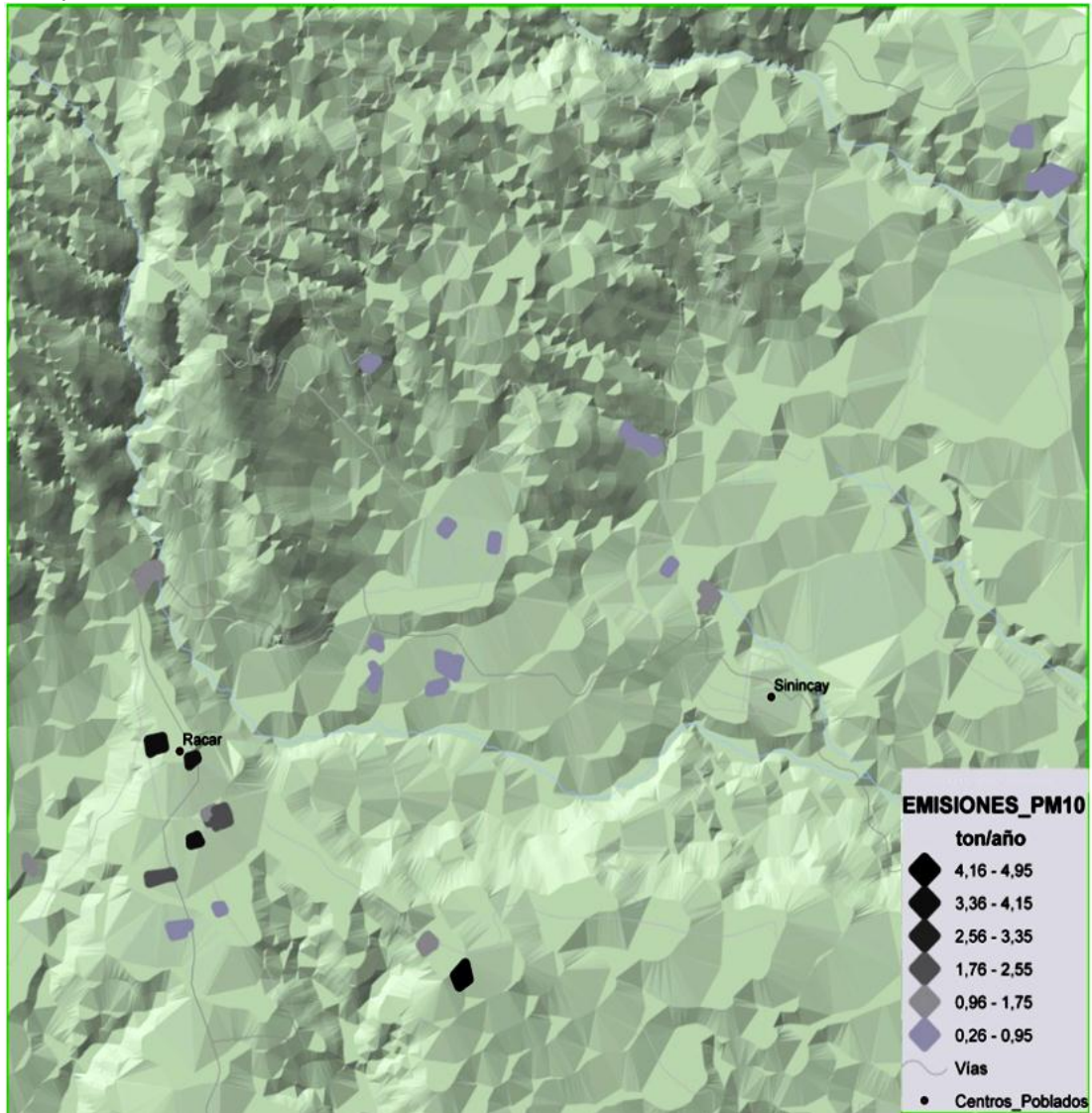
$$NA: 2'305.000 \text{ ladrillos/año}$$

$$EPM_{10} = FE * CC * NA$$

$$EPM_{10} = 1,57 \times 10^{-5} \text{ ton/kg} * 1,09 \text{ kg/ladrillo} * 2'305.000 \text{ ladrillo/año}$$

$$EPM_{10} = 39,73 \text{ ton/año}$$

Gráfico 5: Emisiones MP₁₀



Fuente: Información temática digital de la Cuenca del Río Paute, Universidad del Azuay - CG Paute (2005)

3.5.4.1.2. Emisiones de Monóxido de Carbono

Eco: $FE * CC * NA$

FEco: $1,97 \times 10^{-5} \text{ ton/kg}$

CC: $1,09 \text{ kg/ladrillo}$

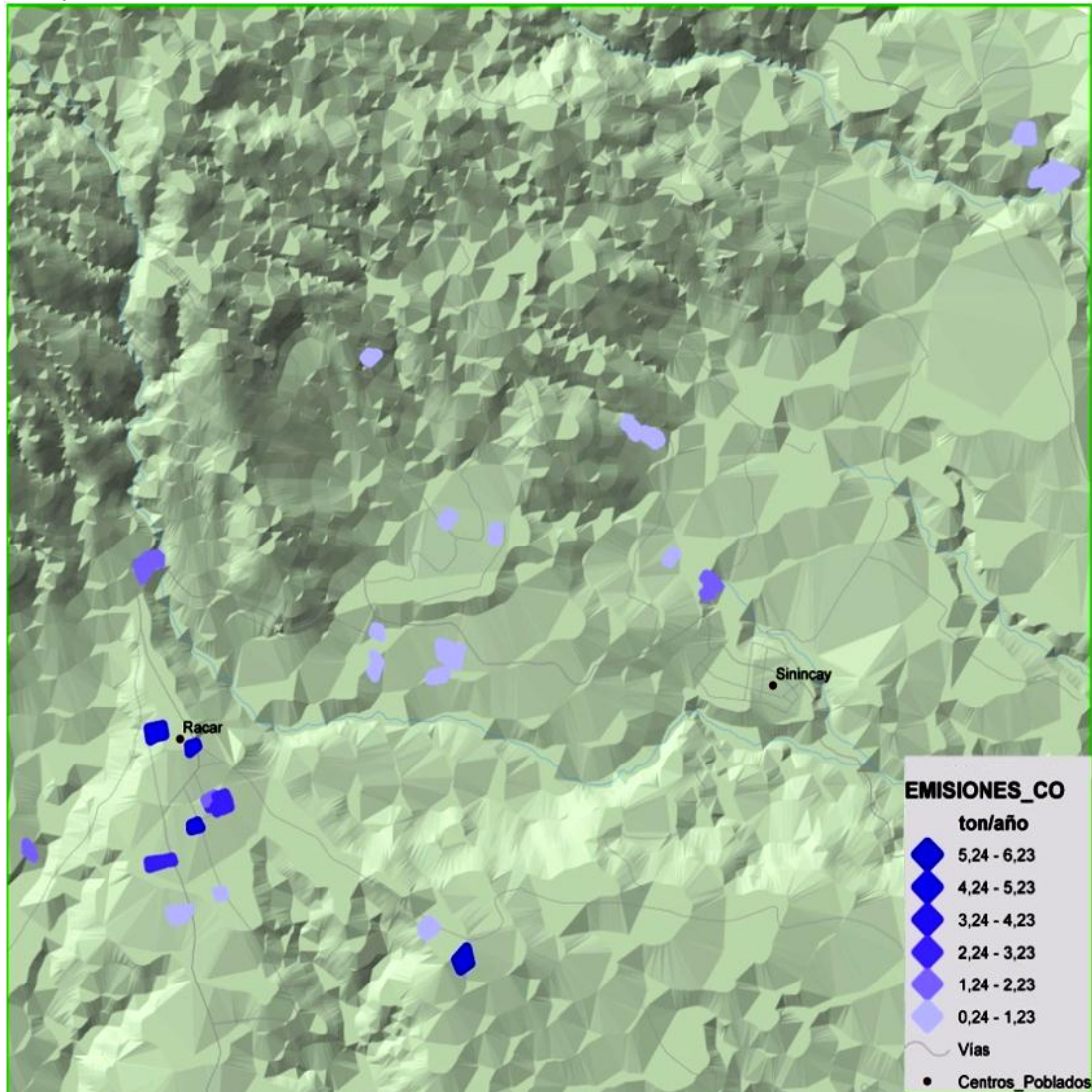
NA: $2'305.000 \text{ ladrillos/año}$

$$\text{Eco} = FE * CC * NA$$

$$\text{Eco} = 1,97 \times 10^{-5} \text{ ton/kg} * 1,09 \text{ kg/ladrillo} * 2'305.000 \text{ ladrillo/año}$$

$$\text{Eco} = 49,85 \text{ ton/año}$$

Gráfico 6: Emisiones CO



Fuente: Información temática digital de la Cuenca del Río Paute, Universidad del Azuay - CG Paute (2005)

3.5.4.1.3. Emisiones de Dióxido de azufre

$$E_{SO_2}: FE * CC * NA$$

$$FE_{SO_2}: 1,8 \times 10^{-7} \text{ ton/kg}$$

$$CC: 1,09 \text{ kg/ladrillo}$$

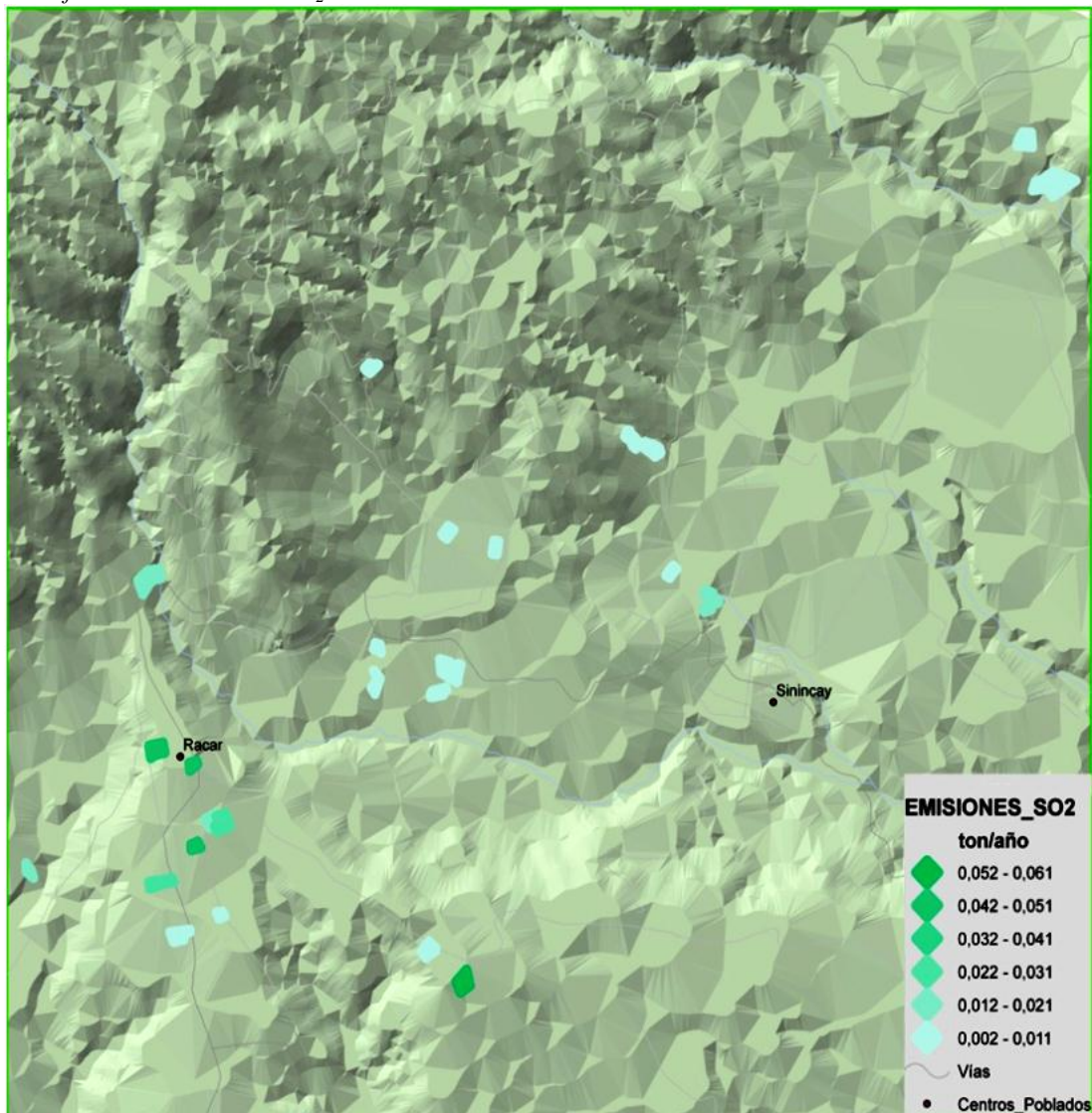
$$NA: 2'305.000 \text{ ladrillos/año}$$

$$E_{SO_2} = FE * CC * NA$$

$$E_{SO_2} = 1,8 \times 10^{-7} \text{ ton/kg} * 1,09 \text{ kg/ladrillo} * 2'305.000 \text{ ladrillo/año}$$

$$E_{SO_2} = 0,46 \text{ ton/año}$$

Gráfico 7: Emisiones SO_2



Fuente: Información temática digital de la Cuenca del Río Paute, Universidad del Azuay - CG Paute (2005)

3.5.4.1.4. Emisiones de Óxidos de nitrógeno

$$E_{NO_x} = FE * CC * NA$$

$$F_{NO_x} = 1,18 \times 10^{-6} \text{ ton/kg}$$

$$CC = 1,09 \text{ kg/ladrillo}$$

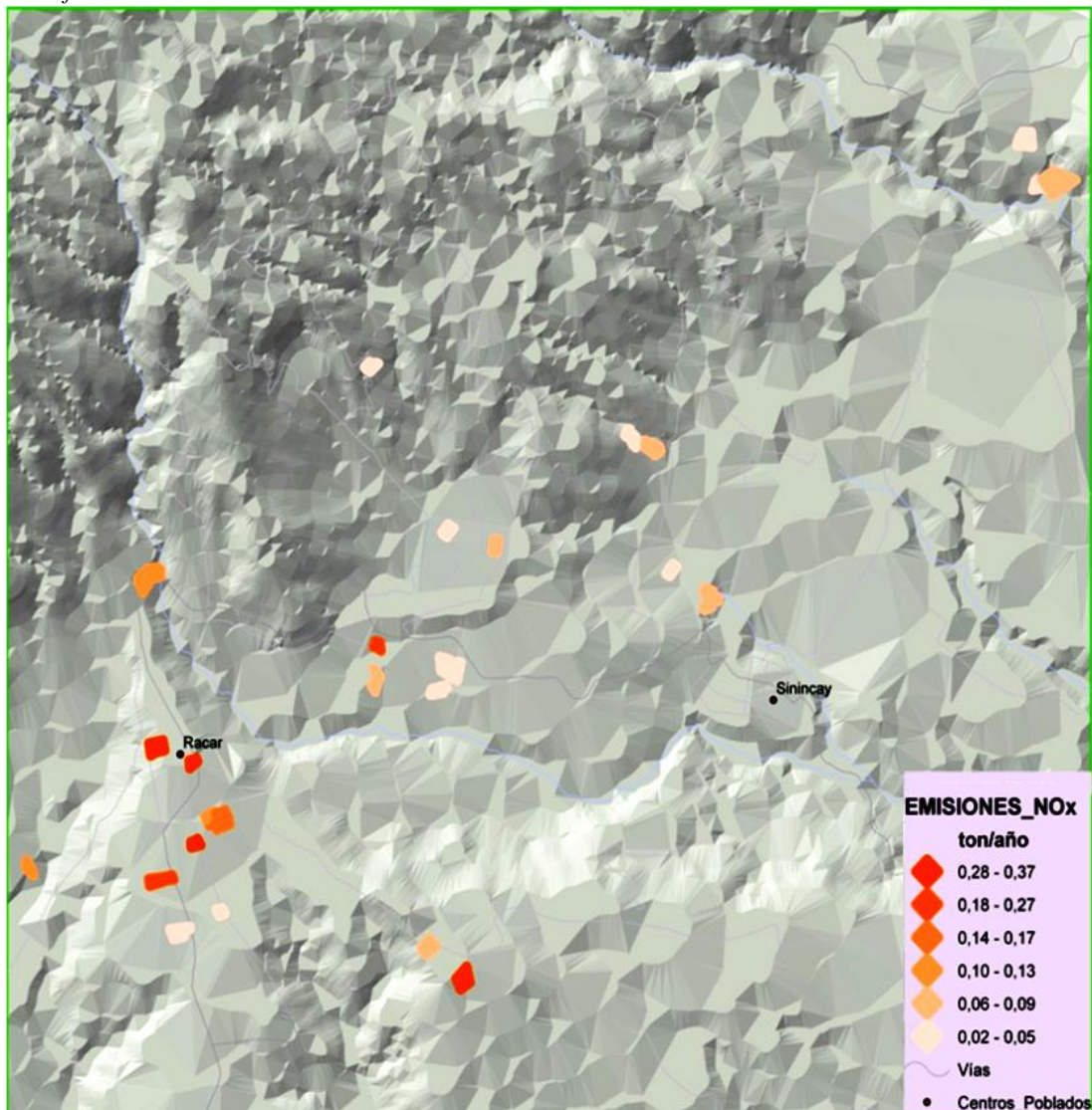
$$NA = 2'305.000 \text{ ladrillos/año}$$

$$E_{NO_x} = FE * CC * NA$$

$$E_{NO_x} = 1,18 \times 10^{-6} \text{ ton/kg} * 1,09 \text{ kg/ladrillo} * 2'305.000 \text{ ladrillo/año}$$

$$E_{NO_x} = 2.96 \text{ ton/año}$$

Gráfico 8: Emisiones NOx



Fuente: Información temática digital de la Cuenca del Río Paute, Universidad del Azuay
- CG Paute (2005)

3.5.4.1.5. Emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles

Evoc: $FE * CC * NA$

FEvoc: $2,1 \times 10^{-5}$ ton/kg

CC: 1,09 kg/ladrillo

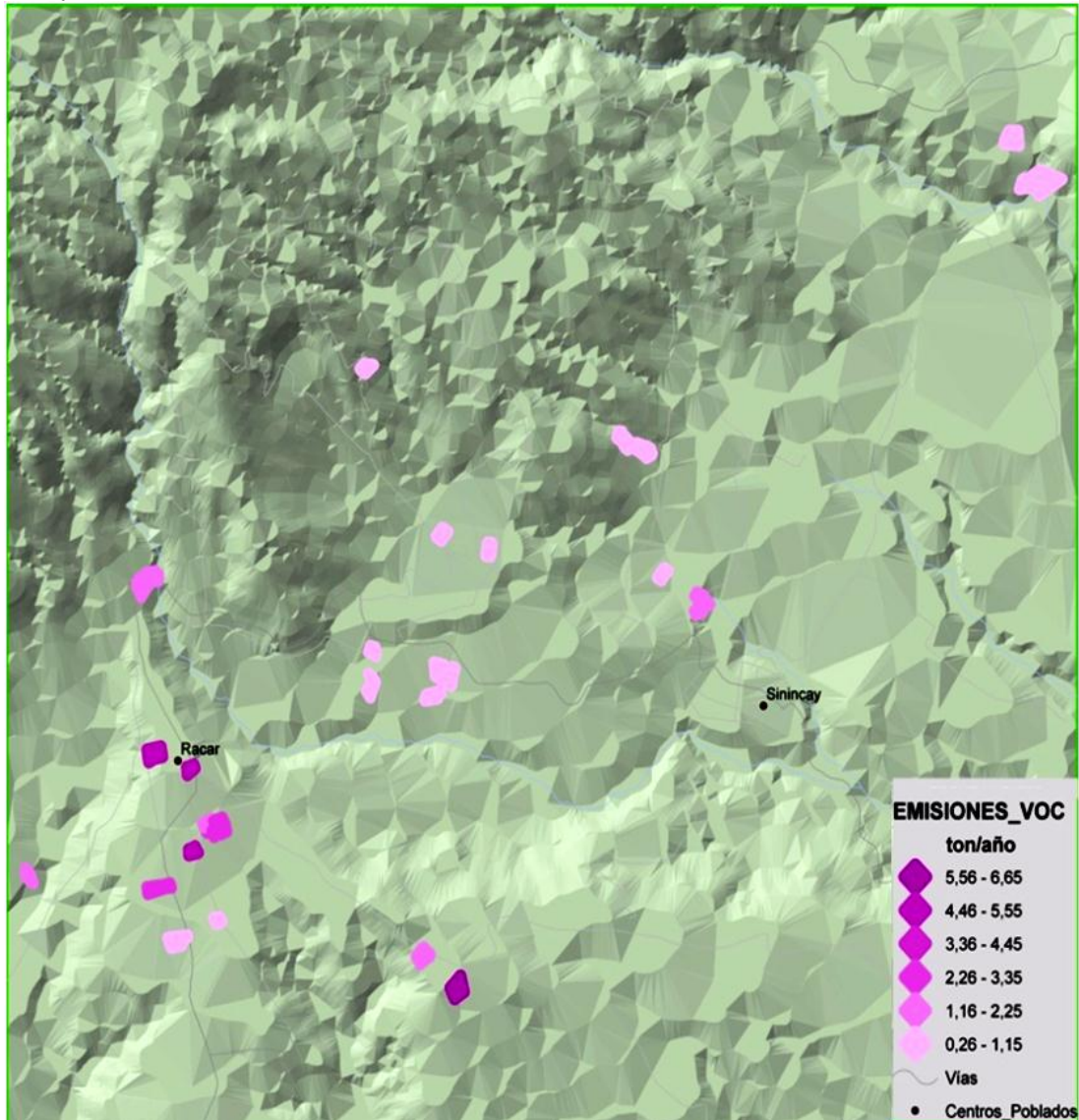
NA: 2'305.000 ladrillos/año

$$\text{Evoc} = FE * CC * NA$$

$$\text{Evoc} = 2,1 \times 10^{-5} \text{ ton/kg} * 1,09 \text{ kg/ladrillo} * 2'305.000 \text{ ladrillo/año}$$

$$\text{Evoc} = 53,14 \text{ ton/año}$$

Gráfico 9: Emisiones VOC_s



Fuente: Información temática digital de la Cuenca del Río Paute, Universidad del Azuay - CG Paute (2005)

3.5.4.2. Generación de Emisiones Totales de la Combustión en la Fabricación Artesanal de Ladrillos

La producción de ladrillos por el gremio artesanal en el año 2010 se calculó en 2'305.000 de unidades, el factor de conversión para cada ladrillo es de 2,95 Kg por ladrillo y el factor de emisión estimado para ladrillo quemado es de 2.15×10^{-5} ton/kg que se convierte a ton/ladrillo para la aplicación de la metodología propuesta:

$$ET = FE * NA$$

$$FE = 2,15 \times 10^{-5} \text{ ton/kg} * 3 \text{ kg/ladrillo} = 6,45 \times 10^{-5} \text{ ton/ladrillo}$$

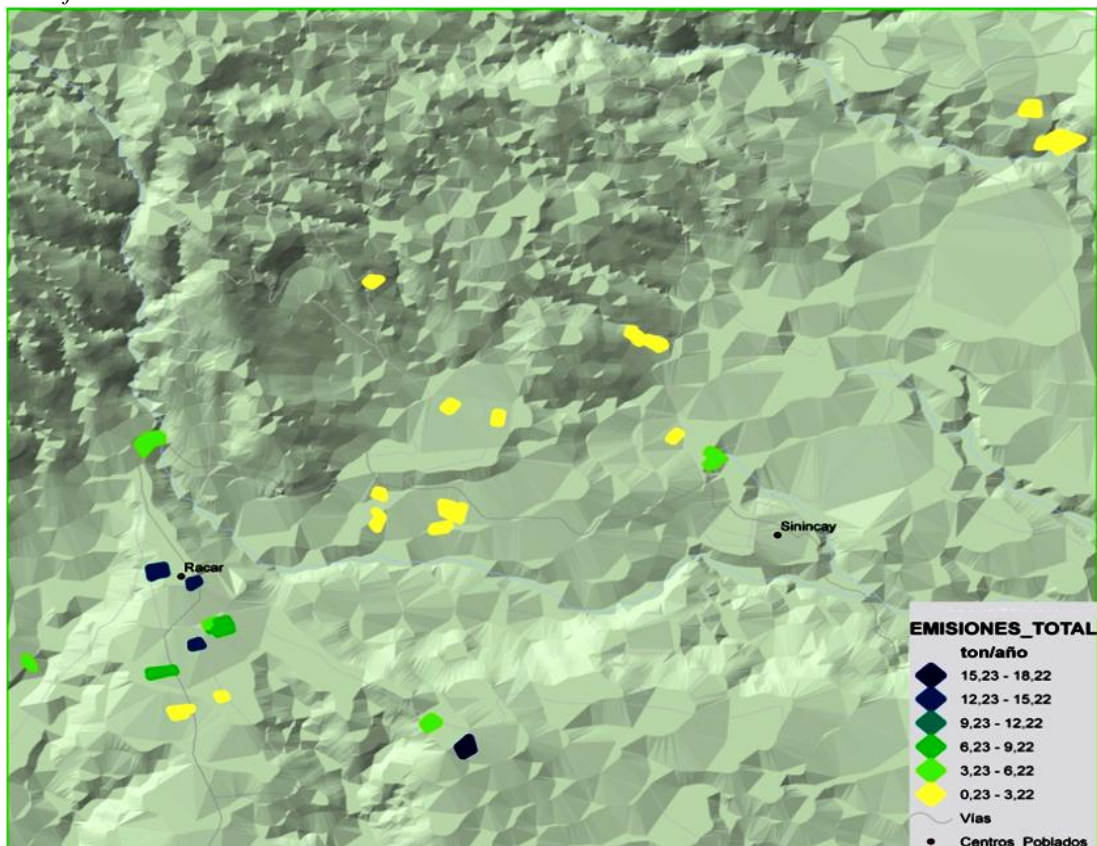
$$NA = 2'305.000 \text{ ladrillo/año}$$

$$ET = FE * NA$$

$$ET = 6,45 \times 10^{-5} \text{ ton/ladrillo} * 2'305.000 \text{ ladrillo/año}$$

$$ET = 148,67 \text{ ton/año}$$

Gráfico 10: Emisiones Totales



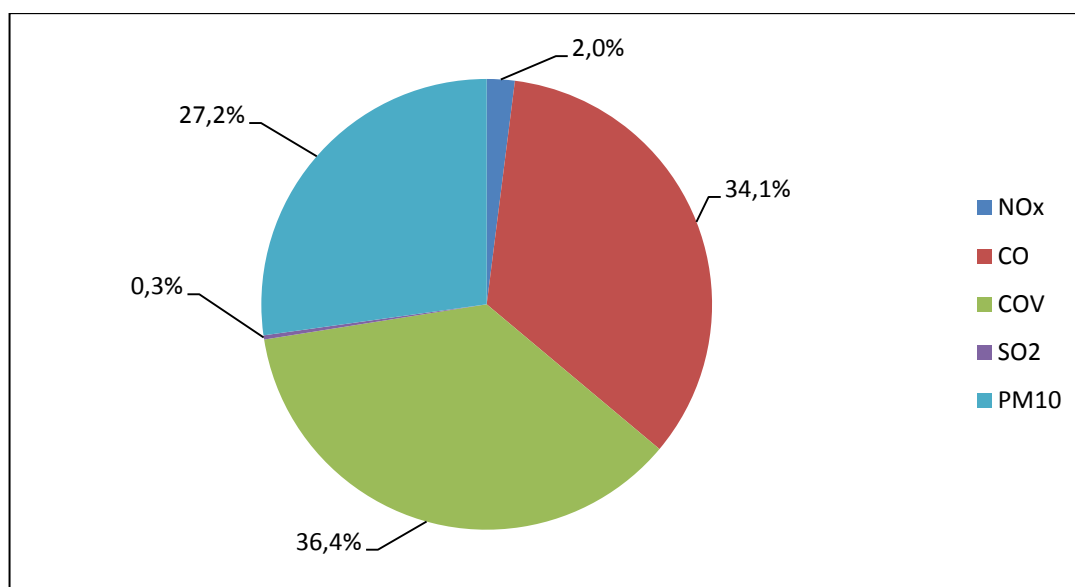
Fuente: Información temática digital de la Cuenca del Río Paute, Universidad del Azuay - CG Paute (2005)

3.6. RESULTADOS DEL INVENTARIO

3.6.1. EMISIÓN DE CONTAMINANTES

En el año 2010 la combustión por hornos de leña de ladrilleras emitieron a la atmósfera aproximadamente 145 toneladas de contaminantes primarios del aire, constituidos por óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles, dióxido de azufre y material particulado menor a 10 micras.

Gráfico 11: Distribución de Emisiones



Fuente: Los Autores

Tabla 2: Emisiones atmosféricas de las ladrilleras artesanales

EMISIONES ATMOSFÉRICAS DE LADRILLERAS ARTESANALES						
Gas Emitido	NOx	CO	COV	SO ₂	PM ₁₀	Total
Ton/año	2,96	49,85	53,14	0,46	39,73	146,14
%	2,03	34,11	36,36	0,31	27,19	100

Fuente: Los Autores

CAPÍTULO N° 4

EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA ELABORACIÓN ARTESANAL DE LADRILLOS

4.1. EFICIENCIA ENERGÉTICA

4.1.1. CONCEPTO

Es la capacidad de reducir el consumo energético para lograr los mismos productos o servicios empleando la menor cantidad de energía posible, alcanzando los mayores beneficios en su uso final, asegurando el abastecimiento y fomentando un comportamiento sostenible con un menor impacto al medio ambiente.

4.1.2. OBJETIVO

La reducción de la intensidad energética es un objetivo prioritario para cualquier economía, siempre que su consecución no afecte negativamente al volumen de actividad. Uno de los parámetros que determinan la correlación entre consumo de energía y crecimiento económico es la evolución de la intensidad energética, indicador generalista que señala la relación entre consumos de energía y la capacidad de producción.

4.1.3. DISPONIBILIDAD DE LA ENERGÍA

Se obtiene a partir de las fuentes energéticas y las cantidades disponibles de dichas fuentes es lo que se denomina recursos energéticos. El carácter limitado o ilimitado de dichas fuentes nos permite diferenciarlas y valorarlas en términos de sostenibilidad partiendo de la evidencia de que la atmósfera está alcanzando su límite medioambiental y de que el consumo energético sigue creciendo, con zonas del planeta en pleno desarrollo demandando su equiparación energética con el mundo desarrollado.

4.1.4. LA ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE

Condiciones de partida actuales respecto a la energía:

- La gran mayoría de la energía que consumimos es generada mediante productos fósiles.
- El aumento del nivel de vida y de confort se encuentra socialmente asociado a un aumento del consumo de energía.
- Existe una gran dependencia de unas áreas sobre otras, a nivel global y local.
- Incremento de la población mundial.
- Los países no desarrollados demandan los mismos niveles energéticos que los desarrollados.
- Aumento de la conciencia social respecto a temas medioambientales.
- Creación de redes a nivel mundial (gas).

La evolución futura de todas estas cuestiones nos dará la clave para evitar el deterioro de nuestra calidad de vida permitiéndonos la conservación de nuestros ecosistemas actuales.

En la actualidad estamos asistiendo a un resurgir de las denominadas energías renovables no sólo por el notable aumento de los precios de los combustibles, sino también por sus negativos efectos ambientales.

La emisión constante a la atmósfera de los denominados gases invernadero contribuirá al tan anunciado cambio climático donde el incremento de las temperaturas y su influencia en otros factores del clima tendrán como consecuencia efectos graves para los habitantes del planeta y la conservación de los actuales ecosistemas.

4.1.5. LA ENERGÍA EN LADRILLERAS ARTESANALES

La industria ladrillera artesanal de la ciudad Cuenca carece de una tecnología moderna en sus operaciones, se tiende a una baja eficiencia energética, lo que a su vez implica un desperdicio de energía, que les genera mayores costos y hace a las ladrilleras, en algunas ocasiones, no competitivas.

Una tecnología artesanal en estas industrias produce, además de la baja eficiencia energética, impactos negativos sobre el medio ambiente, ya que una mala combustión genera una alta contaminación ambiental.

Desde el comienzo de la era industrial, los mayores ahorros de energía se han conseguido mediante modificaciones en los procesos productivos, aunque se pueden hacer importantes ahorros de energía mediante mejoras de aislamientos, técnicas de recuperación de energía residual, empleo de energías alternativas y otras técnicas que permitan mejorar la eficiencia de los equipos instalados.

Las ladrilleras artesanales tienen un considerable atraso con respecto a los estándares energéticos por lo cual es necesario promover estrategias de uso eficiente de la energía que aseguren la máxima satisfacción de los servicios a

nivel de usuarios finales a costos razonables y con posibilidades de reducción de emisiones mediante la mejora de la eficiencia energética.

Una estrategia importante sería tecnificar sus procesos, con el objeto de aumentar la capacidad de producción y la calidad de sus productos y de rebajar costos de producción. Esta tecnificación se basaría en lo siguiente:

- Uso de máquinas de extrusión de mayor capacidad y eficiencia.
- Cambio de los secaderos naturales por los artificiales, que presentan mayores niveles producción y capacidad de recuperación de calor proveniente del horno.
- Instalación de hornos más eficientes (intermitentes, Hoffman y Túnel), que consumen menos energía y tienen mayor capacidad de producción.

Con esta posibilidad de progreso y modernización, la eficiencia energética mejoraría en los procesos. Sin embargo, aún se tendrían grandes potenciales de ahorro en la actividad ladrillera, a partir de la sustitución o combinación de combustibles.

De acuerdo al proceso de elaboración de ladrillos de manera artesanal se ha determinado que durante la quema del ladrillo es en donde se produce el mayor gasto de energía, por lo tanto, es necesario realizar actividades para mejorar la eficiencia energética, para lo cual en este documento se tomará en cuenta la combinación de combustibles.

4.2. CONSUMO DE ENERGÍA EN EL PROCESO DE QUEMA DE LADRILLOS

El proceso de quemado del ladrillo depende principalmente de las características del horno y su funcionamiento conjuntamente con las características de los combustibles.

4.2.1. CARACTERÍSTICAS DEL HORNO

Las industrias ladrilleras se clasifican según su nivel tecnológico y su capacidad de producción. La tecnología de las ladrilleras está directamente relacionada con el tipo de horno manejado, la cocción del ladrillo en la industria artesanal se lleva a cabo en hornos de fuego dormido.

La capacidad de los hornos es muy variable entre los talleres productores, pudiéndose encontrar hornos con capacidades desde 3000 ladrillos, hasta 13000 ladrillos, pero los que más se utilizan, en un 90%, se encuentran entre los 7000 y 10000 ladrillos lo que nos da un promedio de 8500 ladrillos en la capacidad de los hornos.

En las ladrilleras artesanales las dimensiones promedio de los hornos son de 5 metros de largo por 5 metros de ancho y por 5,5 metros de alto construidos con ladrillos y barro especialmente preparado para la fabricación de los hornos.

Estos hornos están constituidos básicamente por:

- Hogar inferior, que está en contacto con el suelo, es en donde se depositan los residuos sólidos como la ceniza luego de la combustión.
- Hogar superior, separado del hogar inferior por arcos formando parrillas que proveen el espacio adecuado para el acomodo de la leña para la combustión.
- Cuerpo o espacio superior que es para el acomodo de los ladrillos que se van a quemar.

Vale la pena destacar que los dos hogares poseen espacios o puertas que facilitan el ingreso de la leña; estos espacios son cerrados luego de la quema.

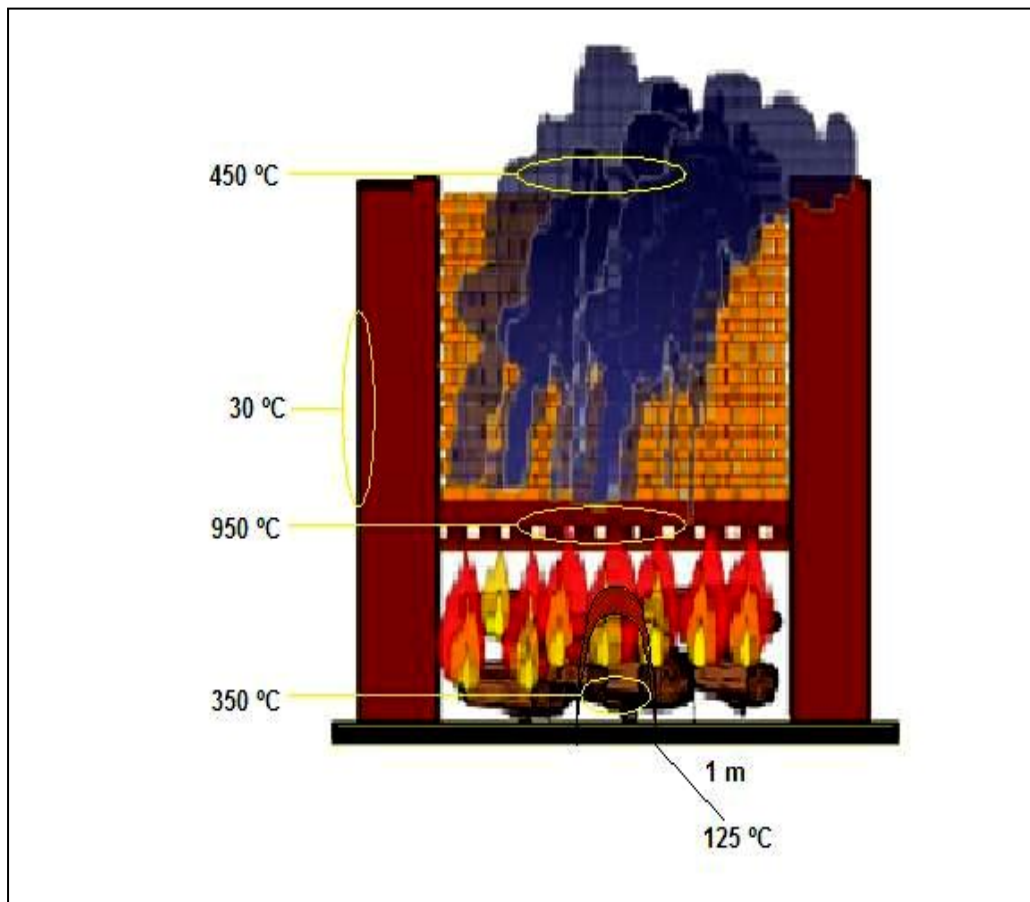
4.2.2. EVALUACIÓN TÉCNICA DE HORNOS

4.2.2.1. Evaluación de Temperatura

En el gráfico 12 se muestra la distribución de temperaturas en hornos tradicionales muy utilizados en la región, en un muestreo de 15 hornos los resultados son los siguientes:

- Temperatura en la puerta del hogar o cámara de combustión es 350 °C y a un metro de la puerta 125 °C.
- En la superficie de la parrilla es de 950 °C.
- Temperatura en la parte superior de la carga es de 450 °C.
- Temperatura de la pared externa del horno es 30 °C.

Grafico 12: Temperatura de un horno artesanal de ladrillo



Fuente: Los autores, definición de tipo de horno para el sector ladrillero

De esta distribución de temperatura podemos deducir lo siguiente:

- El horno pierde energía por la puerta de la cámara de combustión.
- En la base de la carga es el único lugar de temperatura en el cual existe una cocción adecuada de los ladrillos.
- En la parte superior se ve que la temperatura no ha superado los 550 °C. lo que significa que estos productos están crudos y todavía no han adquirido las propiedades de un producto cerámico y es atacado con relativa facilidad por la humedad del ambiente. También nos muestra la existencia de una gradiente de temperatura muy grande de aproximadamente de 320 °C entre la parte inferior y superior de la carga, que debe ser eliminado prontamente.
- Finalmente el adobe nos muestra ser un material con buenas características de aislamiento térmico, puesto que no permite la disipación de calor a través del mismo.

4.2.2.2. Problemas en la Combustión

- Al no existir chimenea, no existe suficiente succión de aire por consiguiente deficiente Combustión.
- La grieta por donde ingresa la leña muy pequeña y la hoguera es muy alta.
- La alimentación de la leña provoca el atoramiento en la grieta de entrada dificultando una buena quema.
- Los flujos de evacuación de los gases no están bien distribuidos dificultando la circulación de aire.

4.2.3. PROBLEMAS EN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS HORNOS

4.2.3.1. Combustión incompleta de los combustibles empleados

La buena combustión se realiza por un equilibrio entre la cantidad de combustible y la cantidad de oxígeno del aire necesario para ésta reacción química. Su deficiencia trae consigo la emisión de gases tóxicos como el monóxido de carbono y otros gases junto con humo negro o carbón particulado, con lo que se daña la atmósfera y se contribuye con el calentamiento global y la destrucción de nuestro ecosistema.

Como resultado de esta quema deficiente, se requiere gastar más combustible que el requerido pues la eficiencia térmica es muy baja, lo que redundará en el alto costo de las quemas con el consiguiente encarecimiento de los procesos de producción.

4.2.3.2. La mayor parte de los hornos son abiertos

Este hecho hace que la gradiente térmica o la diferencia de temperaturas entre la base y parte alta de la carga en la cámara de cocción sean muy grande por lo que las quemas son deficientes, pudiendo fundirse la carga cercana a las llamas del hogar y quedar casi cruda la carga colocada en la parte más alta. Además los hornos abiertos pierden la mayor parte de la energía térmica producida por el combustible, reduciéndose la eficiencia térmica de este en la cocción de la carga.

4.2.3.3. Calidad deficiente de los productos

Como consecuencia de las quemas deficientes se podrían originar productos de baja calidad, pues la mezcla cerámica no llega a la quema completa o a la “sinterización”, quedando con un alto nivel de porosidad, baja resistencia al golpe, cizallamiento, abrasión y tracción. Sin contar la presencia de gránulos calcáreos o “caliche” que al quemarse generan nódulos de cal que por higroscopia rompen las estructuras de los ladrillos.

4.2.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS COMBUSTIBLES: LEÑA, GLP Y DIESEL

Como combustible en este tipo de hornos se usa la leña de eucalipto que se obtiene como subproducto de los procesos de aserrado de los bosques y en muchos de los casos también se usa residuos de madera de las construcciones. La leña a ocupar debe estar seca para que no se produzca una excesiva cantidad de humo y así se pueda controlar de una mejor manera la temperatura de quema en el horno.

El control del consumo de leña que se lleva en cada horno no resulta tan confiable, pues los dueños o responsables del funcionamiento del mismo, saben de una manera empírica el cómo dosificar la leña según la carga y capacidad del horno, usando como unidad de medida los metros cúbicos de leña, medida que es completamente inexacta, ya que no están considerando la densidad de la leña, su acomodo o la humedad de la madera que están quemando. Como datos promedio podríamos mencionar que se consume un aproximado de 10m^3 de leña para la quema de 6000 a 7000 ladrillos.

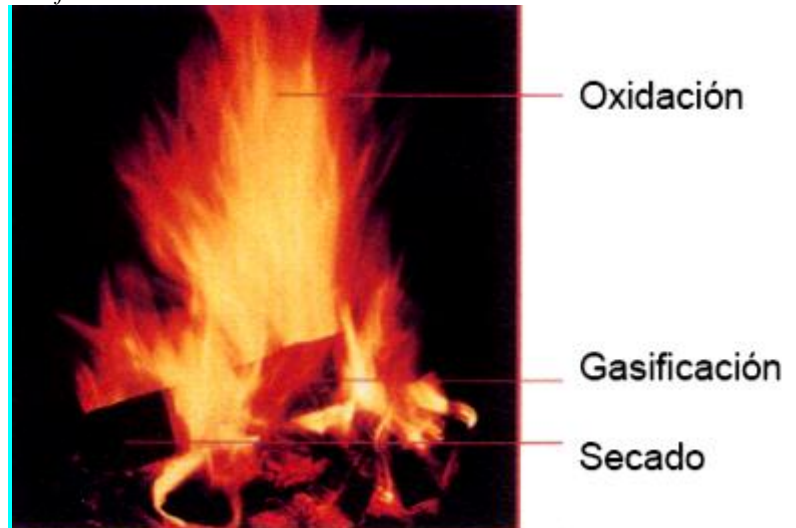
Es factible la operación de un horno ladrillero convencional utilizando únicamente leña en el encendido y en la cocción, pero así mismo, la mayor generación de partículas contaminantes en el proceso se presenta cuando se

quema leña; ya que en las etapas de encendido y de enfriamiento ocasionan pérdida de energía, lo que acarrea una mayor cantidad de leña consumida y mayor generación de partículas contaminantes por lo cual se realizarán ensayos con mezclas de combustibles (leña-GLP y leña-diesel) para determinar un mejor uso de los combustibles en la ignición.

4.2.4.1. Leña de Eucalipto

La leña no es un combustible homogéneo como el petróleo o el GLP. En comparación a combustibles líquidos y gaseosos, en las propiedades de combustión de la leña se identifican varias fases de reacción:

Gráfico 13: Reacción de la combustión de la leña



Fuente: Universidad de Concepción, 2002

A medida que se combustiona la leña, se identifican las siguientes tres fases típicas:

a) **Secado de la madera**



Inicialmente la superficie exterior de leña recibe calor por radiación de las llamas, calentando el agua contenida en la madera por sobre su punto de evaporación. En este momento se inicia el proceso de secado, liberando la humedad en forma de vapor de agua. Este proceso de secado consume una fracción importante de la energía liberada en el proceso de combustión. Mientras mayor sea el contenido de agua inicial, una mayor cantidad de energía se consumirá en este proceso de secado y más lento se torna la primera etapa de calentamiento de la leña.

b) Gasificación y oxidación de la materia volátil



Al calentarse la madera seca por encima del punto de ebullición del agua, se inicia la segunda fase de pirólisis con la liberación de la materia volátil. En esta etapa, la leña comienza a humear. El humo es el resultado visible de la descomposición térmica de la madera y se compone principalmente de una nube de gotitas combustibles de gases e hidrocarburos (alquitrán). Éstos se oxidan sólo bajo altas temperaturas y si además existe presencia de suficiente oxígeno. Este proceso de combustión con liberación de calor produce llamas largas y brillantes, que son características de la combustión de la leña seca.⁵

Si la materia volátil no se quema por completo al interior del fogón, se emitirán gases no quemados, que condensarán sobre las paredes frías de los ductos de evacuación, formando los depósitos de creosota. También estos compuestos no quemados serán emitidos posteriormente como humo de color visible con una fuerte contaminación atmosférica en el área.

⁵ M.Hellwig “Basic Research in Combustion of Biomass”, FAO-CNRE Bulletin N° 10b, 1986

El humo también representa una pérdida de eficiencia, porque contiene una gran parte de la energía presente en la madera.

c) **Quemado del carbón residual**



Al liberarse completamente la materia volátil de la leña, permanece como producto residual el carbón sólido junto a la ceniza no combustible. Este compuesto sólido equivale al carbón de madera y se caracteriza por su combustión superficial con un resplandor rojo y llama muy pequeña generando una alta temperatura entre 600 y 1.000 °C. El carbón es un combustible limpio que se quema fácilmente con presencia de suficiente oxígeno sin generar humos.

En la práctica, las tres fases de combustión de leña anteriormente descritas ocurren simultáneamente. Esto significa que los gases de la materia volátil pueden estar quemándose con largas llamas mientras que sobre la superficie del combustible el carbón se quema con el característico resplandor rojo y el agua en el centro de la leña se evapora lentamente.

Gráfico 14: Esquema del proceso de combustión de la madera



Fuente: Universidad de Concepción, 2002

Estas tres etapas típicas de la combustión de madera se producen simultáneamente tal como se indica en la gráfico 15.

Gráfico 15: Etapas típicas de la combustión de la madera



Fuente: Universidad de Concepción, 2002

Para lograr una combustión completa de los productos de la descomposición térmica de la leña se requieren las siguientes condiciones que se resumen en la regla “3T’s” conocida por los especialistas en combustión⁶:

- **Temperatura.**- La temperatura mínima que se requiere mantener al interior de un hogar para garantizar la combustión completa de los productos gaseosos debe ser lo más alta posible. En la literatura se indican valores promedios en la zona de combustión de mínimo 800 °C a máximo 1000 °C
- **Tiempo.**- Para lograr una combustión completa se debe garantizar un tiempo mínimo de residencia de los gases al interior del hogar. Por ejemplo, si se presentan temperaturas mayores a 900 °C, el tiempo de residencia mínimo debe superar los 0,5 segundos.

⁶ M. Hellwig: Zum Abbrand von Holbrennstoffen unter besonderer Berücksichtigung der zeitlichen Abläufe, Forschungsbericht Agrartechnik MEG, 1988.

- *Turbulencia:* La última condición necesaria para asegurar una combustión óptima se relaciona con una intensa turbulencia requerida para mezclar el oxígeno con la materia volátil en combustión.

Solamente si se cumple con estas tres reglas básicas de temperatura mínima, tiempo de residencia mínimo y alta turbulencia se puede generar las condiciones para realizar una combustión óptima de la leña con la mínima emisión de contaminantes.

El desafío es conjugar estas tres condiciones básicas permitiendo garantizar siempre una combustión completa, minimizando las emisiones de contaminantes. En especial se deberá considerar las características de humedad, densidad, tamaño y especie de leña para dimensionar correctamente el volumen y forma de la cámara de combustión. Sólo de esta forma se podrán lograr altas eficiencias y gases de combustión limpios sin la presencia de humos visibles.

La calidad de la leña comprada puede variar por lo que se debe asegurar de que ha sido producida conforme a alguna especificación con la que el productor probablemente cumple los requerimientos de calidad, también hay que tomar en cuenta signos visibles de hongos, putrefacción o mohos, la leña de buena calidad no tiene estos signos.

La existencia de rajaduras desde el centro del tronco indica que la leña está bien seca, la leña ligera en peso indica un bajo contenido en humedad lo cual se puede comprobar dando un golpe un tronco contra otro, si la leña está húmeda, emitirá un sonido apagado, mientras que si está seca emitirá un sonido como el que se produce al golpear una pelota con un bate de béisbol.

No se debe apreciar color verde debajo de la corteza, si es así, la leña tiene un exceso de humedad.

Leña y la Emisión de Partículas

En función de cómo se realice la combustión, la calidad y el tamaño de la leña, son factores muy importantes en la emisión de partículas. Investigaciones específicas relacionadas con la combustión de leña⁷, han demostrado que:

- La humedad y el tamaño son los factores más importantes.
- La humedad es un factor muy importante para aumentar las emisiones.
- Altos ritmos de combustión, con leña de elevado contenido en humedad (mayor del 20%), las emisiones de partículas pueden incrementarse 10 veces.
- Bajos ritmos de combustión, para leña con elevado contenido en humedad (mayor del 20%) las emisiones de partículas pueden incrementar 30 veces.
- La leña húmeda pero de menor tamaño, emite menos emisiones que la de mayor tamaño.
- A pesar de que la calidad de la leña sea buena, cuando el aporte de aire es reducido el nivel de emisiones puede ser alto.
- Las propiedades de la leña y las condiciones de la hoguera, deben adaptarse mutuamente.
- Al hacer el encendido por la parte superior reduce considerablemente las emisiones en esta fase.
- Para asegurar un nivel bajo de emisiones, se deben usar troncos secos y pequeños durante un periodo de encendido suficiente (por lo menos 30 minutos).

⁷ Proyecto QualityWood – EIE/06/178/SI2.444403 “Quality Wood”, dentro el Programa “Energía Inteligente para Europa”.

- Para encender el fuego se recomienda usar solamente troncos de leña seca (humedad > 10%).

Los gases que provienen de la leña necesitan calor y aire para quemarse, cuando se enciende el fuego desde la parte superior, los gases de los troncos que están debajo se introducen en las llamas y se queman. Si no hay llamas en la parte superior de la leña, los gases saldrán por la chimenea sin estar completamente quemados, y formarán partículas.

4.2.4.2. Gas Licuado de Petróleo

El GLP se deriva principalmente del gas natural o de los gases de la refinación de petróleo. La composición del GLP puede ser marcadamente diferente dependiendo de donde provenga. El GLP comercial contiene una mezcla de gases principalmente propano (C_3H_8) y butano (C_4H_{10}) o sus derivados. Adicionalmente, ambos productos pueden contener algunos componentes livianos (etanos) y pesados (pentanos).

El GLP es una mezcla de hidrocarburos de petróleo los cuales son gaseosos a la temperatura y presión ambientales normales (1 atmósfera y 20°C).

Para el uso estándar de calefacción, combustión y para propósito de uso doméstico generalmente consiste en una mezcla de propano comercial y butano comercial. Para obtener GLP líquido a presión atmosférica el propano tendrá que evaporarse con una temperatura por encima de los -45 °C por lo que es el gas más versátil para uso general; esto significa que a temperaturas muy bajas, se vaporizará tan pronto como sea liberado del contenedor presurizado. El resultado es un combustible más limpio que no requiere mucho equipamiento para vaporizarlo y mezclarlo con el aire y el butano para evaporarse requerirá una temperatura por encima de los -2°C lo cual significa que no se vaporizará en temperaturas muy frías requiriéndose

así una mezcla de propano/butano ya que el butano no se evapora tan rápidamente como el propano.

En cambio, para obtenerlo en estado líquido a temperatura ambiente, se debe someter al GLP a presión esto facilitará su transporte y almacenaje. Para el butano, la presión debe ser de más de 2 atmósferas y para el propano, la presión debe ser de más de 8 atmósferas.

Un litro de líquido se transforma en 272,6 litros de gas para el propano y 237,8 litros de gas para el butano. El GLP en forma líquida es 250 veces más denso que en la forma gaseosa.

Efecto de la Temperatura en el GLP

Al aumentar la temperatura del GLP que se encuentra dentro de un tanque cerrado, aumenta su presión. Esto es debido a que aumenta la presión de vapor y, además, el líquido se expande. Por lo tanto, nunca se debe calentar un recipiente que contiene GLP y tampoco se debe llenar totalmente un recipiente con GLP líquido, sino que se debe dejar un espacio de por lo menos el 15% del volumen total del recipiente para la dilatación del líquido.

Densidad y Viscosidad

La densidad y presión de vapor del GLP varían según la composición. La densidad y peso específico son mayores que el aire, por lo que el GLP resulta más pesado que éste. Por lo tanto una nube de GLP tenderá a permanecer a nivel del suelo.

El GLP líquido es más liviano y menos viscoso que el agua, por lo que hay que tener cuidado ya que puede pasar a través de poros donde ni el agua, diesel o kerosene pueden hacerlo.

Ventajas del GLP

- El gas licuado de petróleo es fácil y seguro de almacenar, lo cual lo hace ideal para ser transportado.
- Sus características de alta pureza, y la homogeneidad de sus componentes, hacen que sea muy fácil ajustar el aire necesario para que la combustión de sus productos sea la idónea.
- Están prácticamente exentos de azufre y otras sustancias como metales.
- El poder calorífico del GLP (aprox. 92.000 BTU/m³ de vapor)³, lo que representa 25500 KJ/kg, es casi tres veces mayor que el del Gas Natural (35.315 BTU/m³)^{4 8},
- Comparado con otros combustibles puede llegar a reducir alrededor de un 95% las emisiones de NOx y material particulado, además de las reducciones de CO, hidrocarburos y gases tóxicos del aire.

Máxima exposición permisible para las personas

La exposición máxima permisible para las personas es de 1.000 partes de GLP por cada 1.000.000 de partes de aire (1.000 ppm), promedio sobre un turno de trabajo de ocho horas.

Usos del GLP

El GLP se utiliza fraccionado en mini cilindros y cilindros para usos domésticos (principalmente calefacción y cocina), a los que se suman las ventas industriales en gran cantidad para soldadura, gas de corte, tratamiento en caliente de piezas y asfalto, cocción y terminado de cerámicas, en

⁸ Juan V. Saucedo. Canasta energética colombiana

refrigeración, tratamiento térmico en producción de alimentos y como combustible para monta cargas.

Otro uso difundido en la industria es en aquellas que se encuentran alejadas de gasoductos y en lugares donde por condiciones climáticas el diesel no es conveniente debido al elevado punto de congelamiento (principalmente minería)

El GLP consumido es provisto principalmente en:

- Mini-cilindros de 10 y 15 Kg y
- Cilindros de 30 y 45 Kg

Uno de los usos que cada vez se está haciendo más patente, es en los automóviles. Los coches construidos y reconvertidos para funcionar con gas GLP se están convirtiendo en algo muy común en varios países, y su uso se extiende a otros paulatinamente.

Comportamiento del GLP con relación a otros combustibles

El GLP tiene una serie de ventajas prácticas y ambientales sobre los otros combustibles. Su portabilidad, además de facilitar su manejo, hace posible que sea empleado como fuente de energía en regiones apartadas donde otros combustibles no pueden llegar. Su alto valor calorífico en estado líquido equivale a una reducción de los costos de transporte. Por ejemplo, 13 Kg de GLP adecuadamente manejados proveerían alrededor de 180 KWh de energía, mientras que se requerirían aproximadamente 25 Kg de carbón y 91 Kg de madera para lograr este valor.

En cuanto a beneficios ambientales, el GLP prácticamente no produce partículas finas y junto con el Gas Natural son los combustibles fósiles que producen menos emisiones de monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos nitrosos.

4.2.4.3. Diesel

El diesel denominado también gasoil, es un líquido de color blanco o verdoso derivado del petróleo y de densidad sobre 850 kg/m^3 ($0,850 \text{ g/cm}^3$), formado fundamentalmente por compuestos parafínicos, naftalénicos y aromáticos utilizado principalmente como combustible en motores diesel y en calefacción. Su poder calorífico es de 8800 Kcal/kg ; (36800 KJ/kg).

En 2010 la densidad del diesel proveniente de petróleo era aproximadamente de 0.832 kg/litro (varía según la región), un 12% más que la gasolina que tiene una densidad de 0.745 kg/litro . Aproximadamente el 86.1% del diesel es carbono su número es bastante fijo y se encuentra entre C_{10} y C_{22} , y cuando se combustiona ofrece un valor calorífico de 43.1 MJ/kg contra 43.2 MJ/kg de la gasolina. Sin embargo, debido a la mayor densidad, el diesel ofrece un densidad volumétrica energética de $35,86 \text{ MJ/litro}$ contra los $32,18 \text{ MJ/litro}$ de la gasolina, lo que supone un 11% mayor, que podría ser considerada cuando comparamos la eficiencia del gasoil frente al volumen.

Las emisiones de CO_2 del diesel son de $73,25 \text{ g/MJ}$, solo ligeramente más bajas que la gasolina, con $73,38 \text{ g/MJ}$. El gasóleo es generalmente más simple de refinar del petróleo que la gasolina, y contiene hidrocarburos con un punto de ebullición entre $180\text{-}360 \text{ }^\circ\text{C}$.

Todos los combustibles fósiles son contaminantes del medio ambiente a través de los gases de combustión. El diesel, no escapa a esta regla.

1. Uno de los contaminantes más importantes es el azufre. El azufre sale por el conducto de escape o chimenea como óxido de azufre (SO_x), el cual con la humedad del aire se convierte en ácido sulfúrico, contribuyendo a la generación de la lluvia ácida.

2. Otro contaminante es el nitrógeno. Sin embargo es justo reconocer que en los gases de escape el contenido de óxidos nitrosos es levemente superior cuando se utiliza biodiesel (un 10%) que en los humos de un motor que está utilizando diesel. Los óxidos nitrosos también son precursores de la lluvia ácida (generan ácido nítrico).

El diesel también posee diferentes calidades en función del proceso realizado en la refinería y si en la misma el diesel fue aditivado para mejorar su índice de cetano. Las normas exigen que el índice de cetano mínimo sea 40. Generalmente el diesel que se expende en el mercado tiene por encima de 50 y en algunos casos en los que se ha utilizado un buen aditivo supera los 50 e incluso los 55.

4.2.4.4. Ventajas de los Combustibles Gaseosos frente a los Líquidos

En la ignición de un combustible gaseoso es fácil deducir que la mezcla con el comburente se realiza de una manera fácil. El modo en que básicamente se realiza la combustión es igual que para un combustible sólido o líquido. Se sigue utilizando, en general, el aire como comburente, aunque a veces se usa el oxígeno. Es necesario en este caso el uso de quemadores, que es donde se va a producir la mezcla combustible comburente. La combustión es rápida, pero no instantánea. Es necesario un tiempo de mezcla para facilitar la reacción.

a) Aspectos relacionados con el estado físico y composición química:

- Menores costos de preparación del combustible por eliminación de costos de calentamiento, bombeo y pulverización.
- Mejor rendimiento energético derivado de:
 - Posibilidad de reducir el exceso de aire al mínimo.
 - Ausencia de inquemados.

- Calentamientos directos con llama o gases de combustión.
- Facilidad de implantación de sistemas de recuperación de calor y regulación automática.
- Posibilidad de reducir en gran medida la temperatura de los gases de combustión (por debajo de los 100°C) debido a la ausencia de generación de rocío ácido (condensación de agua con ácido sulfúrico disuelto).
- Menores costes de mantenimiento por:
 - Ausencia de sistemas de preparación del combustible y almacenamiento en algunos casos.
 - Mayor duración de los equipos consumidores.
- Menor inversión en las instalaciones de combustión.

b) Aspectos relacionados con el medioambiente:

- Inherentes a la naturaleza del combustible:
 - Eliminación de emisiones de SO₂ y SO₃ (lluvia ácida).
 - Ausencia de inquemados sólidos y/o cenizas.
 - Menores emisiones de CO.
 - Menores emisiones de NO_x (lluvia ácida y efecto invernadero).

Las combustiones son peligrosas porque existe riesgo de explosión, y por tanto los depósitos de gas deben estar alejados del horno.

4.2.4.5. Combinación de combustibles

Se trabajará en la sustitución de leña (empleada tradicionalmente), por la combinación de leña-GLP y leña-diesel en el proceso de quema; evaluándose comparativamente los resultados de ambas técnicas para definir la más adecuada a las condiciones artesanales y también se efectuará ensayos de resistencia de los ladrillos producidos con una y otra tecnología, para comparar en forma preliminar la efectividad de los resultados.

CAPÍTULO N° 5

QUEMA DE LADRILLOS EN EL LABORATORIO

Debido a las particularidades de los hornos y la forma como se realiza la quema artesanal de ladrillos, resulta complejo efectuar estudios y análisis, in-situ, tanto de la eficiencia energética como de las emisiones atmosféricas que se originan en este proceso, por lo que se hace necesaria la implementación de un horno a menor escala con similares características en el cual se pueda ejecutar las mediciones necesarias para luego analizar sus resultados.

Los ladrillos que se utilizarán para las quemas se obtendrán de las propias ladrilleras artesanales (moldeados y secos) para mantener las características de los mismos con la intención de determinar los cambios que puedan producirse manteniendo como variable solamente la ignición con el uso y la mezcla de los combustibles para lo cual se adecuará tanto el espacio físico como los instrumentos necesarios para la quema y los análisis pertinentes.

5.1. ELABORACIÓN DEL HORNO A ESCALA

Con la información obtenida de las ladrilleras artesanales y descritas en el capítulo 4.2.1., procedemos a construir un horno con los siguientes materiales:

- Estructura de hierro para la base del horno.
- 4 Ruedas para soporte y fácil traslado del horno.

- 48 ladrillos de obra.
- Una caneca de Mortero Refractario.
- Varilla de 10 mm para parrilla.
- Tol galvanizado de 0.45 mm para la chimenea.

Las dimensiones del horno a escala serán de 50 centímetros de largo por 50 centímetros de ancho y 55 centímetros de alto, lo que representa el 10% de un horno normal promedio con una capacidad de carga para la quema de 85 ladrillos que representa el 1% del promedio de la capacidad de los hornos.

Imagen 15: Dimensiones para el horno

Imagen 16: Parrilla del horno



Fuente: Los Autores

El horno no cuenta con hogar inferior debido a que la quema no genera grandes cantidades de residuos sólidos de cenizas, pero cuenta con el hogar superior formado por parrillas que proveen el espacio adecuado para el acomodo de la leña para la combustión que es ingresada a través de una puerta que se encuentra en el frente del horno; cuenta también con el cuerpo o espacio superior que es para el acomodo de los ladrillos que se van a quemar.

El inconveniente por el cual se dificulta la medición de gases y material particulado en los hornos convencionales de las ladrilleras, es debido a que no cuentan con el sistema de evacuación de gases o chimenea, por lo que no existe la posibilidad de utilizar los equipos de mediciones que se encuentran en el medio local y que cumplen con las normativas respectivas de acuerdo con la legislación competente.

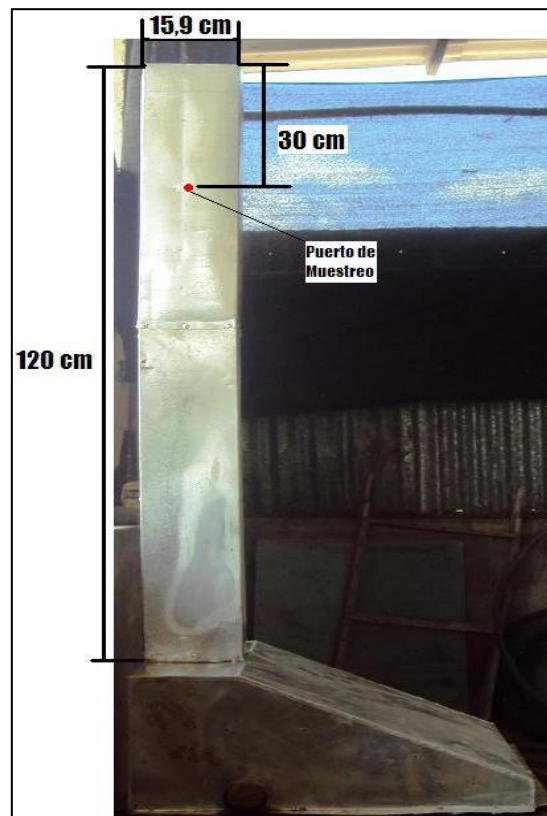
Para medir las emisiones de los gases y el material particulado en el horno a escala, se colocará una chimenea por la cual serán evacuados los gases que resulten de la quema de los ladrillos.

En la fabricación de la chimenea no se realizarán los cálculos competentes ya que La Normativa Ecuatoriana en su Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, Libro VI, no considera chimeneas de diámetro o sección rectangular menores a 0,30 metros, por lo que no es necesario utilizar valores técnicos sabiendo que el caudal de salida de los gases no varía en pequeñas escalas.

La medición de los gases se la realizará en un punto fijo de muestreo central, que de acuerdo a la metodología de medición que se indica en la normativa ambiental antes expuesta Anexo 3 de “Métodos y equipos de medición de emisiones desde fuentes fijas de combustión”, Numeral 4.2 y sus anexos, en donde indica que:

“Los puertos de muestreo se colocarán a una distancia de, dos diámetros de chimenea corriente arriba de una perturbación al flujo normal de gases de combustión”

Imagen 17: Chimenea



Fuente: los Autores

5.2. SISTEMAS DE COMBUSTIÓN

Para la combustión en el horno a escala se utilizará tres tipos de combustibles:

- a) Leña de eucalipto,
- b) Una combinación leña de eucalipto con GLP, y
- c) Una mezcla de leña de eucalipto con diesel.

Para el ingreso de los combustibles, en el caso de la leña de eucalipto se lo realizará directamente al horno a través de la puerta de ingreso en el hogar de la combustión.

En el caso del GLP y del diesel, éstos ingresarán a través de un sistema de mangueras y tubos de hierro que serán moldeados para guiar al combustible desde los cilindros de abastecimiento hasta el hogar de combustión manteniendo los recipientes de combustible a una distancia lejana de la ignición.

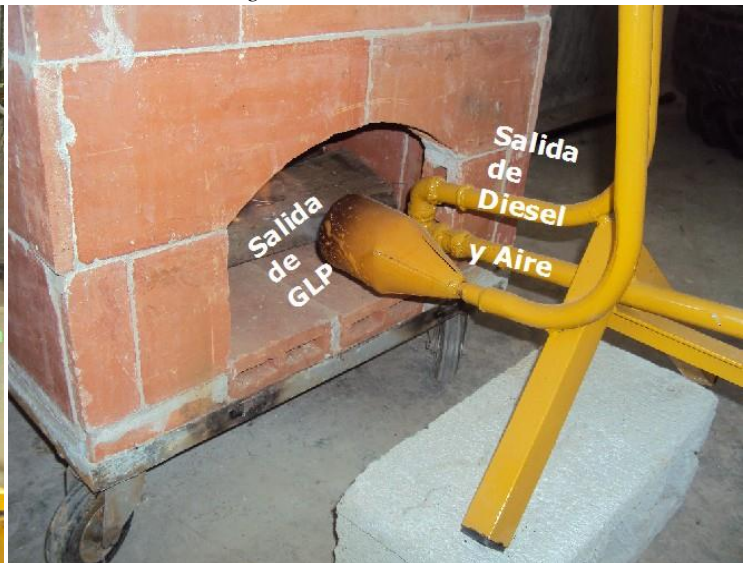
Imagen 18: Ubicación de materiales y equipos en el laboratorio.



Imagen 19: Entrada Combustible



Imagen 20: Salida combustible



Fuente: Los Autores

5.3. CÁLCULO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Un propósito fundamental de la prospectiva energética ha sido estudiar las causas que definen el crecimiento de la demanda de energía, existen varios factores que condicionan la eficiencia en el uso de energía y por ende la demanda total. Esto sugiere la necesidad de evaluar y estimar índices representativos de eficiencia energética y de configurarlos como una guía en la evolución de la demanda de energía y como instrumentos para mejorar la producción.

5.3.1. ENERGÍA MÍNIMA DE COMBUSTIBLE REQUERIDA PARA QUEMAR UN KILOGRAMO DE LADRILLO

Al respecto es posible estimar teóricamente la cantidad mínima de energía del combustible, necesaria para quemar un kilogramo de ladrillo, a una atmósfera de presión y con valores típicos de humedad de 3%, temperatura ambiente de 20°C y temperatura de sinterización de 1000°C.

Esta energía tiene tres componentes: Calor necesario para elevar la temperatura del agua contenida en el ladrillo húmedo hasta la temperatura de evaporación; calor necesario para convertir el líquido saturado en vapor saturado y calor necesario para elevar la temperatura de la masa del ladrillo desde la temperatura ambiente a la temperatura de sinterización:

- 1) Calor necesario para elevar la temperatura del agua desde la temperatura ambiente hasta la temperatura de evaporación a una atmósfera (100 kPa), es decir a 100°C.

Según las tablas termodinámicas, el calor específico del agua a 0°C es de 4.217 kJ/kg-°K, a 27°C es de 4.179 kJ/kg-°K y a 100°C es 4.218 kJ/kg-°K.

Se aprecia una variación insignificante de este valor en el rango de 0°C a 100°C. Tomando un valor promedio de estos tres valores se puede asumir 4.199 para el calor específico del agua en dicho rango de temperaturas.

El calor requerido para elevar la temperatura del agua será:

$$Q_1 = 0.03 \text{ kg} \times 4.2 \text{ kJ/kg-}^\circ\text{K} \times (100 - 20) ^\circ\text{K} = \mathbf{10.08 \text{ kJ}}$$

- 2) Calor necesario para convertir el líquido saturado en vapor saturado a las mismas condiciones de presión y temperatura.

De las tablas termodinámicas, las entalpías de vapor saturado y líquido saturado a 100°C y una atmósfera de presión, son 419.04 y 2676.1 kJ/kg respectivamente.

Por lo tanto, el calor requerido para cambio de estado será:

$$Q_2 = 0.03 \text{ kg} \times (2676.1 - 419.04) \text{ kJ/kg} = \mathbf{67.71 \text{ kJ}}$$

- 3) Calor necesario para elevar la temperatura de la masa del ladrillo desde la temperatura ambiente a la temperatura de sinterización.

Tomando en consideración que la temperatura de sinterización del ladrillo es de 950°K y estimando en 0.75 kJ/kg-°K el calor específico promedio de la masa de ladrillo, el calor necesario para llegar a la temperatura de sinterización será:

$$Q_3 = 0.75 \text{ kJ/kg-}^\circ\text{K} \times 1 \text{ kg} \times (1000 - 20) ^\circ\text{K} = \mathbf{735 \text{ kJ}}$$

Sumando estos tres componentes tendremos la energía total requerida para quemar un kg de ladrillo en las condiciones típicas asumidas.

$$Q \text{ Total} = \mathbf{812.79 \text{ KJ/kg} = 0.81 \text{ MJ/kg}}$$

5.3.2. ENERGÍA CONSUMIDA EN LA QUEMA DE LADRILLOS EN EL LABORATORIO

5.3.2.1. Quema con Leña de eucalipto como combustible

La primera quema (ensayo N°1) se la realizará al igual que en las ladrilleras artesanales con la leña de eucalipto como combustible para determinar los parámetros que influyen sobre la generación de gases atmosféricos y material particulado.

El principal inconveniente es al inicio de la ignición por lo que la leña se enciende de manera lenta y genera gran cantidad de compuestos volátiles.

Imagen 21: Quema leña de eucalipto



Imagen 22: Quema leña de eucalipto



Fuente. Los Autores

Tabla 4: Datos de quema con leña de eucalipto

ENSAYO Nº 1		
Día de la quema: Diciembre 09 del 2011		Inicio: 10:45 am Fin: 12:37 pm
Energía de quema, 1kg ladrillo = 812,79 kJ	Tipo de combustible: Leña de Eucalipto	Masa de combustible: 33,50 kg
Poder calorífico: Leña de eucalipto 18000 kJ/kg	Número de ladrillos: Crudos cargados en el horno: 85 ladrillos	Masa ^C /ladrillo seco : 1,10 kg
		Masa ^C /ladrillo quemado: 0,90 kg
Cálculo de consumo específico de energía:		Condiciones del clima:
Masa de ladrillos secos	= 93,50 kg	Seco,
Energía de la leña	= 603000,00 kJ	Poco calor,
Energía otro combustible	= 0,00 kJ	Viento ligero.
Energía bruta	= 603000,00 kJ	Temperatura máx. horno: 950 °C
Energía mínima de quema	= 75995,87 kJ	Temperatura ambiente: 20 °C
Masa de ladrillos quemados	= 76,50 kg	Tiempo de quema : 1h y 53min
Energía específica de quema	= 993,41 kJ/kg 0,99 MJ/kg	

Fuente: Los Autores

La energía consumida en la quema con eucalipto como combustible es de 0.99 MJ/kg. Cantidad de ladrillos comerciales 78, sub-quemados y rotos 7.

5.3.2.2. Quema con la mezcla de leña y GLP como combustible

En el segundo ensayo se realizará la combustión con la primera mezcla de combustibles (leña y GLP); la leña será introducida de forma normal por la

puerta inferior del horno mientras que el GLP ingresará a través del sifón que guiará el fogonazo hacia la leña para que se mezclen las llamas.

Imagen 23: Quema con leña-GLP



Fuente: Los Autores

Tabla 5: Datos de quema con leña-GLP.

ENSAYO Nº 2		
Día de la quema: Diciembre 16 del 2011		Inicio. 10:30 am Fin. 11:42 am
Energía de quema, 1kg ladrillo = 812,79 kJ	Tipo de combustible: Leña eucalipto y GLP	Masa de combustible: Eucalipto = 18,26 kg GLP = 2,20 kg
Poder calorífico: Leña de eucalipto = 18000 kJ/kg GLP = 25500 kJ/kg	Número de ladrillos: Crudos cargados en el horno: 85 ladrillos	Masa ^c /ladrillo seco : 1,15 kg
		Masa ^c /ladrillo quemado: 1,02 kg

Cálculo de consumo específico de energía:		Condiciones del clima:
Masa de ladrillos secos	= 97,75 kg	Seco,
Energía de la leña	= 328680,00 kJ	Frío,
Energía del GLP	= 56100,00 kJ	Viento moderado.
Energía bruta	= 384780,00 kJ	Temperatura máx. horno: 970 °C
Energía mínima de quema	= 79450,22 kJ	Temperatura ambiente: 15 °C
Masa de ladrillos quemados	= 86,70 kg	Tiempo de quema : 1h y 12min
Energía específica de quema	= 916,38 kJ/kg	
	0,92 MJ/kg	

Fuente: Los Autores

La energía consumida en la quema con la mezcla de leña de eucalipto y GLP como combustible es de 0,92 MJ/kg. Cantidad de ladrillos comerciales son de 81, sub-quemados y rotos 4.

5.3.2.3. Quema con la mezcla de leña y diesel como combustible

El tercer ensayo se lo realizará con la segunda mezcla de combustibles (leña y diesel); la leña ingresará al horno de la manera tradicional en el hogar inferior mientras que para el diesel se utilizará el sifón con el cual se verterá el combustible hacia la leña. Para que el diesel se ingrese en el hogar inferior y para que exista la combinación con la leña, se utiliza un venterol con el cual se proporciona una corriente de aire que dispersa al diesel de forma precisa y con una velocidad constante.

Imagen 24: Quema con leña-diesel



Fuente: Los Autores

Tabla 6: Datos de quema con leña-diesel.

ENSAYO Nº 3		
Día de la quema: Diciembre 23 del 2011		Inicio. 10:30 am Fin. 11:23 am
Energía de quema, 1kg ladrillo = 812,79 kJ	Tipo de combustible: Leña eucalipto-Diesel	Masa de combustible: Eucalipto = 14,94 kg Diesel = 1,89 kg
Poder calorífico: Leña de eucalipto = 18000 kJ/kg Diesel = 36800 kJ/kg	Número de ladrillos: Crudos cargados en el horno: 85 ladrillos	Masa °C/ladrillo seco : 1,00 kg
		Masa °C/ladrillo quemado: 0,90 kg
Cálculo de consumo específico de energía: Masa de ladrillos secos = 85,00 kg Energía de la leña = 268920,00 kJ Energía del Diesel = 69552,00 kJ Energía de combustibles = 338472,00 kJ Energía mínima de quema = 69087,15 kJ Masa de ladrillos quemados = 76,50 kg Energía específica de quema = 903,10 kJ/kg 0,90 MJ/kg		Condiciones del clima: Seco, Caluroso, Sin viento. Temperatura máx. horno: 970 °C Temperatura ambiente: 23 °C Tiempo de quema : 53min

Fuente: Los Autores

La energía consumida en la quema con la mezcla de leña de eucalipto y diesel como combustible es de 0.90 MJ/kg. Cantidad de ladrillos comerciales son de 82, sub-quemados y rotos 3.

En el primer ensayo podemos observar que la energía proporcionada por la leña de eucalipto es un 87% superior a la energía mínima requerida para la quema de los ladrillos.

Al existir un margen tan grande entre la energía necesaria para la quema y la energía proporcionada por la leña indica que el aprovechamiento energético es bajo a comparación de la mezcla de combustibles ya que la diferencia de energía con la mezcla leña-GLP es de 79,3% y con la mezcla de leña-diesel es de 79,6%.

La relación óptima de eficiencia energética sería cuando toda la energía producida por los combustibles sea igual a la energía mínima requerida por los ladrillos ya que si la energía específica de la quema es superior, esto indica que hubo un desperdicio de energía.

Tabla 7: Eficiencia energética de acuerdo al combustible.

EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA QUEMA DE LADRILLOS		
Energía mínima requerida = 0.81 MJ/kg		
Combustible	Energía específica de quema (MJ/kg)	Eficiencia Energética (%)
Leña de eucalipto	0,99	81,54
Leña - GLP	0,92	88,39
Leña - Diesel	0,90	89,69

Fuente: Los Autores

5.4. CALIDAD DE LOS LADRILLOS DEL ENSAYO

Para determinar la calidad de los ladrillos obtenidos en los ensayos, se procederá a realizar pruebas de compresión entre los ladrillos quemados en el laboratorio y los ladrillos obtenidos en el comercio local, pudiendo de esta manera comparar las aptitudes de la producción.

Un ladrillo para ser bueno debe reunir las siguientes cualidades:

- **Homogeneidad** en toda la masa (ausencia de fisuras y defectos).
- **Dureza** suficiente para poder resistir cargas pesadas (resistencia a la compresión).
- **Formas regulares**, para que las hiladas de los muros sean de espesor uniforme (aristas vivas y ángulos rectos).
- **Igualdad de coloración**, salvo que se tenga interés en emplearlos como detalle arquitectónico de coloración.

Los buenos ladrillos están bien cocidos y tienen un sonido claro y metálico a la percusión; son duros y presentan el grano fino y compacto en su fractura, sus aristas deben ser duras y la superficie, lisa y regular.

Las ladrilleras artesanales no tienen ningún control sobre las variables de su proceso por lo que la probabilidad de que sus productos no cumplan con las normas de calidad mínimas es muy alta; por lo mismo tampoco realizan ensayos de calidad.

Como no pueden hacer un control adecuado de la temperatura del horno, uno de sus principales problemas de calidad es que tienen gran cantidad de productos crudos y otros sobre cocidos por mala cocción.

En la tabla 8 se presenta la comparación de las características de los ladrillos obtenidos mediante el comercio local y los ladrillos obtenidos en los ensayos en donde la variable fueron los tres tipos de combustibles.

Las características de los ladrillos se determinarán de acuerdo con los siguientes criterios: homogeneidad (Alta-Media-Baja), compresión (Buena > 100 kg/cm²; Intermedia entre 61 y 99 kg/cm²; Mala < 60kg/cm²), uniformidad (Regular-Irregular), coloración (intensidad: Alta-Media-Baja).

Tabla 8: Características comparativas de los ladrillos

CALIDAD DE LOS LADRILLOS				
Procedencia	Homogeneidad	Compresión	Uniformidad	Coloración
Comercio local	Media	Intermedia	Regular	Media
Ensayo 1: Combustión Leña Eucalipto	Media	<u>Alta</u>	Regular	Media
Ensayo 2: Combustión Leña - GLP	<u>Alta</u>	<u>Alta</u>	Regular	<u>Alta</u>
Ensayo 3: Combustión Leña - Diesel	Media	Intermedia	Regular	Baja

Fuente: Los Autores

Imagen 25: Ladrillos del laboratorio

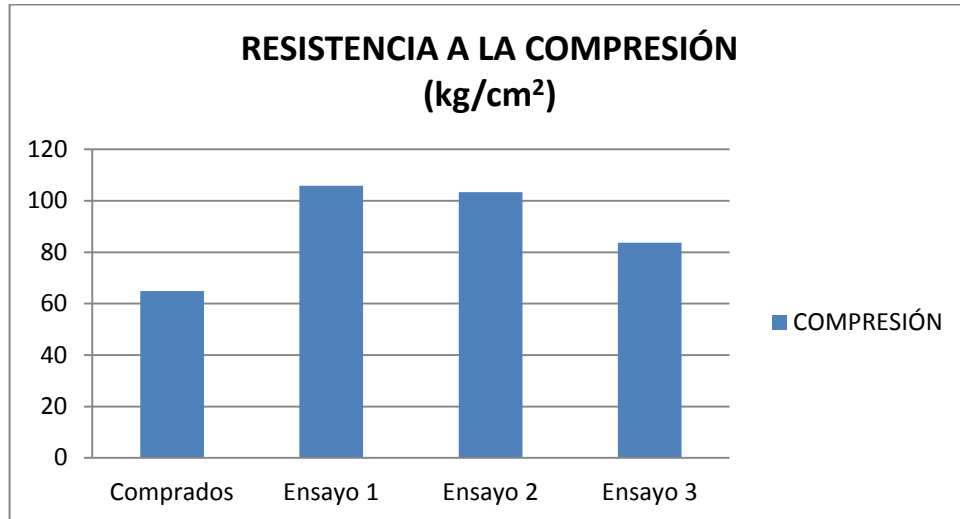
Imagen 26: Ladrillos del laboratorio



Fuente: Los Autores

La medición de la compresión se la realizó en el laboratorio de mecánica de la UPS-Cuenca, en el departamento de resistencia de materiales y los resultados se muestran en el Anexo III.

Gráfico 16: Dureza de los ladrillos.



Fuente: Los Autores

En cuanto a la resistencia de compresión, los ladrillos que se muestran mejores son los del ensayo N°1, pero los de mejor calidad en general son los del ensayo N°2 de acuerdo con la tabla 8.

5.5. MEDICIÓN DE GASES DE COMBUSTIÓN

Para la medición de los gases de emisión atmosférica se contrataron los servicios del Centro de Estudios Ambientales (CEA) quienes cuentan con los equipos necesarios y las respectivas certificaciones para analizar las emisiones en cada ensayo con los diferentes tipos de combustibles.

Los resultados obtenidos servirán para determinar qué tipo de combustible es el que menos emisiones genera y sobre todo si las emisiones se encuentran dentro de la Normativa Ecuatoriana que en su Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, (TULSMA) Libro VI, Anexo 3, para fuentes fijas expresa los siguientes límites de emisión:

Tabla 9: Normativa Ambiental

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIONES AL AIRE PARA FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN			
Contaminante Emitido	Combustible Utilizado	Valor	Unidades^[i]
<i>Partículas Totales</i>	<i>Sólido</i>	<i>150</i>	<i>mg/Nm³</i>
	<i>Líquido ^[ii]</i>	<i>150</i>	<i>mg/Nm³</i>
	<i>Gaseoso</i>	<i>No Aplicable</i>	<i>No Aplicable</i>
Contaminante Emitido	Combustible Utilizado	Valor	Unidades^[i]
<i>Óxidos de Nitrógeno</i>	<i>Sólido</i>	<i>850</i>	<i>mg/Nm³</i>
	<i>Líquido ^[ii]</i>	<i>550</i>	<i>mg/Nm³</i>
	<i>Gaseoso</i>	<i>400</i>	<i>mg/Nm³</i>
<i>Dióxido de Azufre</i>	<i>Sólido</i>	<i>1 650</i>	<i>mg/Nm³</i>
	<i>Líquido ^[ii]</i>	<i>1 650</i>	<i>mg/Nm³</i>
	<i>Gaseoso</i>	<i>No Aplicable</i>	<i>No Aplicable</i>

^{i]} mg/Nm³: miligramos por metro cúbico de gas, a condiciones normales, mil trece milibares de presión (1013mbar) y temperatura de 0° C, en bases secas y corregidas a 7% de oxígeno.

^{ii]} combustibles líquidos comprenden los combustibles fósiles líquidos, tales como diesel, kerosene, búnker C, petróleo crudo, naftas.

Fuente: TULSMA

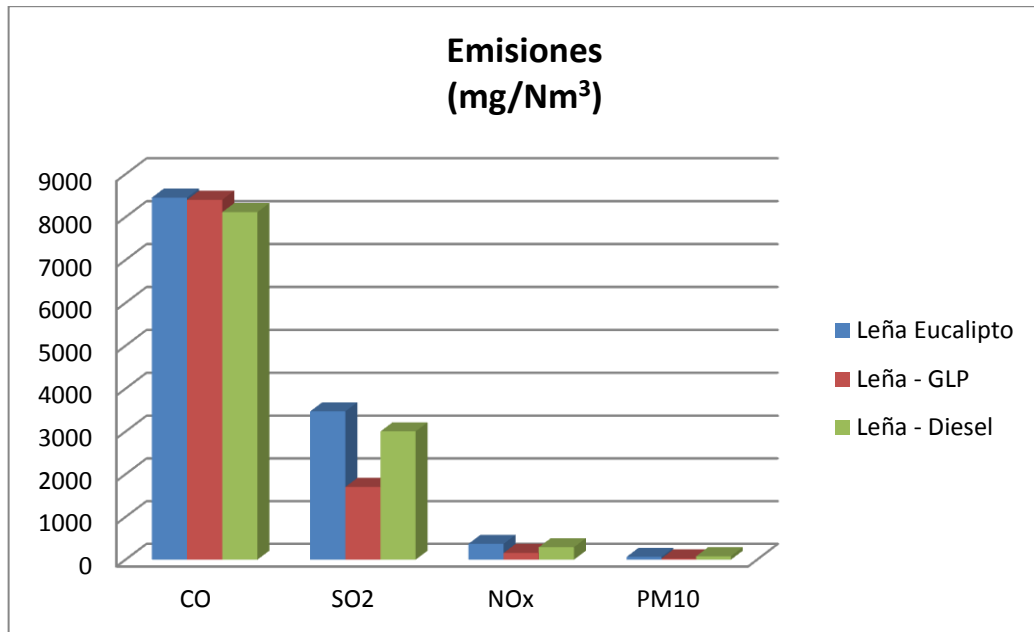
Los resultados de las mediciones se encuentran en el Anexo II, de lo cual podemos destacar:

Tabla 10: Resultado de gases de Combustión

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE GASES					
Combustible	Emisiones Promedio (mg/Nm³)				
	CO	NOx	SO₂	PM₁₀	Total
Leña Eucalipto	8454,5	370,2	3469,5	65,3	12359,5
Leña - GLP	8403,3	157,4	1703,0	27,8	10291,5
Leña - Diesel	8114,8	290,7	3004,1	79,3	11488,9

Fuente: CEA

Gráfico 17: Nivel de los gases de combustión de acuerdo al combustible

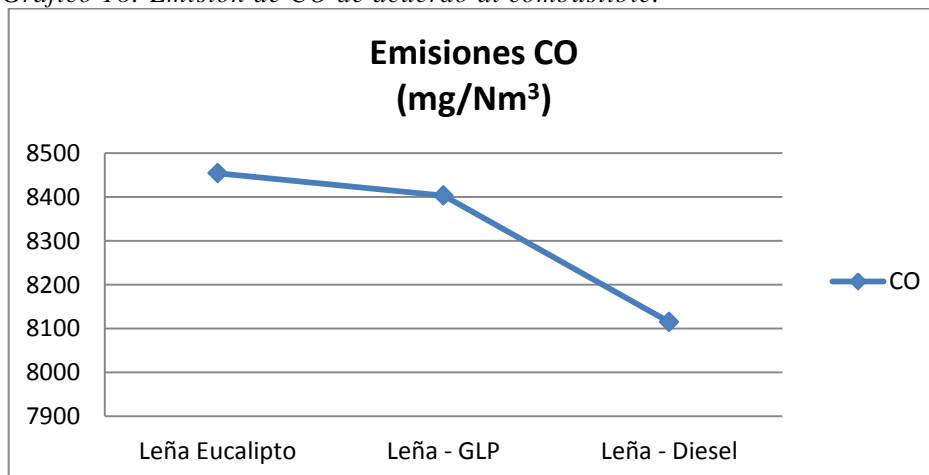


Fuente: Los Autores

De los gases medidos en la combustión de ladrillos, observamos que con los tres combustibles, el CO es el que se emite en mayor cantidad (aprox. 75%) seguido del dióxido de azufre los óxidos de nitrógeno y en menor cantidad el material particulado.

El monóxido de carbono se produce en mayor cantidad con la leña de eucalipto como combustible, seguido por la combinación de leña - GLP y finalmente la combinación leña - diesel.

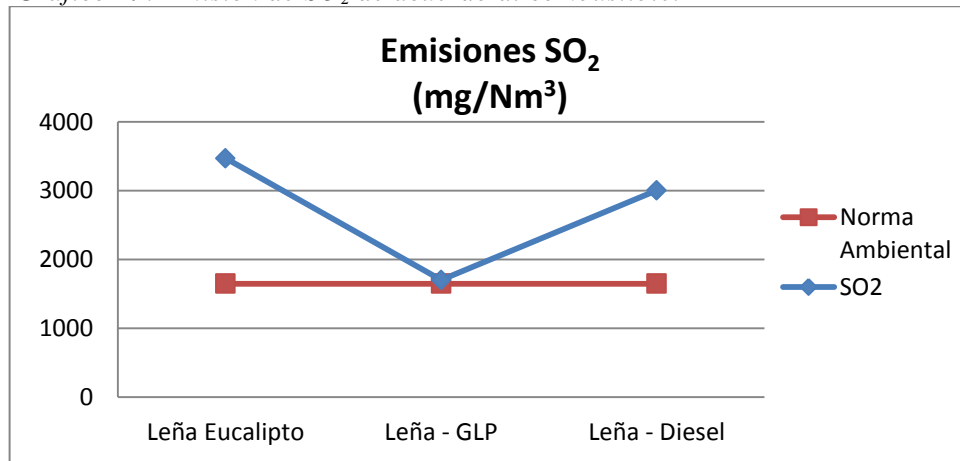
Gráfico 18: Emisión de CO de acuerdo al combustible.



Fuente: Los Autores

Las emisiones de dióxido de azufre también se producen con mayor cantidad en la quema con leña solamente, seguidas por la combustión de la mezcla leña-diesel y se emite en menor cantidad cuando se quema con leña-GLP, pero de acuerdo con la normativa ambiental, los tres tipos de combustibles sobrepasan los límites permisibles.

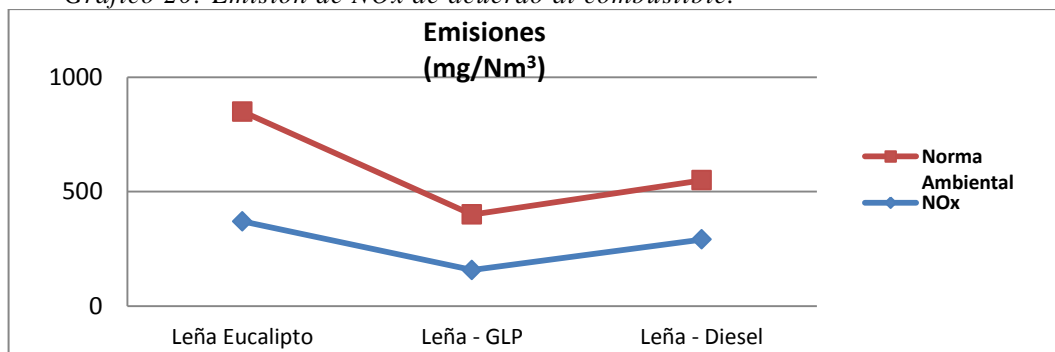
Gráfico 19: Emisión de SO₂ de acuerdo al combustible.



Fuente: Los Autores

Las emisiones de óxidos de nitrógeno se producen en mayor cantidad cuando se utiliza como combustible la leña solamente debido a la fijación térmica del nitrógeno en el aire de combustión, la producción de NO_x del combustible se da por la quema secundaria y aumenta con el contenido de nitrógeno en el combustible. El NO_x térmico aumenta con el incremento de temperatura de la llama y con el aumento de oxígeno libre en el horno. Los tres tipos de combustibles están dentro de los valores permisibles pero la mezcla leña-GLP es la que menos cantidad de NO_x produce.

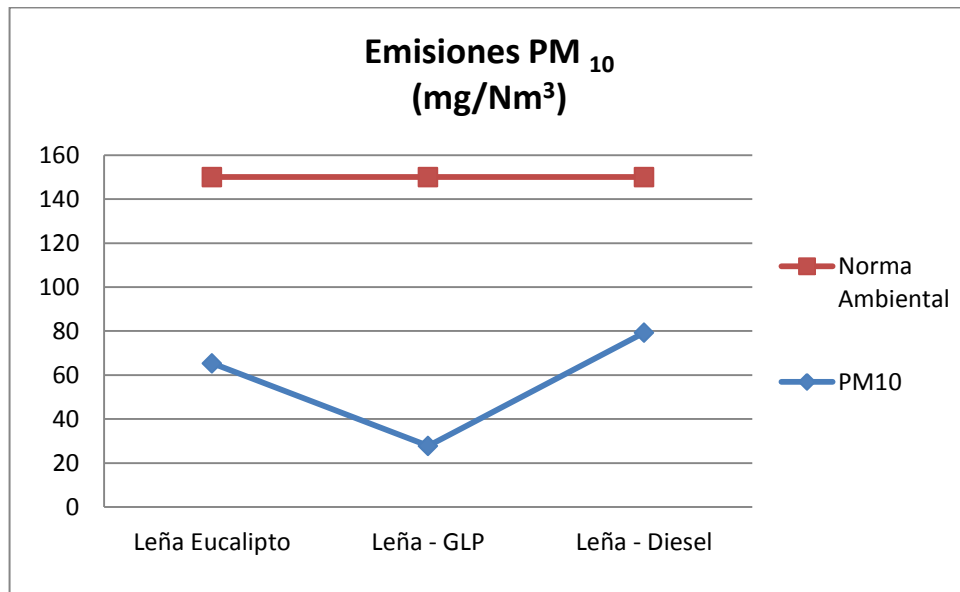
Gráfico 20: Emisión de NO_x de acuerdo al combustible.



Fuente: Los Autores

Las emisiones de material particulado se encuentran dentro de la normativa ambiental para los tres tipos de combustibles debido a que cuando se realizaron las quemas, la ignición fue controlada en todo momento para mantener una temperatura de combustión y que no exista una muy alta cantidad de combustible frente a la cantidad de aire existente.

Gráfico 21: Emisión de PM_{10} de acuerdo al combustible.



Fuente: Los Autores

CONCLUSIONES

La mejora en la calidad ambiental del entorno de las ladrilleras artesanales representa una gran parte de la problemática alrededor de esta actividad. Éste documento según los lineamientos estratégicos, se ha enfocado en la reducción de emisiones atmosféricas contaminantes como una intervención integral para el logro general de un ambiente saludable en el entorno donde se desarrollan estas actividades.

Los inventarios de emisiones constituyen una herramienta básica para todo programa de prevención y control de la contaminación del aire en una localidad. A pesar de esto, en nuestro país son pocas las ciudades que cuentan con inventarios de emisiones y mucho menos con referencias específicas de una actividad productiva; por lo cual, los resultados de este trabajo ayudarán a las autoridades ambientales a emprender acciones encaminadas a una mejor gestión de la calidad del aire.

El total de emisiones atmosféricas son de alrededor de 145 toneladas de contaminantes primarios del aire de los cuales los COV aportan el 36% de las emisiones evaluadas, luego se encuentra el CO con un 34% seguido por el MP₁₀ con un 27%, los NO_x aportan con un 2% y el SO₂ se produce en un 0,3%.

A partir de las emisiones, se puede determinar la dispersión de los contaminantes atmosféricos generados por las quemas en ladrilleras, mediante la estimación de la concentración en una matriz georeferenciada con el uso del modelo de dispersión gaussiano ISCST3 (Industrial Source Complex Short Term) que permite vincular niveles de concentración con puntos geográficos discretos.

En cuanto a las emisiones producidas específicamente en la etapa de quema de ladrillos; con la utilización de leña de eucalipto resultaron ser mayores en 7.1% más que la mezcla leña-diesel y en 16,7% más que la mezcla leña-GLP de acuerdo a los resultados obtenidos por la CEA, lo que indica que el proceso de combustión se lo puede mejorar a través de la combinación de combustibles debido a que la leña por si sola tarda en prenderse debido a sus propiedades físicas.

La mezcla de combustibles también permite mantener una quema controlada con relación al oxígeno ya que si no hay suficiente oxígeno, se generan productos intermedios como el MP_{10} , que de acuerdo a los resultados obtenidos en los tres ensayos no supera el 0,5% seguido por los óxidos de nitrógeno en un 2,4%, el dióxido de azufre con el 23,6% y finalmente el monóxido de carbono con el 73,5%

La eficiencia energética también mejora con la mezclas de combustibles, siendo ésta vez la mezcla leña-diesel la mejor alternativa para la quema con un 1,3% sobre la mezcla leña-GLP y un 8.15% sobre la combustión de la leña de eucalipto que además se tarda un mayor tiempo, aproximadamente un 50% más, en la cocción de los ladrillos.

En lo que se refiere a la calidad de los ladrillos, comparando los obtenidos en los ensayos y los que se encuentran en el comercio local, se obtuvo que los que fueron quemados en el ensayo N° 2 con leña-GLP como combustible, tienen mejores aptitudes físicas y de resistencia seguidos por los ladrillos obtenidos en el ensayo N°1 de la quema solo con leña de eucalipto en donde se mantuvo una ignición controlada, luego se encuentran los obtenidos en la compra del comercio local y finalmente los que resultaron del ensayo que utilizó como combustible a la leña-diesel.

Al mejorar la eficiencia energética, disminuir el tiempo de cocción de los ladrillos, garantizar una buena calidad del producto y, sobre todo, al disminuir la cantidad de emisiones atmosféricas contaminantes, se logra aumentar significativamente los beneficios de la producción, se evita riesgos a la salud y se contribuye con la protección del medio ambiente.

Por su parte, la hipótesis generada al inicio de esta investigación se ha cumplido en su totalidad, acertando con los dos elementos principales que se manejaron para el estudio: la eficiencia energética y la emisión de gases contaminantes.

El combustible que mejores resultados proporcionó es de la mezcla leña-GLP con una buena eficiencia energética, un tiempo de quema no muy prolongado, menor cantidad de emisiones generadas, una buena calidad y resistencia a la compresión.

Tabla 11: Resultado de la eficacia de los combustibles

RESULTADOS LOS COMBUSTIBLES				
Combustible Utilizado	Eficiencia Energética (%)	Tiempo de quema (minutos)	Emisiones Totales (mg/Nm³)	Calidad Compresión (kg/cm²)
Leña Eucalipto	81,54	113	12359,5	105,79
Leña – GLP	88,39	72	10291,5	103,33
Leña – Diesel	89,69	53	11488,9	83,65

Fuente: Los Autores

RECOMENDACIONES

Se recomienda que de los datos obtenidos en el inventario, se realicen análisis que determinen la dispersión de los contaminantes atmosféricos generados por las quemas en ladrilleras, mediante la estimación de la concentración en una matriz georeferenciada con el uso del modelo de dispersión gaussiano ISCST3 (Industrial Source Complex Short Term) que permite vincular niveles de concentración con puntos geográficos discretos.

En el proceso de elaboración de la pasta y el moldeado de ladrillos se recomienda usar máquinas de extrusión ya que tienen mayor capacidad en relación volumen/tiempo y mayor eficiencia.

Implementar el área de secado cerca del horno, que presenten mayores niveles de producción y capacidad de recuperación de calor proveniente del horno.

Evitar operar los hornos a cargas parciales. Operar a plena carga implica utilizar menos combustible por unidad de producto y reducción de costos.

Instalación de un sistema de GLP que permita controlar la cocción en los hornos, sobretodo en el inicio y final de la quema, consumiendo menos energía y obteniendo mayor capacidad de producción.

El GLP se puede utilizar eficientemente en los hornos tradicionales y requiere de un mínimo de inversión por parte de los dueños de las ladrilleras ya que el cambio al sistema de GLP reduciría las emisiones de PM_{10} y NO_x .

Además de propiciar la reducción de las emisiones atmosféricas con la sustitución de la leña por otros combustibles que no dañen el medio ambiente, se debe actuar también en otras direcciones dentro de la actividad ladrillera artesanal, ya que, como se dijo en las conclusiones, la mejora en la calidad ambiental del entorno de las ladrilleras artesanales representa una gran parte de la problemática que se produce alrededor de esta actividad.

BIBLIOGRAFÍA

- JARAMILLO ESPINOSA, Fernando, *Bases para la Investigación de la Contaminación Atmosférica en el Valle de Sogamoso- El caso del Material Particulado generado en la fabricación artesanal de ladrillo y cal*, Proyecto de Tesis de Maestría, 2001.
- OROZCO, Carmen, y otros, *Contaminación Ambiental (una visión desde la química)*, Editorial Thomson, España, 2003.
- ALLEY, E Roberts, *Manual de Control de la Calidad del Aire- 2^{da} Edición*, Editorial McGraw-Hill, México, 2001.
- WARNER, Wark, *Contaminación del Aire - Origen y Control*, Editorial Limusa, México, 2004.
- BARRIGA, A, *Análisis de Operación de Industrias Ladrilleras en Ecuador -Aplicaciones al Uso Racional de Leña*, ESPOL, Guayaquil 1997.
- MASON, K, *Evolving a Standard to compare the Energy Efficiency of Brick Firing Processes*, ITDG, Harare, 1998.
- MAYORGA, E, *Adaptación de Tecnologías de Producción de Ladrillos en Zonas Rurales del Perú*, ITDG, Lima, 1998.
- VILLAVECCHIA, V, *Tratado de Química Aplicada – Tomo III- 3^{ra} Edición*, Gustavo Gili S.A, Barcelona, 1949.
- FERNANDEZ, Beatriz, *Aerodinámica de la Combustión con Doble Turbolizador Estático*, Tesis de Maestría en Eficiencia Energética, CEEMA, UCF, 2004.
- KENNERH, Wark, JR, *Termodinámica Quinta Edición*, Editorial McGraw-Hill, 1995.
- PNUMA, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, *Perspectivas de Medio Ambiente Mundial GEO-3*, Grupo Mundi-Prensa, España, 2002.
- IPC, *Industrial Pollution Control*, Desarrollado por el Banco Mundial, la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS), 1995.

- Proyecto de Desarrollo de la Cuenca del Río Paute, *Aplicaciones de la Información Temática Digital de la Cuenca del Río Paute*, Universidad del Azuay – CG Paute, Cuenca, 2005.
- EPA, Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, recuperado Junio del 2011,
<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/>.
- EPA, United States Environmental Protection Agency, Air Clearing House for Inventories and Emission Factors. (Air CHIEF), recuperado Julio del 2011,
<http://www.epa.gov/ttn/chief/airchief.html#order> consult 23 July 2000.
- Comisión Ambiental Metropolitana, *Inventario de Emisiones a la Atmósfera de la Zona Metropolitana del Valle de México*, Centro de Información Ambiental, México, 1996, recuperado Julio del 2011,
<http://www.sma.df.gob.mx/sma/index.php?opcion=25&t=1&v=inventario%20emisiones>.
- Instituto Nacional de Ecología de México, recuperado Julio del 2011,
http://www.ine.gob.mx/descargas/cclimatico/2010_guia%20escenarios_cc.pdf.
- Cámara de Comercio de Bogotá, recuperado Septiembre del 2011,
www.ccb.org.co.
- COSTA, M, y otros, *Desenvolupament d'un model d'emissions atmosfèriques- Aplicació a l'Àrea Geogràfica de Barcelona*, Universitat Politècnica de Catalunya, 1995.
- CREMADES, L.V, *Estimación de la Relación PAR/RS*, Comunicación personal, 2000.
- GENSLER W.G, *Advanced Agricultural Instrumentation*. Martinus Nijhoff Publishers, Boston, NATO ASI series, 1986, p.20.
- GUENTHER, A, y otros, “Global Model of Natural Volatile Organic Compound Emissions”, *Journal of Geophysical Research*, Vol.100, No. D5, 1995, p.8873-8892.

- GUENTHER A, y otros, “Isoprene and Monoterpene Emission Rate Variability- Model Evaluations and sensitivity Analyses”, Journal of Geophysical Research, Vol.98, No.D7, 1993, p.12609-12617.
- GUENTHER A, y otros, “Natural Volatile Organic Compound Emission Rate Estimates for U.S. Woodland Landscapes”, Atmospheric Environment, Vol.28, No.6, 1994, p.1197-1210.
- LAMB B, y otros, “A National Inventory of Biogenic Hydrocarbon Emissions”, Atmospheric Environment, Vol.21, No.8, 1987, p.1695 – 1705.
- MODELO BEIS EPA Documento, EPA/600/R-99/030, recuperado noviembre del 2011, www.epa.gov/chief.html, 2000.

ANEXOS

ANEXO I

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES PARA EL INVENTARIO DE INFORMACIÓN ACERCA DE LADRILLERAS ARTESANALES DE LA ZONA INMEDIATA DE INFLUENCIA URBANA AL NOROESTE DE LA CIUDAD DE CUENCA

1. Nombre y Razón social;
2. Producción máxima, mínima y promedio al mes;
3. Ubicación geográfica (latitud, longitud) de cada ladrillera, UTM (SAM 56);
4. Dimensiones del área que se ocupan para la producción;
5. Determinación del tipo de combustibles que utilizan:
 - a. Madera, Gas, Diesel:
 - i. Tipo,
 - ii. Procedencia,
 - iii. Cantidad de adquisición y cada que tiempo se lo hace,
 - iv. Identificación de las formas como ingresan al horno,
 - v. Cantidad de combustibles utilizado en una quema de ladrillos.
 - vi. Mezclas
 - vii. Cantidad en cada mezcla
6. Determinación del tipo de hornos utilizados en el proceso de cocción:
 - a. Dimensiones,
 - b. Capacidad del horno por una cocción,
 - c. Duración de la cocción en una quema de ladrillos,
 - d. Temperatura promedio por cocción,
 - e. Frecuencia por quema al mes,
 - f. Residuos generados por el horno en el proceso de combustión:
 - i. Cenizas,
 - ii. Carbón (destino final),
 - g. Determinación de la opacidad estimada con el método para eliminación de gases denominado anillo de *riegelman*
7. Esquema del horno: Dibujo o fotos
8. Ubicación y distribución de la ladrillera: Dibujo o fotos.

FICHA PARA INVENTARIO LADRILLERAS				
Ladrillera #:	Nombre:			
Razón Social:				
Dirección:				
Número de trabajadores:				
Régimen Laboral	Lunes a viernes:		Todos los días:	---
Horario típico de producción	Discontinuo:	---	Continuo:	

Coordenadas geográfica (SAM-56)	Longitud:		Latitud:	
Área de elaboración (Dimensión aprox.)				

Producción Mensual				
Productos principales:	Ladrillos	Tejas	Otros	
Enero				
Febrero				
Marzo				
Abril				
Mayo				
Junio				
Julio				
Agosto				
Septiembre				
Octubre				
Noviembre				
Diciembre				
Producción anual				
Promedio:				
Máximo:				
Mínimo:				
Unidad de producción:				

Consumo de combustibles	Tipo:		
	Procedencia:		
	Adquisición	Tiempo:	
		Cantidad:	
	Mezcla	Forma:	
		Cantidad (1 quema)	
Horno	Dimensiones:		
	Capacidad:		
	Duración (1 quema):		
	Frecuencia (quema/mes)		
	Potencia (Btu/h):		
	Temperatura Promedio		
	Opacidad aproximada:		
	Residuos	Cenizas:	
Carbón:			
Esquema del Horno:			
Referencias:		Dibujo:	

Ubicación y distribución de la ladrillera:	
Referencias:	Dibujo:

Firma Representante Ladrillera

Firma Estudiante

INFORME DE MEDICIONES AMBIENTALES

1. ANTECEDENTES

Razón Social: UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA.
Actividad: Proyecto de Investigación.
Solicitante: José Luis Gomezcuello, Jorge Luis Jaya.
Mediciones: Gases de Combustión.

2. MEDICIONES REALIZADAS

Determinación de los Gases de Combustión: Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Azufre (SO₂), Óxidos de Nitrógeno (NO, NO₂, NO_x) en un Horno Piloto de quema de ladrillos, en tres situaciones de cambio de combustible; una con una mezcla de GLP-Leña, otra únicamente con leña y una tercera con una mezcla Diesel-Leña.

FE

3. GASES DE COMBUSTION.

Las mediciones fueron realizadas en:

- Chimenea de Horno diseñado y construido para el trabajo de investigación, la chimenea del mismo tiene un diámetro de sección cuadrada con un diámetro equivalente de 0,15 metros y una altura de 1,20 metros.

3.1. EQUIPO ANALIZADOR

Las mediciones fueron realizadas con un Equipo de medición de gases de combustión TESTO 350 M/XL.

El equipo tiene instalado sensores electroquímicos para detección de gases: CO, NO, NO₂, NO_x, SO₂ y sensor de temperatura de gases. Se dispone de sonda Pitot para detección directa de presión y velocidad de gases de chimenea.

Los resultados del informe son de uso exclusivo del consultor, las recomendaciones y conclusiones citadas, afectan únicamente a las condiciones al momento de la medición y deben ser reproducidas o incorporadas en el informe final previo análisis del responsable del estudio de consultoría. 1

3.2. METODOLOGIA DE LA MEDICION

La metodología de medición que se usó, es la indicada en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, Libro VI, Anexo 3 de "Métodos y equipos de medición de emisiones desde fuentes fijas de combustión", Numeral 4.2 y sus anexos, que expresan lo siguiente:

4.2.1 General

4.2.1.1 *Para demostración de cumplimiento con la presente norma de emisiones al aire desde fuentes fijas de combustión, los equipos, métodos y procedimientos de medición de emisiones deberán cumplir requisitos técnicos mínimos, establecidos a continuación. Además, la fuente fija deberá proveer de requisitos técnicos mínimos que permitan la ejecución de las mediciones.*

4.2.2 Requisitos y métodos de medición

4.2.2.1 *A fin de permitir la medición de emisiones de contaminantes del aire desde fuentes fijas de combustión, estas deberán contar con los siguientes requisitos técnicos mínimos:*

- a. *plataforma de trabajo, con las características descritas en la figura 1 (Anexo),*
- b. *escalera de acceso a la plataforma de trabajo,*
- c. *suministro de energía eléctrica cercano a los puertos de muestreo.*

4.2.2.2 *Método 1: definición de puertos de muestreo y de puntos de medición en chimeneas.- este método provee los procedimientos para definir el número y ubicación de los puertos de muestreo, así como de los puntos de medición al interior de la chimenea.*

4.2.2.3 *Número de puertos de muestreo.- el número de puertos de muestreo requeridos se determinará de acuerdo al siguiente criterio:*

Los resultados del informe son de uso exclusivo del consultor, las recomendaciones y conclusiones citadas, afectan únicamente a las condiciones al momento de la medición y deben ser reproducidas o incorporadas en el informe final previo análisis del responsable del estudio de consultoría. 2

- a. dos (2) puertos para aquellas chimeneas o conductos de diámetro menor 3,0 metros.
- b. cuatro (4) puertos para chimeneas o conductos de diámetro igual o mayor a 3,0 metros.

4.2.2.4 Para conductos de sección rectangular, se utilizará el diámetro equivalente¹ para definir el número y la ubicación de los puertos de muestreo.

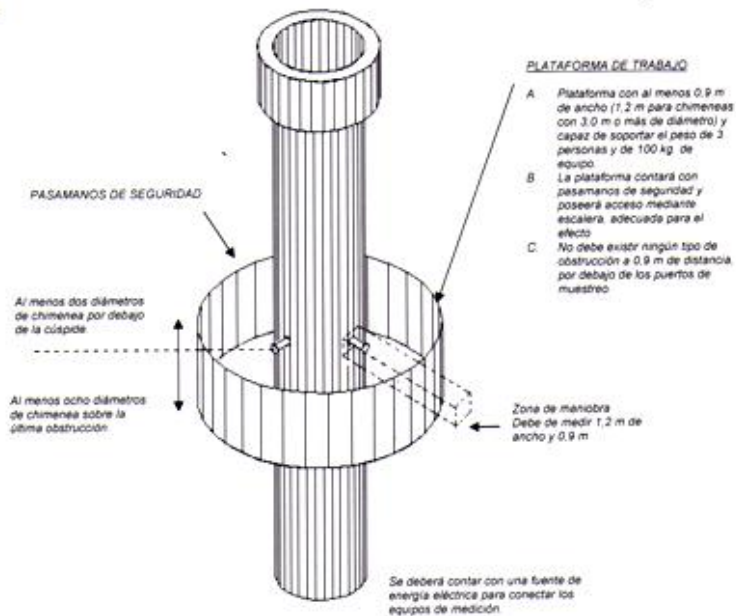
¹Para un conducto o chimenea de sección cuadrada, se define con la siguiente expresión:

$$De = \frac{2LW}{(L+W)}$$

Donde L es la longitud y W el ancho de la sección interior del conducto o chimenea, en contacto efectivo con la corriente de gases

4.2.2.5 Ubicación de puertos de muestreo.- los puertos de muestreo se colocarán a una distancia de, al menos, ocho diámetros de chimenea corriente abajo y dos diámetros de chimenea corriente arriba de una perturbación al flujo normal de gases de combustión (ver figura 1, Anexo). Se entiende por perturbación cualquier codo, contracción o expansión que posee la chimenea o conducto. En conductos de sección rectangular, se utilizará el mismo criterio, salvo que la ubicación de los puertos de muestreo se definirá en base al diámetro equivalente del conducto.

(Anexo). Figura 1. Requisitos para ejecución de medición de emisiones al aire desde fuentes fijas



Handwritten signature or initials.

4.2.2.6 Número de puntos de medición.- cuando la chimenea o conducto cumpla con el criterio establecido en 4.2.2.5, el número de puntos de medición será el siguiente:

- a. doce (12) puntos de medición para chimeneas o conductos con diámetro, o diámetro equivalente, respectivamente, mayor a 0,61 metros,
- b. ocho (8) puntos de medición para chimeneas o conductos con diámetro, o diámetro equivalente, respectivamente, entre 0,30 y 0,60 metros, y,
- c. nueve (9) puntos de medición para conductos de sección rectangular con diámetro equivalente entre 0,30 y 0,61 metros.

4.2.2.7 Para el caso de que una chimenea no cumpla con el criterio establecido en 4.2.2.5, el número de puntos de medición se definirá de acuerdo con la figura 2 (Anexo). Al utilizar esta figura, se determinarán las distancias existentes tanto corriente abajo como corriente arriba de los puertos de muestreo, y cada una de estas distancias será dividida para el diámetro de la chimenea o conducto, esto a fin de

Los resultados del informe son de uso exclusivo del consultor, las recomendaciones y conclusiones citadas, afectan únicamente a las condiciones al momento de la medición y deben ser reproducidas o incorporadas en el informe final previo análisis del responsable del estudio de consultoría. 4

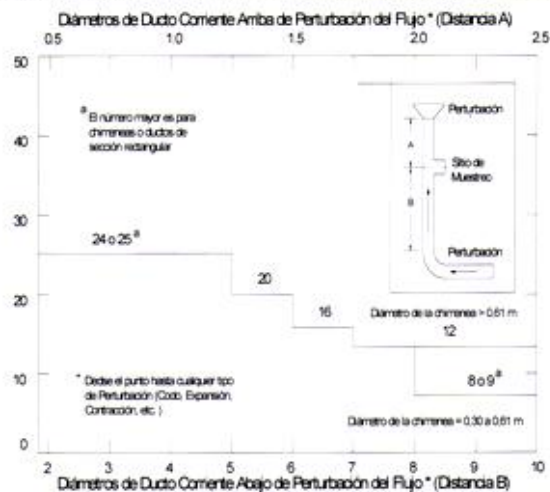
determinar las distancias en función del número de diámetros. Se seleccionará el mayor número de puntos de medición indicado en la figura, de forma tal que, para una chimenea de sección circular, el número de puntos de medición sea múltiplo de cuatro. En cambio en una chimenea de sección rectangular, la distribución de puntos de medición se definirá en base a la siguiente matriz (tabla 4)

Tabla 4. Distribución de puntos de medición para una chimenea o conducto de sección rectangular

NUMERO DE PUNTOS DE MEDICIÓN	DISTRIBUCIÓN DE PUNTOS
9	3 x 3
12	4 x 3
16	4 x 4
20	5 x 4
25	5 x 5
30	6 x 5
36	6 x 6
42	7 x 6
49	7 x 7



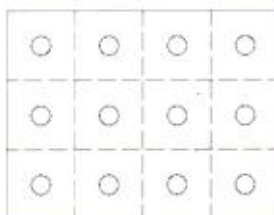
(Anexo). Figura 2. Número de puntos de medición de emisiones al aire desde fuentes fijas



Los resultados del informe son de uso exclusivo del consultor. las recomendaciones y conclusiones citadas, afectan únicamente a las condiciones al momento de la medición y deben ser reproducidas o incorporadas en el informe final previo análisis del responsable del estudio de consultoría.

4.2.2.9 *Ubicación de los puntos de medición en chimeneas de sección rectangular.- para el número de puntos de medición determinado, se dividirá la sección transversal de la chimenea o conducto en un número de áreas rectangulares igual al número de puntos de medición determinado. Luego, cada punto de medición se ubicará en el centro de cada área rectangular definida (ver figura 3, Anexo).*

Figura 3. Ejemplo de puntos de medición de emisiones al aire en conducto de sección rectangular (12 áreas iguales con punto de medición en centroide de cada área



ES

3.3. **NORMATIVA AMBIENTAL**

La Normativa Ecuatoriana en su Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, Libro VI, Anexo 3, expresa lo siguiente para los límites de emisión en Fuentes Fijas:

4.1.2 Valores máximos permisibles de emisión

4.1.2.2 *Los valores de emisión máxima permitida, para fuentes fijas de combustión nuevas, son los establecidos en la Tabla 2 de esta norma.*

Los resultados del informe son de uso exclusivo del consultor, las recomendaciones y conclusiones citadas, afectan únicamente a las condiciones al momento de la medición y deben ser reproducidas o incorporadas en el informe final previo análisis del responsable del estudio de consultoría. 6

Tabla 2. Límites máximos permisibles de emisiones al aire para fuentes fijas de combustión. Norma para fuentes en operación a partir de Enero de 2003

CONTAMINANTE EMITIDO	COMBUSTIBLE UTILIZADO	VALOR	UNIDADES ¹⁾
Partículas Totales	Sólido	150	mg/Nm ³
	Líquido ²⁾	150	mg/Nm ³
	Gaseoso	No Aplicable	No Aplicable
Óxidos de Nitrógeno	Sólido	850	mg/Nm ³
	Líquido ²⁾	550	mg/Nm ³
	Gaseoso	400	mg/Nm ³
Dióxido de Azufre	Sólido	1 650	mg/Nm ³
	Líquido ²⁾	1 650	mg/Nm ³
	Gaseoso	No Aplicable	No Aplicable

Notas:

¹⁾ mg/Nm³: miligramos por metro cúbico de gas, a condiciones normales, mil trece milibares de presión (1013mbar) y temperatura de 0° C, en base seca y corregidos a 7% de oxígeno.

²⁾ combustibles líquidos comprenden los combustibles fósiles líquidos, tales como diesel, kerosene, búnker C, petróleo crudo, naftas.

Los resultados del informe son de uso exclusivo del consultor, las recomendaciones y conclusiones citadas, afectan únicamente a las condiciones al momento de la medición y deben ser reproducidas o incorporadas en el informe final previo análisis del responsable del estudio de consultoría.

4. MEDICIONES Y RESULTADOS

4.1 PUNTOS DE MUESTREO

Debido a que la normativa ambiental antes expuesta no considera chimeneas de diámetro o sección rectangular menores a 0,30 metros, se fijó únicamente un punto de muestreo central, en un puerto. (Ver figura 1)

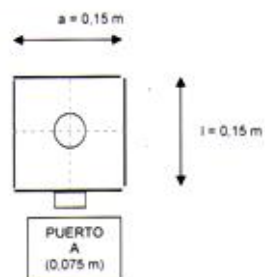


Figura 1. Punto de Muestreo con Sondas para Gases y Presión con el equipo analizador

Para este caso la empresa a ubicado los puertos a una distancia de 0,80 metros corriente abajo (Ver figura 2. Ducto).

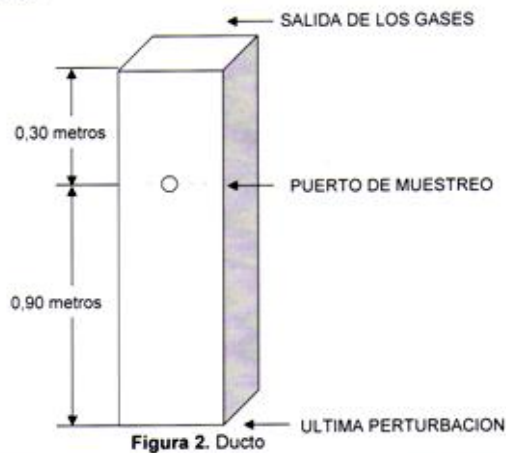


Figura 2. Ducto

Los resultados del informe son de uso exclusivo del consultor, las recomendaciones y conclusiones citadas, afectan únicamente a las condiciones al momento de la medición y deben ser reproducidas o incorporadas en el informe final previo análisis del responsable del estudio de consultoría.

4.2. PRUEBA CON MEZCLA DE COMBUSTIBLE GLP-LEÑA

Se tomó un muestreo de gas durante 10 minutos en el puerto de muestreo, con Data Rate (intervalo de muestreo) cada 10 segundos.

4.2.1. AJUSTE DEL EQUIPO DE MEDICIÓN.

El Equipo TESTO 350 XL fue ajustado y calibrado a las siguientes condiciones:

Parámetro	Unidad	Rango de Detección	Exactitud
Temperatura	° C	40 - 1200	± 0.5% valor medido
CO	ppm	0 - 10000	± 10% valor medido
NO	ppm	0 - 3000	± 5% valor medido
NO2	ppm	0 - 500	± 5% valor medido
SO2	ppm	0 - 5000	± 5% valor medido
Velocidad	m/s	1 - 30	Factor calib. = 0.67

Tipo de Combustible: GLP
 Presión Atmosférica dada por altura: 531,15 mmHg (707,94 mbar)
 Altura: 2100 m.s.n.m.
 Factor de Compensación: 1.00

El mayor aporte de combustible es por parte del GLP, por ello es considerado como el combustible principal

PROGRAMA:

No. Valores = 60; Tiempo Gas = 10 min; Tiempo Aire = 6min; Tiempo Limpiar=7 min.

4.2.2 RESULTADOS DEL ANALISIS DE GASES

Los resultados del monitoreo de Gases en la Chimenea, se expresan en la Tabla 1.

Los resultados del informe son de uso exclusivo del consultor, las recomendaciones y conclusiones citadas, afectan únicamente a las condiciones al momento de la medición y deben ser reproducidas o incorporadas en el informe final previo análisis del responsable del estudio de consultoría. 9

Tabla 1. Parámetros determinados en la Chimenea del Horno con una mezcla de combustible GLP-Leña (20/12/2011).

PARAMETRO	VALOR
O ₂	12,51 %
CO	4057,77 ppm
NOx	46,27 ppm
SO ₂	359,77 ppm
Temperatura Ambiente	23 °C
Temperatura Media Gases Chimenea	203 °C
Velocidad Gases Chimenea	< 1 m/s
Número de Humo (Bomba Bacharat)	8

La Tabla 2 muestra los valores promedio de concentración de CO, NOx, SO₂ ya transformados para fines de comparación con la normativa vigente para fuentes fijas de combustión:

Tabla 2. Concentraciones de Gases la Chimenea del Horno con una mezcla de combustible GLP-Leña (20/12/2011).

GAS	PROMEDIO (mg/Nm ³) ¹	LIMITE SEGÚN NORMATIVA (mg/Nm ³)
Monóxido de Carbono (CO)	8403,3	---
Óxidos de Nitrógeno (NOx)	157,4	400
Dióxido de Azufre (SO ₂)	1703,0	No Aplicable

¹ Los valores han sido transformados a condiciones normales, de mil trece milibares de presión (1 013 mbar) y temperatura de 0 °C, en base seca y corregidos a 7% de oxígeno.

Según lo observado en la Tabla 2, ninguna de las concentraciones superan los Límites Normativos estipulados en la Legislación Ambiental.

4.3. PRUEBA UNICAMENTE CON LA COMBUSTION DE LEÑA

Se tomó un muestreo de gas durante 10 minutos en el puerto de muestreo, con Data Rate (intervalo de muestreo) cada 10 segundos.

4.3.1. AJUSTE DEL EQUIPO DE MEDICIÓN.

El Equipo TESTO 350 XL fue ajustado y calibrado a las siguientes condiciones:

Parámetro	Unidad	Rango de Detección	Exactitud
Temperatura	° C	40 - 1200	± 0.5% valor medido
CO	ppm	0 - 10000	± 10% valor medido
NO	ppm	0 - 3000	± 5% valor medido
NO2	ppm	0 - 500	± 5% valor medido
SO2	ppm	0 - 5000	± 5% valor medido
Velocidad	m/s	1 - 30	Factor calib. = 0.67

Tipo de Combustible: Madera
 Presión Atmosférica dada por altura: 531,15 mmHg (707,94 mbar)
 Altura: 2100 m.s.n.m.
 Factor de Compensación: 1.00

PROGRAMA:

No. Valores = 60; Tiempo Gas = 10 min; Tiempo Aire = 6min; Tiempo Limpiar=7 min.

4.3.2 RESULTADOS DEL ANALISIS DE GASES

Los resultados del monitoreo de Gases en la Chimenea, se expresan en la Tabla 3.

Tabla 3. Parámetros determinados en la Chimenea del Horno con una combustión de leña (20/12/2011).

PARAMETRO	VALOR
O ₂	13,19 %
CO	3750,79 ppm
NOx	99,98 ppm
SO ₂	673,42 ppm

Los resultados del informe son de uso exclusivo del consultor. las recomendaciones y conclusiones citadas, afectan únicamente a las condiciones al momento de la medición y deben ser reproducidas o incorporadas en el informe final previo análisis del responsable del estudio de consultoría.

Temperatura Ambiente	23 °C
Temperatura Media Gases Chimenea	222 °C
Velocidad Gases Chimenea	< 1 m/s
Número de Humo (Bomba Bacharat)	9

La Tabla 4 muestra los valores promedio de concentración de CO, NOx, SO₂ ya transformados para fines de comparación con la normativa vigente para fuentes fijas de combustión:

Tabla 4. Concentraciones de Gases la Chimenea del Horno con una combustión de leña (20/12/2011).

GAS	PROMEDIO (mg/Nm ³) ¹	LIMITE SEGÚN NORMATIVA (mg/Nm ³)
Monóxido de Carbono (CO)	8454,5	---
Óxidos de Nitrógeno (NOx)	370,2	850
Dióxido de Azufre (SO ₂)	3469,5	1650

¹ Los valores han sido transformados a condiciones normales, de mil trece milibares de presión (1 013 mbar) y temperatura de 0 °C, en base seca y corregidos a 7% de oxígeno.

Según lo observado en la Tabla 2, las concentraciones de Dióxido de Azufre (SO₂) superan los Límites Normativos estipulados en la Legislación Ambiental.

Los resultados del informe son de uso exclusivo del consultor, las recomendaciones y conclusiones citadas afectan únicamente a las condiciones al momento de la medición y deben ser reproducidas o incorporadas en el informe final previo análisis del responsable del estudio de consultoría.

4.4. PRUEBA CON MEZCLA DE COMBUSTIBLES DIESEL-LEÑA

Se tomó un muestreo de gas durante 3 minutos en el puerto de muestreo, con Data Rate (intervalo de muestreo) cada 10 segundos.

4.4.1. AJUSTE DEL EQUIPO DE MEDICIÓN.

El Equipo TESTO 350 XL fue ajustado y calibrado a las siguientes condiciones:

<i>Parámetro</i>	<i>Unidad</i>	<i>Rango de Detección</i>	<i>Exactitud</i>
<i>Temperatura</i>	<i>° C</i>	<i>40 - 1200</i>	<i>± 0.5% valor medido</i>
<i>CO</i>	<i>ppm</i>	<i>0 - 10000</i>	<i>± 10% valor medido</i>
<i>NO</i>	<i>ppm</i>	<i>0 - 3000</i>	<i>± 5% valor medido</i>
<i>NO2</i>	<i>ppm</i>	<i>0 - 500</i>	<i>± 5% valor medido</i>
<i>SO2</i>	<i>ppm</i>	<i>0 - 5000</i>	<i>± 5% valor medido</i>
<i>Velocidad</i>	<i>m/s</i>	<i>1 - 30</i>	<i>Factor calib. = 0.67</i>

Tipo de Combustible: Diesel
 Presión Atmosférica dada por altura: 531,15 mmHg (707,94 mbar)
 Altura: 2100 m.s.n.m.
 Factor de Compensación: 1.00

BA

El mayor aporte de combustible es por parte del Diesel, por ello es considerado como el combustible principal

PROGRAMA:

No. Valores = 18; Tiempo Gas = 3 min; Tiempo Aire = 6min; Tiempo Limpiar=7 min.

4.4.2 RESULTADOS DEL ANALISIS DE GASES.

Los resultados del monitoreo de Gases en la Chimenea, se expresan en la Tabla 5.

Tabla 5. Parámetros determinados en la Chimenea del Horno con una mezcla de combustible Diesel-Leña (20/12/2011).

PARAMETRO	VALOR
O ₂	12,34 %
CO	3999,94 ppm
NO _x	87,22 ppm
SO ₂	647,83 ppm
Temperatura Ambiente	23 °C
Temperatura Media Gases Chimenea	218 °C
Velocidad Gases Chimenea	< 1 m/s
Número de Humo (Bomba Bacharat)	9

La Tabla 6 muestra los valores promedio de concentración de CO, NO_x, SO₂ ya transformados para fines de comparación con la normativa vigente para fuentes fijas de combustión:

Tabla 6. Concentraciones de Gases la Chimenea del Horno con una mezcla de combustible Diesel-Leña (20/12/2011).

GAS	PROMEDIO (mg/Nm ³) ¹	LIMITE SEGÚN NORMATIVA (mg/Nm ³)
Monóxido de Carbono (CO)	8114,8	---
Óxidos de Nitrógeno (NO _x)	290,7	550
Dióxido de Azufre (SO ₂)	3004,1	1650

¹ Los valores han sido transformados a condiciones normales, de mil trece milibares de presión (1 013 mbar) y temperatura de 0 °C, en base seca y corregidos a 7% de oxígeno.

Según lo observado en la Tabla 2, las concentraciones de Dióxido de Azufre (SO₂), superan los Límites Normativos estipulados en la Legislación Ambiental.

Información de la zona proporcionada por: José Luis Gomezcuello
Jorge Luis Jaya

Los resultados del informe son de uso exclusivo del consultor, las recomendaciones y conclusiones citadas, afectan únicamente a las condiciones al momento de la medición y deben ser reproducidas o incorporadas en el informe final previo análisis del responsable del estudio de consultoría.

Técnicos Responsables: Ing. Ana Astudillo A.
Ing. Carlos Espinoza P.



Dra. Nancy García A.
DIRECTORA DEL CEA.



Cuzco, a 26 de diciembre de 2011.

Los resultados del informe son de uso exclusivo del consultor, las recomendaciones y conclusiones citadas, afectan únicamente a las condiciones al momento de la medición y deben ser reproducidas o incorporadas en el informe final previo análisis del responsable del estudio de consultoría. 15

ANEXO III



REPORTE DEL ENSAYO

UPS LAB N° 01 - 2012

CLIENTE: Jose Gomezcoello
Jorge Jaya

PRODUCTO: Ladrillo panelon fachaleta

FECHA: 23 de Enero de 2011

INGENIERÍA MECÁNICA - LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

Calle Vieja y Elia Liut • Casilla postal 2174 • PBX: (+ 593 7) 2862213 - 2866035 • Fax: 2869112
E - mail: vgavinelli@ups.edu.ec • ingmecanicacue@ups.edu.ec • Cuenca - Ecuador

DATOS INFORMATIVOS

Cliente / Customer: Gomezcoello - Jaya	Dirección / Address: UPS - Cuenca	Reporte / Report: 1
Producto / Job: Análisis Comparativo Ladrillos	Fecha de ensayo / Test date: 23 de Enero de 2011	Página / Page: 1 de 6

Tipo de Ensayo:
Test type **COMPRESION**

Norma de Referencia:
Reference standard

Identificación:
Identification

MODELO	TIPO DE ENSAYO	PAGINA
Panelon fachaleta (Leña)	Compresión	3 de 6
Panelon fachaleta (Leña GLP)	Compresión	4 de 6
Panelon fachaleta (Leña Diesel)	Compresión	5 de 6
Panelon fachaleta (Comprado)	Compresión	6 de 6

INGENIERÍA MECÁNICA - LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

Calle Vieja y Elia Liut • Casilla postal 2174 • PBX: (+ 593 7) 2862213 - 2866035 • Fax: 2869112
E - mail: vgavinelli@ups.edu.ec • ingmecanicacue@ups.edu.ec • Cuenca - Ecuador

DATOS INFORMATIVOS

Cliente / Customer: Gomezcoello - Jaya	Dirección / Address: UPS - Cuenca	Reporte / Report: 1
Producto / Job: Análisis Comparativo Ladrillos	Fecha de ensayo / Test date: 23 de Enero de 2011	Página / Page: 2 de 6

MODELO 1: Ladrillo panelon fachaleta
Area : 7324,5mm²



INGENIERÍA MECÁNICA - LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

Calle Vieja y Eña Liut • Casilla postal 2174 • PBX: (+ 593 7) 2862213 - 2866035 • Fax: 2869112
E - mail: vgavinelli@ups.edu.ec • ingmecanicacue@ups.edu.ec • Cuenca - Ecuador



REPORTE DEL ENSAYO
ENSAYO DE COMPRESION

Solicitado por: Fiscalización: Contratista:
Gomezcoello - Jaya Gomezcoello - Jaya
Proyecto: Localización: Página/Page:
Análisis Comparativo Ladrillos UPS - Cuenca 3 de 6

MAQUINA DE ENSAYO

Compresión Metro Com 3000 kN matricula 11024			
Fecha de Calibración: 29 de Abril de 2008		Calibración según norma UNI EN 123904	
Escala (KN)	Incertidumbre %	Escala (KN)	Incertidumbre %
300	0,41	1800	0,31
600	0,40	2100	0,30
900	0,33	2400	0,30
1200	0,31	2700	0,31
1500	0,30	3000	0,33

DATOS DE LAS MUESTRAS

Norma de referencia: INEN 1485 Lote: No especificado Fecha de Fabricación: 9 Diciembre del 2011
Forma: Rectangular Fábrica: Jose Gomezcoello Fecha del ensayo: 23 de Enero del 2012
Tipo: Leña Color: Varios Edad de la muestras: + 45 dias

RESULTADOS DEL ENSAYO

Muestra N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Identificación Laboratorio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Espesor (mm)	82	84	83							
Área contacto (mm ²)	7324,5	7324,5	7324,5							
Volumen (cm ³)	600,61	615,26	607,93							
Masa (gr)	1150	1200	1250							
Densidad (gr/cm ³)	1,91	1,95	2,06							
Carga máxima (kN)	56	88	73							
Factor de corrección	1,06	1,06	1,06							
Resistencia (Mpa)	8,1	12,4	10,6							

Resistencia característica	f_{ck}	6,80 MPa	69,37 Kg/cm ²
Resistencia promedio	f_{cm}	10,37 MPa	105,79 Kg/cm ²
Desviación promedio	s	2,18 MPa	22,21 Kg/cm ²


Notas: El periodo de curado fue realizado por el cliente y las muestras fueron recibidas en el laboratorio. La información respecto a la procedencia y edad de las muestras han sido proporcionadas por el cliente. Los valores únicamente representan los resultados correspondientes a las muestras proporcionadas por el cliente. No es responsabilidad de la Universidad Politécnica Salesiana, que la muestra presentada, sea propiedad de la persona que solicitó el análisis o de un tercero.

Operador/Operator

Ing. Carlos Peralta

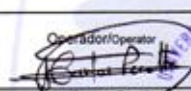
INGENIERÍA MECÁNICA - LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

Calle Vieja y Elia Liut • Casilla postal 2174 • PBX: (+ 593 7) 2862213 - 2866035 • Fax: 2869112
E - mail: vgavinelli@ups.edu.ec • ingmecanicacue@ups.edu.ec • Cuenca - Ecuador

REPORTE DEL ENSAYO ENSAYO DE COMPRESION										
Solicitado por: Gomezcoello - Jaya			Fiscalización:			Contratista: Gomezcoello - Jaya				
Proyecto: Análisis Comparativo Ladrillos			Localización: UPS - Cuenca			Página/Page: 4 de 6				
MAQUINA DE ENSAYO										
Compresión Metro Com 3000 kN matrícula 11024										
Fecha de Calibración: 29 de Abril de 2008			Calibración según norma UNI EN 12390/4							
Escala (kN)	Incertidumbre %		Escala (kN)	Incertidumbre %						
300	0,41		1800	0,31						
600	0,40		2100	0,30						
900	0,33		2400	0,30						
1200	0,31		2700	0,31						
1500	0,30		3000	0,33						
DATOS DE LAS MUESTRAS										
Norma de referencia: INEN 1485			Lote: No especificado			Fecha de Fabricación: 16 de Diciembre 2011				
Forma: Rectangular			Fábrica: Jose Gomezcoello			Fecha del ensayo: 23 de Enero del 2012				
Tipo: Leña GLP			Color: Varios			Edad de la muestras: + 38 días				
RESULTADOS DEL ENSAYO										
Muestra N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Identificación Laboratorio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Espesor (mm)	82	82	81,5							
Area contacto (cm²)	7324,5	7324,5	7324,5							
Volumen (cm³)	600,61	600,61	596,95							
Masa (gr)	1150	1200	1250							
Densidad (kg/cm³)	1,91	2,00	2,09							
Carga máxima (kN)	58	81	71							
Factor de corrección	1,06	1,06	1,06							
Resistencia (Mpa)	8,4	11,7	10,3							
Resistencia característica fck		7,39 MPa		75,41 Kg/cm ²						
Resistencia promedio fcm		10,13 MPa		103,33 Kg/cm ²						
Desviación promedio s_m		1,67 MPa		17,02 Kg/cm ²						
Notas:	<p>El periodo de curado fue realizado por el cliente y las muestras fueron recibidas en el laboratorio. La información respecto a la procedencia y edad de las muestras han sido proporcionadas por el cliente. Los valores únicamente representan los resultados correspondientes a las muestras proporcionadas por el cliente. No es responsabilidad de la Universidad Politécnica Salesiana, que la muestra presentada, sea propiedad de la persona que solicitó el análisis o de un tercero.</p>									
 Ing. Carlos Peralt										


INGENIERÍA MECÁNICA - LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

Calle Vieja y Ela Liut • Casilla postal 2174 • PBX: (+ 593 7) 2862213 - 2866035 • Fax: 2869112
 E - mail: vgavinell@ups.edu.ec • ingmecanicacue@ups.edu.ec • Cuenca - Ecuador

REPORTE DEL ENSAYO ENSAYO DE COMPRESION										
Solicitado por: Gomezcoello - Jaya			Fiscalización:			Contratista: Gomezcoello - Jaya				
Proyecto: Análisis Comparativo Ladrillos			Localización: UPS - Cuenca			Página/Page: 5 de 6				
MAQUINA DE ENSAYO										
Compresión Metro Com 3000 kN matricula 11024										
Fecha de Calibración:		29 de Abril de 2008		Calibración según norma UNI EN 12360-4						
Escala (kN)	Incertidumbre %	Escala (kN)	Incertidumbre %							
300	0.41	1800	0.31							
600	0.40	2100	0.30							
900	0.33	2400	0.30							
1200	0.31	2700	0.31							
1500	0.30	3000	0.33							
DATOS DE LAS MUESTRAS										
Norma de referencia:	INEN 1485	Lote:	No especificado	Fecha de Fabricación:		23 de Diciembre 2011				
Forma:	Rectangular	Fábrica:	Jose Gomezcoello	Fecha del ensayo:		23 de Enero del 2012				
Tipo:	Lefa diesel	Color:	Varios	Edad de la muestra:		+ 31 días				
RESULTADOS DEL ENSAYO										
Muestra N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Identificación Laboratorio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Espesor (mm)	83	86	82							
Area contacto (mm²)	7324.5	7324.5	7324.5							
Volumen (cm³)	607.93	629.91	600.61							
Masa (gr)	1150	1200	1250							
Densidad (gr/cm³)	1.89	1.91	2.08							
Carga máxima (kN)	68	49	53							
Factor de corrección	1.06	1.06	1.06							
Resistencia (Mpa)	9.8	7.1	7.7							
Resistencia característica f_{ck}				5.82 MPa		59.40 Kg/cm²				
Resistencia promedio f_{cm}				8.20 MPa		83.65 Kg/cm²				
Desviación promedio s				1.45 MPa		14.79 Kg/cm²				
Notas:	<p>El periodo de curado fue realizado por el cliente y las muestras fueron recibidas en el laboratorio. La información respecto a la procedencia y edad de las muestras han sido proporcionadas por el cliente. Los valores únicamente representan los resultados correspondientes a las muestras proporcionadas por el cliente.</p> <p>No es responsabilidad de la Universidad Politécnica Salesiana, que la muestra presentada, sea propiedad de la persona que solicitó el análisis o de un tercero.</p>									
<p>Operador/Operator  Ing. Carlos Peraza</p>										

INGENIERÍA MECÁNICA - LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

Calle Vieja y Eña Liut • Casilla postal 2174 • PBX: (+ 593 7) 2862213 - 2866035 • Fax: 2869112
E - mail: vgavinelli@ups.edu.ec • ingmecanicacue@ups.edu.ec • Cuenca - Ecuador

REPORTE DEL ENSAYO ENSAYO DE COMPRESION																						
Solicitado por: Gomezcoello - Jaya			Fiscalización:			Contratista: Gomezcoello - Jaya																
Proyecto: Análisis Comparativo Ladrillos			Localización: UPS - Cuenca			Página/Page: 6 de 6																
MAQUINA DE ENSAYO																						
Compresión Metro Com 3000 kN matrícula 11024																						
Fecha de Calibración: 29 de Abril de 2008			Calibración según norma UNI EN 12390-4																			
Escala (kN)	Incertidumbre %		Escala (kN)	Incertidumbre %																		
300	0.41		1800	0.31																		
600	0.40		2100	0.30																		
900	0.33		2400	0.30																		
1200	0.31		2700	0.31																		
1500	0.30		3000	0.33																		
DATOS DE LAS MUESTRAS																						
Norma de referencia: INEN 1485			Lote: No especificado			Fecha de fabricación: 20 de Diciembre 2011																
Forma: Rectangular			Fábrica: Jose Gomezcoello			Fecha del ensayo: 23 de Enero del 2012																
Tipo: Comprados			Color: Varico			Edad de la muestra: + 34 días																
RESULTADOS DEL ENSAYO																						
Muestra N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10												
Identificación Laboratorio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10												
Espesor (mm)	81	81	82																			
Area contacto (mm²)	7324,5	7324,5	7324,5																			
Volumen (cm³)	593,28	593,28	600,61																			
Masa (gr)	1100	1250	1300																			
Densidad (gr/cm³)	1,85	2,11	2,16																			
Carga máxima (kN)	48	36	48																			
Factor de corrección	1,06	1,06	1,06																			
Resistencia (Mpa)	6,9	5,2	6,9																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Resistencia característica</td> <td>f_{ck}</td> <td>4,72 MPa</td> <td>48,18 Kg/cm²</td> </tr> <tr> <td>Resistencia promedio</td> <td>f_{cm}</td> <td>6,37 MPa</td> <td>64,95 Kg/cm²</td> </tr> <tr> <td>Desviación promedio</td> <td>s</td> <td>1,00 MPa</td> <td>10,23 Kg/cm²</td> </tr> </table>											Resistencia característica	f_{ck}	4,72 MPa	48,18 Kg/cm ²	Resistencia promedio	f_{cm}	6,37 MPa	64,95 Kg/cm ²	Desviación promedio	s	1,00 MPa	10,23 Kg/cm ²
Resistencia característica	f_{ck}	4,72 MPa	48,18 Kg/cm ²																			
Resistencia promedio	f_{cm}	6,37 MPa	64,95 Kg/cm ²																			
Desviación promedio	s	1,00 MPa	10,23 Kg/cm ²																			
Notas:	<p>El periodo de curado fue realizado por el cliente y las muestras fueron recibidas en el laboratorio. La información respecto a la procedencia y edad de las muestras han sido proporcionadas por el cliente. Los valores únicamente representan los resultados correspondientes a las muestras proporcionadas por el cliente.</p> <p>No es responsabilidad de la Universidad Politécnica Salesiana, que la muestra presentada, sea propiedad de la persona que solicitó el análisis o de un tercero.</p>																					
<p>Operador/Operator</p>  Ing. Carlos Peralta																						

INGENIERÍA MECÁNICA - LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

Calle Vieja y Eja Liut • Casilla postal 2174 • PBX: (+ 593 7) 2862213 - 2866035 • Fax: 2869112
 E - mail: vgavinelli@ups.edu.ec • ingmecanicacue@ups.edu.ec • Cuenca - Ecuador