

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

CARRERA DE MEDIO AMBIENTE

**INFORME DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MEDIO AMBIENTE**

MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**EVALUACIÓN DE LAS EMISIONES DE MONÓXIDO DE CARBONO
EN LA PRODUCCIÓN DE LADRILLOS EN EL SECTOR TRES
MARÍAS - CHONE**

AUTORES:

**CHINGA PINARGOTE CARLOS JUNIOR
ZAMBRANO CARRANZA DIANA KATHERINE**

TUTORA:

ING. HOLANDA TERESA VIVAS SALTOS, Mg. C.A.

CALCETA, MARZO DE 2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

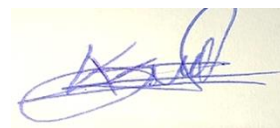
CHINGA PINARGOTE CARLOS JUNIOR, con cédula de ciudadanía **1314559756** y **ZAMBRANO CARRANZA DIANA KATHERINE** con cédula de ciudadanía **0804009751**, declaramos bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EVALUACIÓN DE LAS EMISIONES DE MONÓXIDO DE CARBONO EN LA PRODUCCIÓN DE LADRILLOS EN EL SECTOR TRES MARÍAS - CHONE** es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, concedemos a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, conservando a nuestro favor todos los derechos patrimoniales de autor sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.



CARLOS J. CHINGA PINARGOTE

CC: 1314559756



DIANA K. ZAMBRANO CARRANZA

CC: 0804009751

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

CHINGA PINARGOTE CARLOS JUNIOR, con cédula de ciudadanía **1314559756** y **ZAMBRANO CARRANZA DIANA KATHERINE** con cédula de ciudadanía **0804009751**, autorizamos a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular titulado: **EVALUACIÓN DE LAS EMISIONES DE MONÓXIDO DE CARBONO EN LA PRODUCCIÓN DE LADRILLOS EN EL SECTOR TRES MARÍAS - CHONE**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.



CARLOS J. CHINGA PINARGOTE

CC: 1314559756



DIANA K. ZAMBRANO CARRANZA

CC: 0804009751

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

ING. HOLANDA TERESA VIVAS SALTOS, M. Sc, certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EVALUACIÓN DE LAS EMISIONES DE MONÓXIDO DE CARBONO EN LA PRODUCCIÓN DE LADRILLOS EN EL SECTOR TRES MARÍAS - CHONE**, que ha sido desarrollado por **CHINGA PINARGOTE CARLOS JUNIOR** y **ZAMBRANO CARRANZA DIANA KATHERINE**, previo a la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente, de acuerdo con el **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. HOLANDA TERESA VIVAS SALTOS, M. Sc

CC: 1313175158

TUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del Tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EVALUACIÓN DE LAS EMISIONES DE MONÓXIDO DE CARBONO EN LA PRODUCCIÓN DE LADRILLOS EN EL SECTOR TRES MARÍAS - CHONE**, que ha sido desarrollado por **CHINGA PINARGOTE CARLOS JUNIOR** y **ZAMBRANO CARRANZA DIANA KATHERINE**, previo a la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente, de acuerdo con el **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

MG. VERÓNICA VERA VILLAMIL

CC: 1310201486

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

MG. JOFFRE ANDRADE CANDELL

CC: 1311651390

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

MG. CARLOS VILLAFUERTE VÉLEZ

CC: 1307605541

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

Principalmente a Dios por permitirnos llegar hasta este punto con excelente salud física y emocional en medio de adversidades, acompañados siempre de su voluntad y bendiciones.

En especial a nuestros familiares, quienes representan una fuente de inspiración y apoyo en todo momento.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que nos dio la oportunidad de crecer como seres humanos a través de una educación superior de calidad y en la cual hemos forjado nuestros conocimientos profesionales día a día

A nuestra tutora MG. Teresa Vivas Saltos, quien, con paciencia, dedicación y con sus conocimientos ha contribuido en este importante trabajo de investigación.

A los miembros de nuestro tribunal, quienes, con su enfoque crítico, experiencia y asesoría encaminaron a perfeccionar las pautas y perspectivas de esta investigación, y

A todos y cada uno de los docentes de la carrera de ingeniería Ambiental que compartieron sus conocimientos y aportaron con su granito de arena en este camino de aprendizaje.

AUTORES

DEDICATORIA

A Dios por brindarme salud y bendecir mis días con alegrías en compañía de mi familia.

A mis padres, **Carlos Chinga Delgado** y **Maricela Pinargote Loor**, que inculcaron en mí el sentido de la responsabilidad desde la niñez, quienes con sus acciones me han demostrado la importancia del esfuerzo y perseverancia; y debido a su amor, dedicación, paciencia y apoyo incondicional hoy representan mi fuente de inspiración y principal motivo para cumplir este gran logro.

A mis hermanos, Jonathan y Jamileth, que desde sus pequeñas pero importantes acciones contribuyeron en este proceso formativo.

CARLOS JUNIOR CHINGA PINARGOTE

DEDICATORIA

A Dios, por darme fortaleza, salud y sabiduría para poder lograr esta meta.

A mi compañero de vida **Juan Carlos Zambrano** por apoyarme incondicionalmente en cada una de mis decisiones, a mis queridos hijos **Estiven y Esteban** por ser el motor de mis anhelos y darme la fuerza para no rendirme, ya que son ellos quienes me motivan a superarme y vencer las adversidades que se presentaron en el transcurso de mi formación académica.

A mis queridos padres **Ángel Zambrano y Mélida Carranza** que me dieron la vida y todo su amor, y por haberme inculcado valores que me ayudaron a formarme como ser humano, a mis hermanos y demás familiares que me brindaron su apoyo y consejos en el transcurso de mis estudios, dándome aliento y fuerzas superar las barreras presentes

DIANA KATHERINE ZAMBRANO CARRANZA

CONTENIDO GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	iii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
DEDICATORIA	viii
CONTENIDO GENERAL	ix
CONTENIDO DE TABLAS Y FIGURAS	xii
TABLAS	xii
FIGURAS	xii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	2
1.3. OBJETIVOS	3
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.4. HIPÓTESIS, PREMISAS Y/O IDEA A DEFENDER	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	5
2.1. INDUSTRIAS LADRILLERAS	5
2.1.1. PROCESOS DE ELABORACIÓN DEL LADRILLO	5
2.1.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS LADRILLOS	6
2.1.3. TIPOS DE LADRILLOS	6
2.1.4. CLASIFICACIÓN DE LADRILLOS	7
2.2. HORNOS DE LADRILLERAS ARTESANALES	8
2.2.1. MATERIA PRIMA E INSUMOS	9
2.2.2. PRODUCCIÓN ARTESANAL DE LADRILLOS	9
2.2.3. MATERIALES USADOS COMO COMBUSTIBLE	11
2.3. IMPACTOS PROVOCADOS POR LAS LADRILLERAS	12
2.4. FUENTE DE COMBUSTIÓN FIJA O ESTACIONARIA	14

2.4.1. FUENTE FIJA DE COMBUSTIÓN ABIERTA	14
2.5. EMISIÓN DE CONTAMINANTES EN LADRILLERAS ARTESANALES	14
2.5.1. MONÓXIDO DE CARBONO	16
2.5.2. ESTUDIO DE CASO “DAÑO AL ADN EN MUJERES EXPUESTAS AL HUMO DE LA LEÑA EN CHIAPAS, MÉXICO”	16
2.6. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA	17
2.6.1 EFECTOS DEL CO EN LA SALUD DE LAS PERSONAS	18
2.7. EVALUACIÓN DE EMISIONES DE MONÓXIDO DE CARBONO	19
• MUESTREO ISOCINÉTICO	19
• CONCENTRACIÓN	19
• FACTOR DE EMISIÓN	20
2.7.1. MEDICIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS EN HORNOS A CIELO ABIERTO EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER	20
2.7.2. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA PRODUCIDA POR LA COMBUSTIÓN EN LADRILLERAS ARTESANALES	20
2.8. MARCO LEGAL PARA LA REGULACIÓN DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA	21
2.8.1. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CO	22
2.9. HERRAMIENTAS PARA MINIMIZAR LA CONCENTRACIÓN DE EMISIONES AL AIRE EN ACTIVIDADES LADRILLERAS	23
2.9.1. ALTERNATIVA DE MITIGACIÓN (HORNO ECOLÓGICO)	23
2.9.1.1. PARÁMETROS DE DISEÑO DEL HORNO ECOLOGICO MK3	24
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	26
3.1. UBICACIÓN	26
3.2. DURACIÓN	26
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	27
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA	28
3.5. VARIABLES EN ESTUDIO	29
3.6. PROCEDIMIENTOS	31
3.6.1. FASE I: IDENTIFICAR EL PROCESO ARTESANAL DE ELABORACIÓN DE LADRILLOS EN LA ZONA DE ESTUDIO PARA LA OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN GENERAL	31
3.6.2. FASE II: ESTIMAR LA CONCENTRACIÓN DE EMISIONES DE MONÓXIDO DE CARBONO EN LA LADRILLERA DEL SECTOR TRES MARÍAS – CHONE PARA LA VALORACIÓN DE SU CUMPLIMIENTO DE ACUERDO CON LA NORMATIVA AMBIENTAL.	32
3.6.3. FASE III: DISEÑAR UN HORNO ECOLÓGICO EN LA LADRILLERA DEL SECTOR TRES MARÍAS - CHONE PARA LA MITIGACIÓN DE EMISIONES DE CO DURANTE EL PROCESO DE COCCIÓN DE LADRILLOS	35

3.7. MUESTREO	36
3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	37
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
4.1. IDENTIFICAR EL PROCESO ARTESANAL DE LA ELABORACIÓN DE LADRILLOS EN LA ZONA DE ESTUDIO PARA LA OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN GENERAL	39
4.2. ESTIMAR LA CONCENTRACIÓN DE EMISIONES DE MONÓXIDO DE CARBONO EN LA LADRILLERA DEL SECTOR TRES MARÍAS – CHONE PARA LA VALORACIÓN DE SU CUMPLIMIENTO DE ACUERDO CON LA NORMATIVA AMBIENTAL.	51
4.3. DISEÑAR UN HORNO ECOLÓGICO EN LA LADRILLERA DEL SECTOR TRES MARÍAS - CHONE PARA LA MITIGACIÓN DE EMISIONES DE CO DURANTE EL PROCESO DE COCCIÓN DE LADRILLOS	56
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
5.1. CONCLUSIONES	63
5.2. RECOMENDACIONES	63
BIBLIOGRAFÍA	65
ANEXOS	88

CONTENIDO DE TABLAS Y FIGURAS

TABLAS

Tabla 2.1. Efectos de los contaminantes generados según el tipo de combustible empleado.....	12
Tabla 2. 2. Contaminantes que se generan de acuerdo al proceso productivo de ladrilleras artesanales	15
Tabla 2. 3. Síntomas del CO asociados a la concentración y al tiempo de exposición.....	18
Tabla 2. 4. Concentración de monóxido de carbono según el combustible empleado	21
Tabla 2. 5. Límites máximos permisibles de concentraciones de emisión al aire para fuentes fijas de combustión, incluidas fuentes de combustión abierta (mg/nm ³).....	23
Tabla 3. 1. Factor de emisión del contaminante	33
Tabla 3. 2. Muestreo de la recolección de información general	36
Tabla 3. 3. Muestreo del cálculo del factor de emisiones de CO.....	37
Tabla 3. 4. Muestreo de la medición de concentración de las emisiones de CO	37
Tabla 4. 1. Datos generales para el cálculo del factor de emisiones.....	51
Tabla 4. 2. Aproximación del factor de emisiones de CO por periodo de tiempo.....	53
Tabla 4. 3. Valores de las mediciones de emisiones de CO en el punto seleccionado de muestreo.....	54
Tabla 4. 4. Concentración de emisiones de CO.....	54
Tabla 4. 5. Comparación de los resultados (CO) con la normativa ambiental TULSMA	55
Tabla 4. 6. Costo de implementación del horno ecológico MK3.....	61

FIGURAS

Figura 2. 1. Esquema de los procesos de producción del ladrillo artesanal.....	10
Figura 2. 2. Plano del horno MK3, medidas de las cámaras de cocción	25
Figura 3. 1. Imagen satelital de la zona de estudio.	26
Figura 4. 1. Número de trabajadores.....	41
Figura 4. 2. ¿Qué cantidad de ladrillos producen en cada quema (capacidad del horno)?.....	43
Figura 4. 3. ¿Cuál es la producción mensual de ladrillos?	44
Figura 4. 4. ¿Qué tiempo toma el proceso de elaboración de ladrillos desde su etapa inicial?.....	45
Figura 4. 5. ¿Cree usted que el humo que genera su ladrillera produce daños al ambiente?.....	46
Figura 4. 6. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de la ladrillera 1	47
Figura 4. 7. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de la ladrillera 2.....	48
Figura 4. 8. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de la ladrillera 3.....	49
Figura 4. 9. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de la ladrillera 4.....	50
Figura 4. 10. Aproximación del factor de emisiones de CO por periodo de tiempo.....	53

Figura 4. 11. Comparación entre el límite máximo permisible y las emisiones de CO de la ladrillera de estudio..	56
Figura 4. 12. Plano general del horno ecológico MK3	57
Figura 4. 13. Detalles planta, túnel y chimenea	58
Figura 4. 14. Vista lateral del horno MK3.....	58
Figura 4. 15. Prototipo 3D horno ecológico	59
Figura 4. 16. Vista superior prototipo 3D horno ecológico.....	59

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar las emisiones de monóxido de carbono en la producción artesanal de ladrillos en el sector Tres Marías – Chone. Se efectuaron entrevistas a los propietarios de las ladrilleras de la zona de estudio para recopilar información sobre el proceso productivo, determinando que las cuatro ladrilleras del sector aplican una misma metodología ya que es una práctica ancestral. Para la estimación de emisiones de CO se seleccionó la ladrillera cuatro (L4) con una producción semanal de aproximadamente 14.000 ladrillos, esta evaluación se realizó el primer día de cocción de ladrillos en la jornada vespertina, simulando un muestreo isocinético con los métodos de la EPA (1997) CTM 13, CTM 30 y CTM 34, tomando ocho mediciones con intervalos de tres minutos, dando como resultado 3.621,9 mg/Nm³ de CO emitidos en el proceso de cocción, los cuales exceden los 1.800 mg/Nm³ de CO establecidos como límite máximo permisible para emisiones de contaminantes desde fuente fijas de combustión incluidas fuentes de combustión abierta por la Normativa Ambiental Ecuatoriana (TULSMA), seguidamente se procedió con el diseño de un horno ecológico tipo MK3, este horno permite aprovechar el calor generado durante el proceso de cocción de ladrillos y fue propuesto a los productores como medida de mitigación de emisiones ya que las reduce en un 50%.

PALABRAS CLAVE

Ladrilleras artesanales; emisión de contaminantes; monóxido de carbono (Co); horno ecológico MK3

ABSTRACT

The present study had as an objective to evaluate the emissions of Carbone Monoxide (CO) in the handcrafted production of bricks in the area Tres Marias-Chone. Interviews to the brickyards owners in the zone under study were carried out to collect information about the productive process, determining that the four-brickyards of the sector apply the same methodology, which is an ancestral practice. For the emission estimation of the CO, the fourth brickyard (L4) with a weekly production of approximately 14000 bricks was selected, this evaluation was made the first day of bricks cooking in the afternoon, simulating an isokinetic sampling with the methods of the EPA (1997) CTM 13, CTM 30, CTM 34, taking eight measurements with intervals of tree minutes, and giving as a result 3.621,9 mg/Nm³ of the emitted CO in the cooking process. This value exceeds the 1800 mg/Nm³ of the CO established by the Ecuadorian Environmental Regulations (TULSMA) as the maximum acceptable limit for pollutants emission from the combustion fixed sources, included the opened combustion sources. Next, it was proceeded with the design of an MK3 ecological kiln, which allows to take advantage of the generated heat during the cooking process of the bricks, and it was proposed to the producers like a measure for the emissions mitigation since they are reduced in 50%.

KEYWORDS

Handcrafted brickyards; Pollutant's emission; Carbone Monoxide; Ecological kiln MK3

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El cambio climático es cada vez un problema más frecuente para la naturaleza, debido a las actividades antropogénicas. Arias *et al.*, (2018), mencionan que el monóxido de carbono (CO) es considerado un gas contaminante que agrava el efecto invernadero y contribuye a la producción del smog. De acuerdo con Umaña (2012), las actividades humanas han causado graves impactos al ambiente, generando un aumento de la temperatura.

Según Díaz (2011), la construcción es de vital importancia para el desarrollo de un país, pero los materiales para este fin, como la fabricación de ladrillos es una de las actividades que genera un determinado índice de contaminación. Para Buitrago y Rojas (2017), el CO es uno de los principales gases que se emiten a la atmósfera por parte de la producción de ladrillos, ya que la fabricación de estos es aún un proceso rudimentario que emplea hornos artesanales alimentados por carbón, leña y otra biomasa. Cepeda y Robalino (2018), indica que de acuerdo al inventario de emisiones realizado en la ciudad del Cusco- Perú el CO representa el 9,92% de contaminantes emitidos a la atmósfera y de este contaminante las ladrilleras emiten el 31,4%.

Hoyos (2018), menciona que una de las principales consecuencias en la construcción o fabricación de ladrillos es la extracción y uso descontrolado de los recursos como el suelo, agua y leña que deteriora el ambiente paisajístico. Estudios realizados en Bogotá por Devia y Suarez (2016), concluyen que son diversos los impactos ambientales que se generan en la fabricación de ladrillos, los cuales no solo abarcan las emisiones de CO, a su vez producen material particulado (PM 2.5 y PM 10), que contribuyen a la erosión del suelo, contaminación de acuíferos, etc.

Según Tenesaca y Rasco (2017), la industria ladrillera en el país se caracteriza por su contaminación e informalidad, el 89% de ladrilleras es considerado artesanal y el restante semi-mecanizado. De acuerdo con Jaya y Gomezcoello (2012), la producción

artesanal de ladrillos conlleva al mayor uso de recursos energéticos, lo que trae consigo una mayor concentración de emisiones, por ende el Anexo 3 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) 2013, establece el límite máximo permisible de concentración de emisiones de CO de 1.800 mg/m³ para fuentes fijas de combustión, dicho parámetro no fue sujeto de actualización en el acuerdo ministerial 097 del año 2015, por su parte Henríquez (2011), indica que dicho anexo del 2013 puede seguir siendo utilizado debido a que sigue existiendo en el ordenamiento jurídico al pertenecer a un mismo sistema reglamentario.

Las industrias ladrilleras a pequeña escala son una de las principales fuentes de empleo para los habitantes del sector Tres Marías - Chone, sin embargo, es una actividad que genera un impacto ambiental considerable, afectando a la salud humana y recursos naturales del cantón y la provincia. León (2018), atribuye que Manabí se caracteriza por presentar recursos para el desarrollo de esta actividad económica a pequeña escala, con infraestructura y tecnología precaria, lo que genera afectaciones al ambiente, favoreciendo la contaminación atmosférica, la extracción y uso desmedido de los recursos naturales.

Por los antecedentes mencionados se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo incide el proceso artesanal de producción de ladrillos en el sector Tres Marías del cantón Chone en la concentración de emisiones de monóxido de carbono?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Tras la creciente sensibilización sobre los impactos ambientales provocados por las actividades humanas desde fuentes fijas y móviles se ha logrado implementar el uso de diferentes métodos y técnicas para reducir la contaminación (Spiegel y Maystre, 2000), desde el punto de vista **ambiental** con el diseño de un horno ecológico se pretende la mitigación de emisiones de CO durante el proceso de cocción de ladrillos. De acuerdo con Bonilla y Beltrán (2017), el uso de tecnologías limpias en fuentes fijas de combustión ayuda a reducir la generación de contaminantes en cada proceso de

producción con el fin de minimizar o eliminar residuos antes que se generen contaminantes potenciales.

Ecuador cuenta con mecanismos de control para garantizar a la población a vivir en un ambiente sano ecológicamente equilibrado que garantice el buen vivir “Sumak Kawsay”, desde el ámbito **legal** esta investigación pretende servir como medio de control a través de la implementación de los límites máximos permisibles de emisiones de CO para fuentes fijas, establecidos en el Anexo 3 del Texto Único de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, para verificar el cumplimiento de la producción ladrillera en el sector Tres Marías del cantón Chone y cumplir con la responsabilidad de preservar la calidad del aire, las condiciones de los ecosistemas y del ambiente en general.

El sector Tres Marías – Chone no solo cuenta con áreas de producción ladrillera, esta zona es poblada y sus habitantes están expuestos a riesgos al estar en contacto directo con las emisiones de CO generadas durante el proceso de cocción. Según Sántiz (2013), siempre existen desacuerdos entre ambas partes por dicha actividad. Debido a esto, la presente investigación, desde el punto de vista **social**, pretende preservar la salud de las personas, con el control de los límites de las emisiones y la propuesta del horno ecológico.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la concentración de las emisiones de monóxido de carbono en la producción artesanal de ladrillos en el sector tres Marías – Chone para el diseño de un horno ecológico.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar el proceso artesanal de elaboración de ladrillos en la zona de estudio para la obtención de información general

- Estimar la concentración de emisiones de monóxido de carbono en la ladrillera del sector tres Marías – Chone para la valoración de su cumplimiento de acuerdo con la normativa ambiental
- Diseñar un horno ecológico en la ladrillera del sector Tres Marías – Chone para la mitigación de emisiones de CO durante el proceso de cocción de ladrillos

1.4. HIPÓTESIS, PREMISAS Y/O IDEA A DEFENDER

La producción artesanal de ladrillos en el sector Tres Marías del cantón Chone no cumple con los límites máximos permisibles de CO de acuerdo con la normativa ambiental existente.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. INDUSTRIAS LADRILLERAS

La actividad ladrillera proporciona desde tiempos anteriores uno de los principales materiales para las construcciones de viviendas, por lo que se practica desde hace siglos en varios países donde apenas se disponía de madera y piedra, la actividad ladrillera pasó a formar parte de la arquitectura británica y posteriormente los colonizadores la llevaron hasta América del norte, sin embargo, los indígenas ya habían construido sus casas utilizando ladrillos de adobe el cual era secado al sol (Ibarra, 2004). De acuerdo al Manual de capacitación Sector Ladrillero en América Latina (2016), América cuenta con 45 mil productores ladrilleros, de los cuales la mayor parte son informales.

Actualmente el ladrillo sigue siendo uno de los materiales más utilizados para la construcción, la importancia recae principalmente en el abastecimiento de las necesidades económicas de las familias, el cual a través de su fabricación ha permitido la supervivencia de muchas familias en tiempos pasados (Ramos *et al.*, 2019)

Sin embargo, se ha evidenciado que en los últimos años las ladrilleras artesanales no han presentado un avance técnico en sus procesos productivos, por lo que actualmente se la considera una importante fuente de contaminación, según el inventario de emisiones del cantón Cuenca, la industria ladrillera artesanal ocupa el segundo lugar de generador de monóxido de carbono, después del tráfico vehicular que emite 2.465 Ton/año (Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Cuenca [GADC, 2013]).

2.1.1. PROCESOS DE ELABORACIÓN DEL LADRILLO

Según Tenesaca y Rasco (2017), la industria ladrillera en el país se lleva a efecto en tres formas:

- **Producción artesanal:** sus procesos productivos se llevan a cabo de forma manual con una metodología ancestral, no disponen de maquinarias, usan técnicas tradicionales.
- **Producción semi-mecanizada:** usan técnicas tradicionales y disponen de ciertos equipos que faciliten la producción como: batidoras o ventiladores.
- **Producción mecanizada:** utilizan un sistema de producción tecnificados.

2.1.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS LADRILLOS

Son pequeñas piezas de forma rectangular, constituidas por arcilla las cuales han sido moldeadas y expuestas a altas temperaturas para su cocción, es uno de los materiales más utilizados en construcciones (Barranzuela, 2014).

Para Pérez (2016), las características más relevantes son las siguientes:

- El ladrillo no debe estar constituido por elementos extraños en su superficie ni en su interior.
- Debe pasar por un óptimo proceso de cocción, con un color uniforme
- No debe tener fracturas, grietas entre otros defectos que degraden su resistencia y durabilidad
- No deberá tener manchas blancas de origen salitroso
- No deberá tener una excesiva cantidad de poros

2.1.3. TIPOS DE LADRILLOS

Pérez (2016), manifiesta que de acuerdo a la resistencia y durabilidad existen 5 tipos de ladrillos, los cuales se describen a continuación:

- **TIPO I:** Son ladrillos que poseen baja durabilidad y resistencia, son usados en viviendas de uno o dos pisos, deben evitar el contacto directo con lluvia y el suelo

- **TIPO II:** Parecidos a los del tipo I al poseer baja resistencia y durabilidad, son aptos para condiciones de uso moderadas, no deben tener contacto con el suelo y el agua.
- **TIPO III:** Aquellos que tienen mediana resistencia y durabilidad, de bajo intemperismo (Gamarra, 2002), según Royo *et al.*, (2010), el intemperismo es cuando los materiales de construcción están expuestos a procesos mecánicos, químicos y biológicos que ocasionan la desintegración de la composición de las rocas
- **Tipo IV:** Poseen alta resistencia y durabilidad, pueden estar en contacto con lluvias y el suelo, por lo general se utilizan bajo condiciones rigurosas de servicio.
- **TIPO V:** Similares al Tipo IV tienen una resistencia y durabilidad elevada, de manera que pueden estar expuestos a condiciones de intemperismo elevadas, son aptos para condiciones de servicio muy rigurosas.

2.1.4. CLASIFICACIÓN DE LADRILLOS

Quillupangui y Villa (2011), indica que de acuerdo a la forma de los ladrillos y sus perforaciones se pueden clasificar en:

- **Ladrillo perforado**

Corresponden a ladrillos que tienen perforaciones que ocupan más del 10% de la superficie del mismo

- **Ladrillo macizo**

Son aquellas piezas en donde las perforaciones ocupan menos del 10% de perforaciones del mismo.

- **Ladrillo tejar o manual**

Son los ladrillos fabricados de manera artesanal, con apariencia tosca y caras rugosas.

- **Ladrillo aplantillado**

Presentan un perfil curvo, en la antigüedad eran utilizados para labrar piedras en las canteras

- **Ladrillo hueco**

Son factibles en las construcciones ya que presentan peso y volumen menor a otros debido a sus agujeros.

- **Ladrillo caravista**

Son utilizados en exteriores e interiores sin recubrimientos ya que presentan propiedades de aislamiento térmico y acústico.

- **Ladrillo refractario**

Son capaces de soportar el calor sin sufrir alteración alguna, son de caras lisas, se clasifican de acuerdo a su composición ya sean ácidos que contienen (arcillas, sílice y sulfato de aluminio), los básicos (contienen óxido de manganeso), neutros (contiene elemento neutro como la magnesia), finalmente se encuentra los especiales constituidos por (carburos y circonio).

2.2. HORNOS DE LADRILLERAS ARTESANALES

Luján y Guzmán (2015), mencionan que los actuales productores artesanales de ladrillos utilizan los hornos tipo volcán para la cocción de los ladrillos, estos hornos son muy ineficientes energéticamente (consumen entre cuatro a seis MJ/kg de ladrillo cocido), generan fuertes emisiones de contaminantes atmosféricos, principalmente CO y material particulado. Este tipo de horno es muy popular entre ladrilleros artesanales en varios países de Latinoamérica debido a su facilidad y bajos costos de construcción y operación. Para el productor ladrillero estas ventajas son primordiales siempre y cuando la actividad sea rentable a nivel económico, ignorando el problema de las emisiones contaminantes debido a la ineficiencia del horno. El combustible empleado para la cocción de ladrillos en estos hornos depende mucho de los combustibles disponibles y que se acostumbren utilizar en cada región; ciertas zonas utilizan leña y carbón, pero también optan por el uso de llantas usadas, aceites gastados, plásticos y diferentes materiales que tengan a disposición para quemar, ocasionando así variaciones en la calidad al aire, agua y suelo que direccionan a problemas sociales, ambientales y a la salud humana (León, 2018).

2.2.1 MATERIA PRIMA E INSUMOS

La arcilla es la principal materia prima utilizada para la elaboración de los ladrillos, este elemento pertenece a un grupo de minerales industriales resultantes de la descomposición de sedimentos geológicos rocas silicosas y aluminosas por acción de la atmósfera (Socoto, 2013), las arcillas poseen distintas características mineralógicas y genéticas y con diferentes propiedades tecnológicas e industriales que al mezclarla con agua en una cantidad adecuada tienen la capacidad de convertirse en una pasta plástica (Deleg, 2010). Según Averardo (2009), es necesario el uso de materias orgánicas como insumos en la fabricación del ladrillo, para evitar las roturas, grietas o fisuras que puedan presentarse, debido a las contracciones producidas en el secado o cocción, estos insumos pueden ser estiércol, aserrín, cáscara de arroz, o cascarilla de algodón, etc.

2.2.2. PRODUCCIÓN ARTESANAL DE LADRILLOS

Autores como Barranzuela y Huayta (2014), mencionan que el proceso artesanal de producción de ladrillos se efectúa a partir de los siguientes pasos:

- a) **Selección y preparación de la mezcla:** este proceso requiere la extracción de tierras arcillosas que posteriormente son cernidas de forma manual, para la preparación de la mezcla se necesita de un 25% de agua del total de la materia prima.
- b) **Dosificación, mezcla y amasado:** dependiendo del tipo de materia disponible la arcilla es dosificada con otras materias primas, siendo estas aserrín y agua (Huayta, 2014).
- c) **Moldeado:** Se llenan los moldes o gaveras con la mezcla de arcilla donde se compacta con las manos y se alisa la mezcla. En este proceso se moldea el ladrillo para que tome la forma que se requiere cuando termina el proceso de cocción. Los ladrillos moldeados son colocados en el suelo para dirigirse al proceso de secado.

- d) Secado:** este proceso consiste en el desprendimiento del contenido de humedad de la pasta, el tiempo de secado depende de las características climáticas de la región y es una de las partes más delicadas de la fabricación, pues con un secado muy rápido la mezcla presenta fisuras y un secado incompleto retarda el proceso de cocción Barranzuela y Huayta (2014) menciona que el proceso de pre secado al aire libre puede durar de tres a siete días dependiendo de las condiciones del clima
- e) Cocción:** este proceso consiste en someter los ladrillos previamente secados a condiciones de alta temperatura por tiempos prolongados en hornos, con el fin de que adquieran sus propiedades mecánicas, físicas como el color y su apariencia final. El proceso de cocción demora hasta cuatro días, donde los ladrillos se queman entre sí, la quema de combustible se da el primer día durante ocho a 12 horas. Terminado el proceso de cocción sigue el enfriamiento de ladrillos, el enfriamiento de las piezas depende de su tamaño, a mayor tamaño de los ladrillos, el enfriamiento se alcanza más lentamente. Por otro lado, un enfriamiento rápido hace a los ladrillos frágiles.

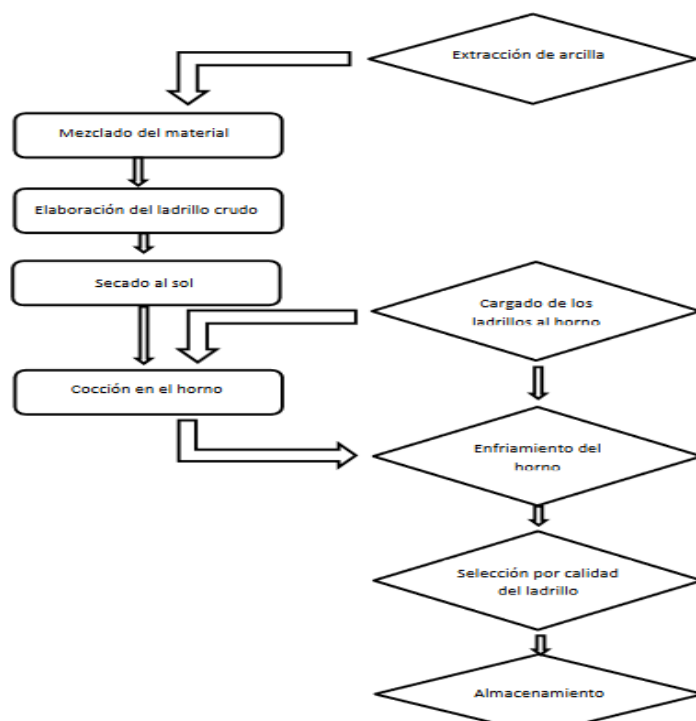


Figura 2. 1. Esquema de los procesos de producción del ladrillo artesanal

Fuente. Huayta (2014)

2.2.3. MATERIALES USADOS COMO COMBUSTIBLE

De acuerdo a García y Pañi (2013), en las ladrilleras artesanales se emplean diversos combustibles, tales como, hidrocarburos, madera y cualquier otro material que sirva de complemento para acelerar el fuego tales como llantas y plásticos. Orozco (2013), argumenta que las llantas al juntarse con otros plásticos y al ser derivados de hidrocarburos son uno de los materiales que más contaminantes generan incluyendo partículas y humos altamente tóxicos de riesgos cancerígenos (tabla 2.1).

Cepeda y Robalino (2018), indican que la leña es uno de los materiales más utilizados para la fabricación de ladrillos debido a su bajo costo y adquisición, sin embargo, tras la combustión incompleta genera grandes cantidades de contaminantes a la atmósfera causando daños irreversibles en la salud, cabe mencionar que dentro de los principales contaminantes emitidos en la quema de la leña se encuentran:

- Monóxido de carbono (CO), gas inoloro e incoloro que tiene la capacidad de reducir la habilidad de la sangre para transportar oxígeno.
El CO es muy venenoso y en concentraciones muy altas puede ocasionar la muerte.
- Material particulado compuesto por contaminantes adheridos a pedazos de cenizas y carbono.
- Compuestos irritantes, como la acroleína, que causan inflamaciones y reacciones alérgicas.
- Hidrocarburos aromáticos poli cíclicos (HAP), que causan cáncer y que también están presentes en el humo del cigarrillo y en el hollín de las chimeneas.
- Compuestos orgánicos volátiles, tales como el benceno, que pueden provocar cáncer.
- Dioxinas, que son altamente carcinogénicas, producidas también al quemar leña.
- Dióxido de azufre (SO₂), es un gas incoloro con un característico olor irritante, que provoca irritación e inflamación.

Tabla 2.1. Efectos de los contaminantes generados según el tipo de combustible empleado

Combustible	Efecto de la contaminación atmosférica	Efecto adicional sobre el entorno
Liantas usadas	Muy alto, Es cancerígeno	Humo negro ennegrecimiento del entorno, suelo, casas, etc.
Plásticos	Muy alto, cancerígeno	No precisado
Leña	Medio	Deforestación por consumo indiscriminado Erosión de suelos Disminución de lluvia
Cáscara de arroz	Medio	Aprovechamiento de residuos
Aserrín	Medio	Aprovechamiento de residuos
Hidrocarburo	Medio	Riesgo de Contaminación de suelos por derrame

Fuente: Orozco (2013)

2.3. IMPACTOS PROVOCADOS POR LAS LADRILLERAS

La fabricación de ladrillos es una actividad que contribuye al aumento de la contaminación y a la deforestación, desencadenando así problemas ambientales (Alvarez *et al.*, 2018). Según Huayta (2014), un punto importante que afecta el desarrollo de las ladrilleras artesanales y que causa impactos ambientales es la falta de consideración de los riesgos, tanto internos como externos por parte de ladrilleros, para Páez (2020), en el proceso de fabricación de los ladrillos la estructura de los hornos es una de las principales fuentes de contaminación del aire causando enfermedades a nivel regional y aparte no es el único recurso que se encuentra afectado, varios son los impactos por la actividad ladrillera:

- **Impacto sobre el aire.** Los hornos artesanales empleados para la cocción de ladrillos liberan enormes cantidades de humos y vapores cargados con gases tóxicos y material particulado, entre ellos: Óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos y principalmente monóxido de carbono, debido a la combustión incompleta del combustible.
- **Impacto sobre el suelo.** Debido a las excavaciones que se realizan para extraer la arcilla como materia prima para la fabricación de ladrillos, se ocasiona un impacto al suelo, además se lleva a cabo la tala y quema del manto vegetal, lo que degrada el suelo a tal punto en que es poco factible su recuperación.

- **Impacto sobre el clima.** Se relaciona directamente con la contaminación del aire, ya que no solo afecta el entorno local o regional, sino que potencialmente puede desencadenar daños mucho más graves a nivel mundial, como ejemplo el calentamiento global.
- **Impacto sobre el recurso hídrico.** Estas industrias afectan la calidad del recurso superficial y subterráneo. Debido al vertido de cenizas, extracción de tierra, arena y otras actividades, producen afectación sobre el recurso hídrico en las áreas de captación, ocasionando que el agua sea más turbia y contaminada en las zonas aledañas al lugar de la actividad.
- **Impactos a la salud.** De acuerdo a las diferentes actividades que se realizan se pueden presentar varios impactos en la salud, ya sea intoxicación por la exposición a contaminantes, así como también se pueden presentar otros riesgos como lesiones en pies, manos, golpes, enfermedades músculo esqueléticas, etc. (Sántiz, 2013).
- **Impacto social.** La actividad ladrillera genera un insumo básico para la industria de la construcción sin embargo al aumentar la población humana muchas ladrilleras artesanales están en contacto directo con la sociedad, de manera que los ciudadanos habitan en los alrededores de las ladrilleras lo que implica desacuerdos entre ambas partes por dicha actividad (Sántiz, 2013).

En la investigación sobre impactos ambientales provocados por la fábrica de ladrillos en Huancayo llevada a cabo por Condori (2013), señala que la actividad ladrillera trae consigo impactos negativos que pueden ocasionar pérdidas económicas, sociales y ambientales, por ende en los resultados manifiestan que 81% de la población en estudio consideraban que antes de la fabricación de los ladrillos se respiraba aire menos contaminado, el 68% afirmó que anteriormente a dicha actividad, consumían agua menos contaminada, el 86%, manifestó que la fauna y la flora se alteró y el 61% consideró que el nivel de ruido se ha incrementado.

2.4. FUENTE DE COMBUSTIÓN FIJA O ESTACIONARIA

Fuente fija es aquella instalación o conjunto de instalaciones que tiene como propósito efectuar operaciones o procesos industriales, mercantiles o de servicios, que emite o puede emitir contaminantes al aire debido a procesos de combustión desde una fuente fija e inamovible (Núñez, 2017), estas pueden ser derivadas por las actividades industriales tales como industria textil, alimentaria, maderera, metalúrgica, metálica, manufacturera y procesadora de productos vegetales y animales, entre otras (INECC, 2007). De acuerdo con Moscoso *et al.*, (2012), en un estudio de emisiones atmosféricas, efectuado en Cuenca en el año 2011, se identificaron a las fuentes fijas, luego del tráfico vehicular como las principales fuentes de contaminación del aire en esa ciudad, entre estas fuentes fijas resaltan las industrias, centrales térmicas, ladrilleras y canteras.

2.4.1. FUENTE FIJA DE COMBUSTIÓN ABIERTA

Es la instalación o conjunto de instalaciones fijas, que tiene como finalidad desarrollar operaciones, procesos industriales, comerciales o de servicios por un fin económico, estas fuentes emiten gran cantidad de contaminantes al aire debido a sus procesos de combustión, en ellas no se puede controlar el ingreso del aire a la fuente. Este tipo de fuentes de combustión abierta se encuentran: hornos para fabricación de cerámica refractaria, no refractaria, de arcilla, ladrilleras industriales, termo fijadoras, hornos túnel, hornos de secado de pintura automotriz, hornos de secado para imprentas y otras que sean así clasificadas por la Autoridad Ambiental de Control (TULSMA, 2013).

2.5. EMISIÓN DE CONTAMINANTES EN LADRILLERAS ARTESANALES

Dentro de la operación de los hornos ladrilleros artesanales se derivan riesgos ambientales debido a las altas emisiones de contaminantes (Corral *et al.*, 2010). Manabí es una de las provincias del Ecuador que se caracteriza por contar con los medios para el desarrollo de la actividad ladrillera a pequeña escala, la cual origina

afectaciones al medio ambiente aumentando la cantidad de emisiones atmosféricas, la extracción y uso desmedido e irresponsable de los recursos como el suelo, agua y leña que deterioran y contribuyen a la deforestación y daño de la zona rural (León, 2018).

Sánchez (2013), añade que los contaminantes producidos por los hornos influyen en las variaciones del clima, los cuales desencadenan la formación de contaminantes secundarios tales como: el smog, lluvia ácida que pueden afectar a la comunidad y las especies animales y vegetales mediante infecciones respiratorias y dermatológicas. Fonseca (2018), indica que la emisión de contaminantes se refiere a las concentraciones de descarga de sustancias provenientes de la combustión en diversos procesos industriales y fuentes estacionarias (tabla 2.2).

Tabla 2. 2. Contaminantes que se generan de acuerdo al proceso productivo de ladrilleras artesanales

Etapas	Actividades que generan contaminantes	Tipo de contaminantes
Extracción de arcilla	Extracción con herramientas manuales	Escasas partículas en suspensión
Mezclado	Tamizado y selección	Partículas en suspensión
	Mezcla de arcillas con agua y arena	Consumo de agua
Moldeado	No genera contaminantes	Ninguno
Secado	El secado de los moldes al aire libre solo se desprende del vapor de agua. Los moldes defectuosos son reciclados en la etapa de moldeado.	No es representativo
Carga al horno	No genera contaminantes	Ninguno
Cocción	Uso de combustibles diversos: hidrocarburos líquidos, carbón de piedra, biomasa (aserrín de madera, cáscara de café, ramas y leña de eucalipto, llantas y aceite usado)	Material Particulado, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, monóxido de carbono, dióxido de Carbono
Descarga del horno	Apertura de horno, manipulación de ladrillos, limpieza de ceniza	Partículas en suspensión
Clasificación	Descarte de productos rotos, fisurados, mal cocidos	Residuos sólidos inertes

Fuente: Cabrera y Faicán (2019)

De acuerdo con Buitrago y Rojas (2017), los gases que se emiten a la atmósfera durante la producción de ladrillos son:

- Monóxido de carbono (CO)
- Dióxido de carbono (CO₂)
- Dióxido de azufre (SO₂)
- Material particulado (PM 10 y PM 2.5)

2.5.1. MONÓXIDO DE CARBONO

Saravi *et al.*, (2018), mencionan que el monóxido de carbono (CO) es un gas tóxico, incoloro, inodoro, conocido popularmente como “el asesino silencioso”, por ende, se lo ha considerado como un gas potencialmente peligroso, el riesgo de sufrir una intoxicación por CO frente a una exposición está probablemente subestimado. El CO resulta de la combustión incompleta de combustibles como la gasolina, así como también la combustión incompleta de materia orgánica (hidrocarburos, madera, carbón o petróleo) (Cepeda y Robalino, 2018). El peso molecular del CO es de 28 g/mol, punto de ebullición -1,91 °C a 37 °C, punto de fusión -202 °, es soluble en el agua (0,004 g/100 mL), se difunde fácilmente, por poseer una densidad más baja que la del aire, es decir 0,967 g/ML, tiene más afinidad por el grupo hemo de la hemoglobina que el oxígeno, forma una molécula específica, la carboxihemoglobina y disminuye la concentración de oxihemoglobina, y con ello la difusión de oxígeno a los tejidos (Guirola *et al.*, 2019).

2.5.2. ESTUDIO DE CASO “DAÑO AL ADN EN MUJERES EXPUESTAS AL HUMO DE LA LEÑA EN CHIAPAS, MÉXICO”

De acuerdo con los datos obtenidos en la investigación realizada en la Universidad Autónoma de Chiapas México, por Herrera *et al.*, (2009), el cincuenta por ciento de la población mundial y aproximadamente 90% de la población rural en países en desarrollo usan combustibles de biomasa (leña) como fuente de energía provocando a largo plazo daños irreversibles en la salud de las personas, por ende afirman que

luego de haber obtenido una muestra de sangre (hemoglobina hemática) a 60 mujeres que estaban expuestas a lugares con altas y bajas concentraciones de CO emitidas por la quema de leña presentaban daños en la estructura del ADN, provocando a largo plazo problemas tales como inmunosupresión y cáncer. La exposición prolongada al CO puede causar daño genotóxico a las personas que hacen uso de la leña como fuente de combustible, y que las causas potenciales de genotoxicidad incluyen compuestos mutagénicos conocidos que están presentes en el humo de carbón, madera y cenizas, así como mecanismos de lesión por hipoxia y reperfusión iniciados por la intoxicación de monóxido de carbono (Ozturk *et al.*, 2002)

2.6. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Tras la revolución industrial y el incremento de los contaminantes atmosféricos por las actividades humanas que se abastecen de los recursos naturales para fines económicos, las condiciones ambientales han sufrido alteraciones tanto en el entorno físico como biológico, poniendo en peligro el equilibrio de los ecosistemas naturales (Carnicer, 2007). La International Agency For Research on Cancer [IARC, 2013] clasificó a la contaminación del aire exterior como cancerígeno para los seres humanos, y de acuerdo a Álvarez *et al.* (2017), la contaminación atmosférica es un problema que afecta por igual a países desarrollados y en vías de desarrollo.

Las fuentes principales de contaminación de origen humano son el transporte, la producción de energía y las actividades industriales. Galarza (2018), y La organización Mundial de la Salud concuerdan en que la contaminación atmosférica es cuando en la composición del aire aparecen una o varias sustancias extrañas, en varias concentraciones durante periodos de tiempo, las cuales pueden resultar nocivas para los seres vivos y el ambiente en general, ya sea de manera natural o antropogénicas. Según estudios de monitoreo realizados por Palacios (2014), en la ciudad de Quito en niños escolares mostraron incidencia de infecciones respiratorias altas, debido a la exposición a lugares contaminados siendo estos el tráfico vehicular, centrales térmicas, industrias, etc.

2.6.1 EFECTOS DEL CO EN LA SALUD DE LAS PERSONAS

El CO es un asfixiante químico resultante de la combustión incompleta y es considerado el contaminante de mayor mortalidad y morbilidad de los países desarrollados con un porcentaje de 50% por intentos de suicidio y un 33 % por exposición ocupacional (Castañeda *et al.*, 2008). Mosquera (2018), manifiesta que el monóxido de carbono al ser una sustancia sin olor, color y no irritante para las vías respiratorias puede pasar inadvertida, inofensiva en pequeñas cantidades, lo que facilita el proceso de intoxicación (tabla 2.3).

Tabla 2. 3. Síntomas del CO asociados a la concentración y al tiempo de exposición.

Concentración de (CO)	Tiempo de exposición	Signos y síntomas
44 ppm (0,0040%)	6 a 8 horas	Máxima concentración permitida. Los labios y uñas toman un color rojo brillante
200 ppm (0,02%)	2 a 3 horas	Cefalea leve
400 ppm (0,4%)	1 a 2 horas	Cefalea frontal
800 ppm (0,08%)	Dentro de 45 minutos	Mareos, náuseas y convulsiones. Insensibilidad durante 2 horas
1600 ppm (0,16%)	Dentro de 20 minutos	cefalea, taquicardia, mareos y náuseas
	En menos de 2 horas	Muerte
3.200 ppm (0,32%)	5 a 10 minutos	Cefalea, mareos y náuseas
	Dentro de los 30 minutos	Muerte
6.400 ppm (0,64%)	1 a 2 minutos	Dolor de cabeza y mareos.
	Menos de 20 minutos	Convulsiones y paro respiratorio
		Muerte
12.800 ppm (1,28%)	-----	Inconsciencia después de dos o tres respiraciones. Muerte en menos de tres minutos

Fuente. Academia Nacional de Bomberos de Chile (2019)

Según la Academia Nacional de Bomberos de Chile (2019) la inhalación de CO puede ser muy nociva para la salud, la intoxicación se produce al respirar este gas, el cual al mezclarse con la hemoglobina de la sangre provoca carboxihemoglobina que implica manifestaciones clínicas que van desde una sintomatología inespecífica hasta la muerte, la exposición prolongada aún a bajos niveles de CO puede tener efectos adversos, especialmente cardiovasculares y neurológicos (Buchelli *et al.*, 2014).

De acuerdo con Romero y Vaca (2012), la exposición al monóxido de carbono puede disminuir el suministro de oxígeno en el torrente sanguíneo, para Bolaños y Chacón

(2017), la intoxicación por CO en ocasiones es grave, puede causar efectos agudos (corto plazo) y crónicos (largo plazo), pudiendo llegar a ser letal o dejar secuelas irreversibles, en las personas que han inhalado monóxido de carbono se han reportado dolores de cabeza, náuseas, vómitos, mareos, visión borrosa, confusión, dolores en el pecho, debilidad, insuficiencia cardiaca, dificultad para respirar, convulsiones.

2.7. EVALUACIÓN DE EMISIONES DE MONÓXIDO DE CARBONO

Los principales contaminantes emitidos a la atmósfera en el proceso de cocción del ladrillo en hornos artesanales de tipo volcán de acuerdo a Jaya y Gomezcoello (2012), son PM10, monóxido de carbono, dióxido de azufre, y óxidos de nitrógeno, también se puede emitir compuestos orgánicos volátiles. Según Cepeda y Robalino (2018), dentro del grupo de contaminantes el más destacado es el monóxido de carbono. Para determinar la emisión de contaminantes emitidos durante el proceso de producción de ladrillos se tomará en cuenta:

- **MUESTREO ISOCINÉTICO**

En el muestreo isocinético la velocidad y dirección del gas que entra en la sonda de muestreo son las mismas que las del gas en el conducto o chimenea (TULSMA, 2013). De acuerdo con Martínez *et al.* (2017), en el muestreo isocinético se emplean un conjunto de procedimientos con la finalidad de obtener una muestra representativa de gas de una fuente estacionaria.

- **CONCENTRACIÓN**

Es la relación que existe entre la cantidad de un soluto (contaminante) disuelto en una cantidad de solvente (García *et al.*, 2013), de acuerdo con el TULSMA Libro VI las unidades de medidas son mg/m^3 donde mg es el soluto y m^3 el solvente. La unidad que se utiliza con mayor frecuencia para determinar el volumen del solvente es el litro, en tanto que la cantidad de soluto puede expresarse en diversas formas, una de ellas con respecto a la masa o peso del soluto, se utiliza como unidad el kg y se refiere a concentraciones de kg/L, g/L, mg/dl, etc (Fernández, 2015).

- **FACTOR DE EMISIÓN**

El factor de emisión se define como un valor representativo que intenta relacionar la cantidad de un contaminante emitido a la atmósfera con una actividad asociada a la emisión del contaminante. Estos factores son usualmente expresados como la masa del contaminante dividido por una unidad de peso, volumen, distancia o duración (Observatorio Ambiental de Cartagena de Indias, 2015)

2.7.1. MEDICIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS EN HORNOS A CIELO ABIERTO EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER

De acuerdo con una investigación realizada por Guerrero et al. (2017), en el municipio de Ocaña, Norte de Santander Colombia, a empresas ladrilleras dedicadas a la producción de materiales cerámicos en donde sus procesos de producción, conducen a subprocesos de combustión deficientes, y que a la vez generan problemas ambientales y de salud por sus emisiones contaminantes, se utilizó el muestreo isocinético en 7 ladrilleras para determinar la concentración de emisiones tales como: porcentajes de oxígeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono y óxido de nitrógeno, dando como resultado las concentraciones de gases emitidos en las ladrilleras, que es un requisito mínimo para poder cumplir con las exigencias establecidas por entidades ambientales, la cual consiste en aplicar medidas más estrictas en lo referente al control de las emisiones atmosféricas emitidas desde sus procesos

2.7.2. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA PRODUCIDA POR LA COMBUSTIÓN EN LADRILLERAS ARTESANALES

De acuerdo con un estudio realizado en la ciudad de Cuenca por Jaya y Gomezcoello (2012), las ladrilleras artesanales corresponden a una de las principales fuentes de empleo de sus habitantes, aun así, es una actividad que genera un impacto ambiental considerable afectando la salud humana y los recursos naturales, en el estudio se

determinó el factor de emisión y concentración aproximada de los contaminantes provenientes de la actividad ladrillera dependiendo del tipo de combustible empleado, para llevar a cabo la investigación y obtener el factor de emisiones de CO, que en el año fue de 49,85 ton/año tomaron en cuenta el consumo de combustible, volumen y densidad de la leña, así como también consideraron la producción generada por tiempo más el factor de emisión de contaminantes para ladrilleras, los cuales son mencionados por la Agencia de Protección Ambiental (EPA), asimismo, determinaron la concentración de monóxido de carbono de acuerdo al combustible empleado utilizando equipos de laboratorios certificados para monitorear las emisiones y así obtener datos más precisos acerca de la concentración de contaminantes que se emiten durante el proceso de cocción de ladrillos, y de acuerdo a sus resultados se puede apreciar que la mayor concentración emitida de monóxido de carbono fue de 8454,5 (mg/nm³) utilizando el combustible de biomasa (leña eucalipto).

Tabla 2. 4. Concentración de monóxido de carbono según el combustible empleado

Combustible	Emisiones promedio (mg/nm ³) CO
Leña eucalipto	8454,5
Leña – GLP	8403,3
Leña – Diésel	8114,8

Fuente: Jaya y Gomezcoello (2012)

2.8. MARCO LEGAL PARA LA REGULACIÓN DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA

CONSTITUCIÓN

Art. 14. Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Art. 73. El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales

Art. 395. El Estado garantiza un modelo sustentable de desarrollo ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción natural de los ecosistemas presentes de las necesidades de las generaciones presentes y futuras.

NORMA DE EMISIONES AL AIRE DESDE FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN. TULSMA (TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE) LIBRO VI ANEXO 3

El libro VI del TULSMA anexo 3 tiene como objetivo principal preservar y conservar la salud de las personas, la calidad del aire ambiente, y el bienestar en general. Para cumplir con el objetivo la norma establece los límites permisibles de la concentración de emisiones de contaminantes al aire, producidas por las actividades de combustión en fuentes fijas, calderos de vapor, centrales termoeléctricas, turbinas a gas, motores de combustión interna, crematorios, incineradoras de residuos peligrosos u hospitalarios y por determinados procesos industriales; así como los métodos y procedimientos para la determinación de las concentraciones emitidas por la combustión en fuentes fijas. Se establecen adicionalmente las alternativas de gestión para promover el cumplimiento de los objetivos de calidad del aire ambiente establecidos en la correspondiente norma (TULSMA, 2013).

2.8.1. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CO

El límite máximo permisible es el porcentaje de concentración que caracterizan a una emisión, generadas por cualquier actividad, la finalidad de los límites máximos permisibles es proteger al ambiente de ciertos elementos que al ser emitidos en abundancia son nocivos para la salud, de acuerdo al TULSMA en el anexo 3 norma de emisiones al aire desde fuentes fijas de combustión en la tabla 1 correspondiente a los límites máximos permisibles de concentraciones de emisión al aire para fuentes fijas de combustión, incluidas fuentes de combustión abierta plantea que el monóxido de

carbono utilizando sólidos sin contenido de azufre debe tener un límite máximo permisible de 1.800 mg/nm³ (tabla 2.5).

Tabla 2. 5. Límites máximos permisibles de concentraciones de emisión al aire para fuentes fijas de combustión, incluidas fuentes de combustión abierta (mg/nm³)

Contaminante	Combustible	Fuente fija existente: con autorización de funcionamiento hasta marzo de 2013	Fuente fija nueva: en funcionamiento a partir marzo de 2013
Material particulado	Sólido sin azufre	200	70
	Fuel oil	200	50
	Diésel	150	50
Óxidos de nitrógeno	Sólido sin azufre	900	600
	Fuel oil	700	400
	Diésel	500	400
	Gaseoso	140	140
Dióxido de azufre	Fuel oil	1650	1650
	Diésel	1650	1650
Monóxido de carbono	Sólido sin azufre	1800	1800
	Fuel oil	300	120
	Diésel	250	120
	Gaseoso	100	80

Fuente. TULSMA (2013)

2.9. HERRAMIENTAS PARA MINIMIZAR LA CONCENTRACIÓN DE EMISIONES AL AIRE EN ACTIVIDADES LADRILLERAS

La implementación de herramientas o el uso de tecnologías para reducir las emisiones de contaminantes, permite disminuir el uso de combustible y posteriormente la emisión de gases contaminantes, además le brinda beneficios como mejorar la calidad del producto, la comercialización y acceder al mercado de carbono (GADC, 2013).

2.9.1. ALTERNATIVA DE MITIGACIÓN (HORNO ECOLÓGICO)

El horno MK 2 fue diseñado por el Dr. Robert Márquez Kiln, para reducir las emisiones contaminantes a través de las ladrilleras, este consta de dos hornos cilíndricos conectados por ductos que terminan en una bóveda superior que permite confinar los gases emitidos por el horno, un horno sirve de quema y el otro horno de filtro. En su estudio Luján y Guzmán (2015), denominó su diseño como MK3 luego de remodelar el diseño del horno MK2 del Dr. Robert, el horno ecológico MK3 consta de tres cámaras

de cocción interconectadas entre sí por ductos en la parte inferior o subterráneos. El tercer horno funciona como horno de carga/descarga, mientras los otros dos hornos funcionan, uno como horno de quema, y el otro como horno de recuperación/filtración. De esta manera, la operación de los hornos sería semi-continua y permitiría aprovechar de manera más eficiente el calor recuperado en el horno de recuperación/filtración, pues este horno puede funcionar como horno de quema inmediatamente después de haber concluido una quema. Por lo tanto, Gonzáles (2010), señala que esta tecnología ayuda en la reducción de contaminantes y puede repercutir en la disminución de enfermedades respiratorias por la mejoría en la calidad del aire.

2.9.1.1. PARÁMETROS DE DISEÑO DEL HORNO ECOLOGICO MK3

Según Alvarado (2014), este diseño ha logrado importantes reducciones de las emisiones contaminantes de hasta un 90% y la reducción del consumo de energía en un 50%; también se logra reducir el tiempo de cocción de los ladrillos a 10 horas.

El horno ecológico MK3 consta de tres cámaras de cocción hechas de adobe, estas cámaras están interconectadas entre sí por ductos subterráneos que tienen una sección de $0,32 \text{ m}^2$. Las cámaras de cocción de ladrillos son de forma cilíndrica con un alto de cinco metros y un diámetro de tres metros de ancho. Cada cámara cuenta con un alto de 3,5 m para colocar los ladrillos y una capacidad de 12.000 piezas, 36.000 ladrillos entre las tres cámaras y con una puerta de 3,3 m de alto x 1,1 m de ancho para la colocación de ladrillos. Las cámaras serán ubicadas en forma triangular y con una distancia de 1,6 m.

La parte superior de cada horno se la denomina cúpula y cuenta con una altura de 1,5 m, donde se encuentran los quemadores de gas natural, con una potencia aproximada de 0,3 millones de BTU/h cada uno. Además, existe un ducto en la parte superior que se conecta a una chimenea única de $0,32 \text{ m}^2$ que sirve para la evacuación de los gases de combustión. Este ducto es sellado en la cámara que funciona como quema (Luján y Guzmán, 2015).

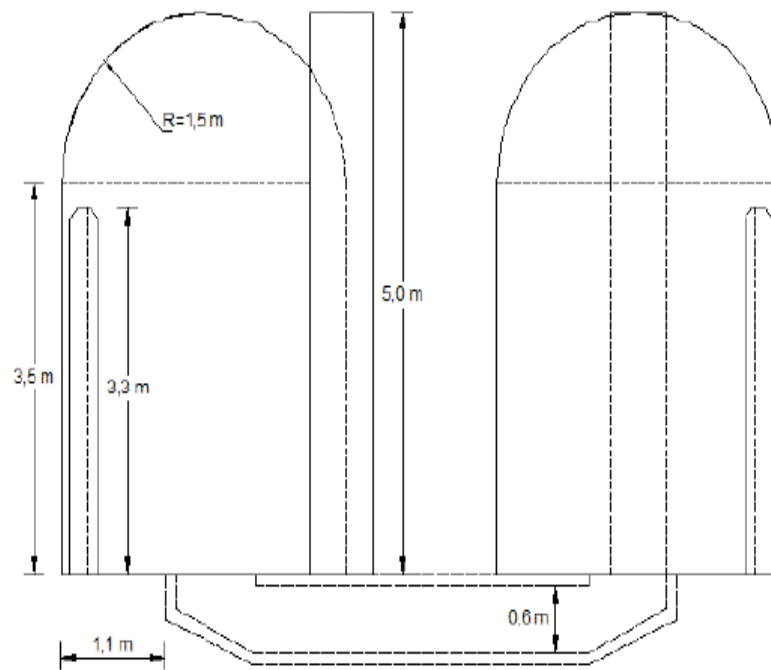


Figura 2. 2. Plano del horno MK3, medidas de las cámaras de cocción

Fuente. Luján y Guzmán (2015)

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La investigación se desarrolló en el sector Tres Marías del cantón Chone, provincia de Manabí. Ubicada en las coordenadas UTM este: 600168 y norte: 9920058.

UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO

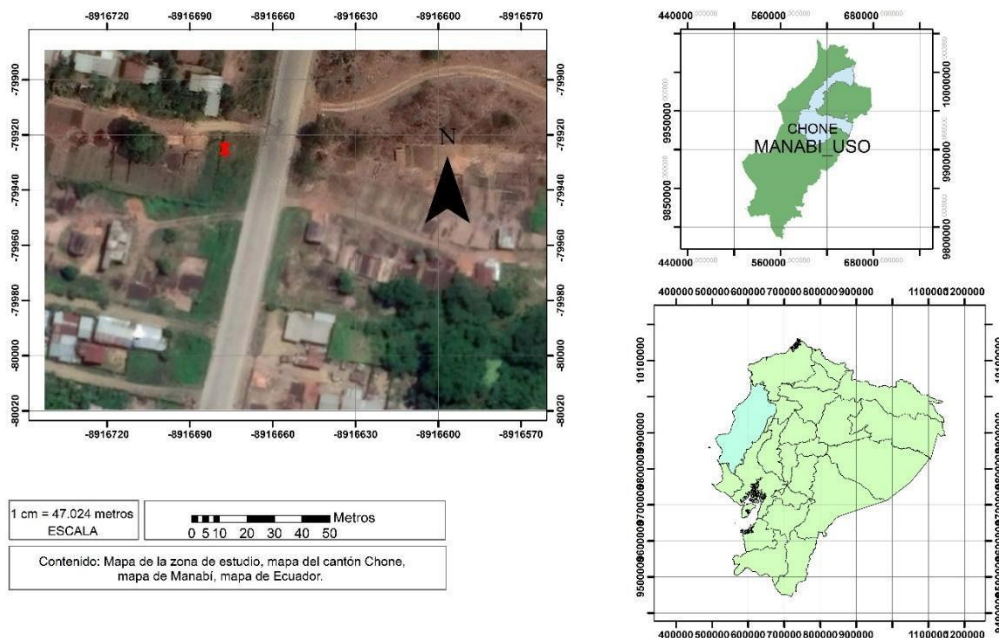


Figura 3. 1. Imagen satelital de la zona de estudio.

Fuente. ArcMap, Autores.

3.2. DURACIÓN

La investigación tuvo una duración de 9 meses incluidos los meses de planificación curricular

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.4.1. MÉTODOS TEÓRICOS

- **ANALÍTICO**

El método analítico trata sobre el ordenamiento, manipulación y resumen de datos para interpretar los problemas de investigación y observar las causas y efectos, es un camino para llegar a un resultado mediante la descomposición de un hecho en sus elementos constitutivos (Lopera, 2010). Este método permitió analizar los problemas presentes en la zona de estudio y la viabilidad de las estrategias correctoras.

- **SINTÉTICO**

De acuerdo con Ruiz (2007), el método sintético es un proceso de razonamiento a partir del análisis con la finalidad de comprender los aspectos relacionados al tema planteado. Este método permitió obtener un mayor entendimiento, razonamiento y descripción de los resultados dados de la investigación.

- **INDUCTIVO**

El método inductivo ayuda a adquirir conocimiento, para ello se debe observar la naturaleza, y formular la hipótesis para obtener conclusiones prácticas referentes al comportamiento de alguna sustancia en función de un principio (Rodríguez y Pérez, 2017). Este método facilitó la apreciación de los impactos producidos por el proceso productivo de la zona de estudio mediante la observación y apreciación de ideas.

3.4.2. TÉCNICAS Y MEDIOS

- **ANÁLISIS DOCUMENTAL**

Esta técnica permitió recopilar información bibliográfica necesaria para la investigación a través de libros, revistas científicas, artículos científicos entre otros, obteniendo definiciones y conceptos relevantes al tema propuesto.

- **OBSERVACIÓN DIRECTA**

La observación es un elemento fundamental de todo proceso de investigación; en ella se apoya el investigador para obtener el mayor número de datos, esta técnica permite al investigador contar con su versión, además de las versiones de otras personas y las contenidas en los documentos (Díaz, 2011). Esta técnica permitió corroborar la información recolectada de la entrevista con la realidad del sector.

- **ENTREVISTA**

La entrevista es útil para la recolección de información de campo de forma oral y personalizada sobre los acontecimientos, experiencias y opiniones de personas (Folgueiras, 2016), esta técnica fue dirigida a los dueños de las ladrilleras del sector Tres Marías - Chone y facilitó la recopilación de información del proceso productivo, producción, número de trabajadores y demás datos relevantes de la investigación.

- **MUESTREO ISOCINÉTICO**

El muestreo isocinético emplea un conjunto de procedimientos con la finalidad de obtener una muestra representativa de gas de una fuente estacionaria (Martínez *et al.*, 2017). Esta técnica permitió obtener los datos de la concentración de emisiones de CO de la ladrillera designada, donde se simuló el flujo de una chimenea.

- **ANÁLISIS ESTADÍSTICO COMPARATIVO**

El análisis comparativo es el método de comparación sistemática de objetos de estudio que normalmente se lo aplica con la finalidad de llegar a deducciones observadas y a la comprobación de hipótesis (Nohlen, 2020). Esta técnica permitió representar en forma gráfica los resultados de la investigación.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

El sector Tres Marías del cantón Chone cuenta con una población de cuatro ladrilleras, de estas se seleccionó una como objeto de estudio de acuerdo con las pautas

metodológicas de Guerrero *et al.*, (2017), donde se toma el 25% de la población como factor de evaluación. La ladrillera que se designó fue acorde a la accesibilidad del lugar y disponibilidad del dueño de la ladrillera haciendo referencia al muestreo por conveniencia como lo establece (Argibay, 2009).

3.5. VARIABLES EN ESTUDIO

3.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Producción artesanal de ladrillos

3.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Emissiones de monóxido de carbono

MATRIZ OPERACIONAL DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE

Variable	Tipo de variable	Conceptualización	Definiciones operacionales	Instrumentos	Medición
Producción artesanal de ladrillos	Cualitativa	El proceso de producción artesanal es relativamente sencillo, con muy bajo nivel de mecanización, e involucra un uso intensivo de mano de obra. La etapa de formación de los ladrillos verdes se hace esencialmente a mano y el proceso de secado es por simple exposición al sol, a campo abierto (Luján y Guzmán, 2015)	Se identificó el proceso artesanal de producción de ladrillos en el sector tres Marías del cantón Chone mediante entrevistas a los dueños de la ladrillera, las entrevistas se realizaron bajo las pautas metodológicas de Folgueiras (2016) y los resultados fueron corroborados mediante la técnica de observación.	Entrevista	Procesos de elaboración

Fuente. Autores

MATRIZ OPERACIONAL DE LA VARIABLE DEPENDIENTE

Variable	Tipo de variable	Conceptualización	Definiciones operacionales	Instrumentos	Medición
Emisiones de monóxido de carbono	Cuantitativa discreta	Las emisiones de monóxido de carbono se refiere a la salida de gases durante el proceso de combustión de una actividad productiva o el hogar para producir energía, en las ladrilleras estas emisiones se encuentran relacionadas con la baja eficiencia energética de los hornos de cocción .	A las emisiones de monóxido de carbono se les calculó el factor de emisión (Jaya y Gomezcoello, 2012). y se realizó la medición de concentración con el laboratorio ELICROM	<ul style="list-style-type: none"> Métodos de la EPA (1997) CTM 13, CTM 30 y CTM 34 Tabla 1, anexo 3 del TULSMA (2013) 	mg/Nm ³ Ton/ tiempo de producción
Factor de emisiones de CO	Cuantitativa discreta	Trata sobre la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera con una actividad asociada a la emisión del contaminante. (Gobierno Vasco, 2005)	El factor de emisión fue calculado mediante la metodología de Jaya y Gomezcoello (2012) donde se necesitaron los datos de la producción de la ladrillera y la densidad de la madera utilizada como fuente de energía	Fórmula [1] Fórmula [2] Fórmula [3]	Ton/ tiempo de producción
Concentración de emisiones de CO	Cuantitativa discreta	Es la relación que existe entre la cantidad de un contaminante disuelto en una cantidad de solvente (García et al., 2013)	La medición de la concentración de emisiones se realizó en conjunto con el Laboratorio ELICROM, mediante un muestreo isocinético bajo los métodos de la EPA (1997) CTM 13, CTM 30 y CTM adoptados por el laboratorio	Analizador de Gases, marca TESTO modelo 350	mg/Nm ³
Cumplimiento del límite permisible de emisiones de CO	Cuantitativa discreta	Se refiere a que si las emisiones de CO en la producción de ladrillos del sector Tres Marías del cantón Chone se encuentran dentro de los límites máximos permisibles de acuerdo con la tabla 1 el anexo 3 del TULSMA (2013)	Luego de realizar la medición de la concentración de emisiones de CO se compararon los resultados con los límites máximos permisibles establecidos por la tabla 1 del anexo 3 del TULSMA (2013).	Tabla 1, Anexo 3 del TULSMA (2013)	mg/Nm ³

Fuente. Autores

3.6. PROCEDIMIENTOS

3.6.1. FASE I: IDENTIFICAR EL PROCESO ARTESANAL DE ELABORACIÓN DE LADRILLOS EN LA ZONA DE ESTUDIO PARA LA OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN GENERAL

Actividad 1.1. Recolección de datos de la zona de estudio

La recolección de datos se realizó mediante visitas matutinas (8:00 am a 11:00 am) a la zona de estudio durante dos semanas, donde a partir de entrevistas a los dueños de cada ladrillera del sector Tres Marías se procedió a levantar la información necesaria de la actividad productiva.

De acuerdo a la metodología de Folgueiras (2016), las entrevistas fueron de tipo semiestructurada donde se estableció un guion de preguntas, las mismas que fueron realizadas de forma abierta lo que permitió recoger mayor información, esta entrevista se realizó en tres fases:

- a) **Elaboración:** Se elaboraron a partir del objetivo de la investigación “**Fase I: Identificar la situación actual de la zona de estudio**”, una vez definida se procedió a la elaboración de preguntas para la recolección de información y se incluyeron datos del entrevistado (Nombres, cargo, tiempo que lleva en el lugar de trabajo). Las preguntas realizadas fueron efectuadas en base a los temas de interés de la zona de estudio (Anexo 1).
- b) **Aplicación:** En esta fase fue importante crear un ambiente de confianza, se empezó dando toda la información relevante del estudio a realizar y se tomaron apuntes sobre las entrevistas.
- c) **Análisis:** El objetivo principal del análisis de datos fue dar sentido a la información recogida, la cual se sistematizó para poder describir y analizar los resultados.

Actividad 1.2. Elaboración de diagramas de flujo del proceso productivo del ladrillo en el sector Tres Marías del cantón Chone

Una vez terminadas las entrevistas y analizados sus resultados se realizaron diagramas de flujo en el programa Visio, donde se representaron los procesos productivos de cada ladrillera del sector Tres Marías - Chone, estos diagramas son de estructura secuencial y se realizaron según la simbología propuesta por la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME) mencionado por Rosales (2017).

3.6.2. FASE II: ESTIMAR LA CONCENTRACIÓN DE EMISIONES DE MONÓXIDO DE CARBONO EN LA LADRILLERA DEL SECTOR TRES MARÍAS – CHONE PARA LA VALORACIÓN DE SU CUMPLIMIENTO DE ACUERDO CON LA NORMATIVA AMBIENTAL.

Actividad 2.1. Definir la cantidad de ladrilleras a monitorear

Se seleccionó una de las cuatro ladrilleras del sector Tres Marías- Chone como objeto de estudio, de acuerdo a las pautas metodológicas de Guerrero *et al.*, (2017), donde se toma el 25% de la población como factor de evaluación. La ladrillera que se designó fue de acuerdo a la accesibilidad del lugar y disponibilidad del dueño de la ladrillera haciendo referencia al muestreo por conveniencia como lo establece (Argibay, 2009).

Actividad 2.2. Calcular el factor de emisión de monóxido de carbono

Para el desarrollo de esta actividad se realizó una visita matutina (8:00 am a 12:00 pm) a la ladrillera designada, para el cálculo del factor de emisión de monóxido de carbono se utilizó la metodología propuesta por Jaya y Gomezcoello (2012), que fue implementada para el análisis comparativo de la contaminación atmosférica producida por la combustión en ladrilleras artesanales utilizando tres tipos de combustibles en la ciudad de Cuenca, teniendo en consideración el factor de emisión del contaminante (Tabla 3.1).

Tabla 3. 1. Factor de emisión del contaminante

Contaminante	Factor de emisión (ton/kg)
Monóxido de carbono	1,97x10 ⁻⁵
Emisión por ladrillo quemado	2,15x10 ⁻⁵

Fuente. Jaya y Gomezcoello (2012)

Para llevar a cabo el cálculo de emisiones se debe conocer:

- Producción de ladrillos por quema
- Densidad de la leña (fórmula 1)

$$\rho = \frac{M}{V} \quad [1]$$

Donde:

ρ = Densidad

M = Masa

V = Volumen

- Consumo energético (m³), cuánta madera (combustible) se necesita para la quema de ladrillos durante el proceso de cocción
- Consumo de combustible por ladrillo (fórmula 2)

$$CC = \frac{V * \rho}{P} \quad [2]$$

Donde:

CC = Consumo de combustible por ladrillo

V = Consumo energético en volumen necesario por producción

ρ = Densidad de la leña

P = Producción generada (lad/tiempo de producción)

Una vez obtenidos los datos necesarios se procedió a calcular el factor de emisiones del monóxido de carbono (fórmula 3)

$$Ec = FE * CC * Na \quad [3]$$

Donde:

E_c = Emisión de contaminante (ton/tiempo de producción)

F_e = factor de emisión del contaminante (ton/kg)

CC = consumo de combustible (kg/lđ)

Na = Producción de ladrillos por quema

Actividad 2.3. Medir la concentración de monóxido de carbono.

Los hornos ladrilleros tipo volcán no cumplen con los requisitos mínimos para medición de contaminantes, establecidos en el anexo 3 del TULSMA (2013), aun así, esta norma en su apartado 4.6.3. establece que la Autoridad Ambiental Nacional podrá autorizar otros métodos de medición, razón por la cual la medición de concentración de emisiones de monóxido de carbono se llevó a cabo simulando un monitoreo isocinético para obtener una muestra representativa de la emisión exactamente a la misma velocidad y condición normal sin subvalorar la cantidad de contaminantes emitidos por una fuente, esta actividad fue realizada en conjunto con el laboratorio ELICROM CIA. LTDA.

Para evaluar la concentración de monóxido de carbono se trabajó en base a los métodos propuestos por la EPA (1997) CTM 13, CTM 30 o CTM 34.

- Se diseñó el flujo de salida de una chimenea
- Se tomaron cuatro puntos de referencia para designar uno y realizar el muestreo, este se realizó el primer día de cocción en la jornada vespertina.
- Cada punto a una altura mayor a un metro.
- Se extrajo un ladrillo a cada punto para dejar un orificio donde se introdujo la sonda del equipo.
- Luego se ingresó la sonda del equipo en donde se quitó el ladrillo
- Para el muestreo se realizaron ocho repeticiones en el punto designado.
- Cada medición se realizó cada tres minutos.

Actividad 2.4. Comparar los resultados de la concentración de CO en la emisión de la ladrillera de acuerdo con la normativa ambiental

Una vez realizado el monitoreo de las emisiones de CO en la producción artesanal de ladrillos del sector Tres Marías – Chone, se procedió a verificar el cumplimiento o incumplimiento de los límites máximos permisibles de CO de acuerdo con la normativa ambiental libro VI anexo 3. Tabla 1, Límites máximos permisibles de concentraciones de emisión al aire para fuentes fijas de combustión, incluidas fuentes de combustión abierta (TULSMA, 2013).

3.6.3. FASE III: DISEÑAR UN HORNO ECOLÓGICO EN LA LADRILLERA DEL SECTOR TRES MARÍAS - CHONE PARA LA MITIGACIÓN DE EMISIONES DE CO DURANTE EL PROCESO DE COCCIÓN DE LADRILLOS

Actividad 3.1. Diseñar un horno ecológico tipo MK3

El plano del horno ecológico se realizó en el programa AutoCAD, donde se especificaron las medidas y capacidad de los hornos MK3 según los parámetros de diseño de Luján y Guzmán (2015), donde:

- Se realizó el plano según las medidas de cada cámara, correspondientes a cinco metros de alto y un diámetro tres metros de ancho.
- Se detallaron las distancias entre los tres hornos y la ubicación entre éstos, correspondiente a una distancia de 1,7 m y ubicados en forma triangular.
- Se dieron detalles del tamaño de las puertas y el espacio para colocar los ladrillos. (Puerta: 3,3 m x 0,6 m, espacio destinado a colocar ladrillos: 3,5 m de alto y el ancho de la cámara)
- Se presentaron las medidas de los ductos subterráneos que conectan a las cámaras de cocción (0,3 m x 0,6 m)
- Se dieron datos del tamaño de la cúpula y la ubicación de los quemadores de gas (1,5 m de alto)

- Se especificaron las medidas de las chimeneas de evacuación de gases (0,30 m x 0,45 m)
- Se realizó un plano general que especifica el funcionamiento del horno ecológico.
- Para una mejor representación del horno ecológico se realizó un plano en 3D en los softwares Sketchup y Lumion 8

Actividad 3.2. Socializar las ventajas ambientales del horno ecológico a los trabajadores de la ladrillera

Una vez obtenidos los resultados de las emisiones de CO, evaluado el cumplimiento o incumplimiento sobre los límites máximos permisibles de emisión del contaminante provenientes del horno monitoreado y diseñado el modelo del horno tipo MK3 se procedió a socializar con los dueños y trabajadores de la ladrillera del sector los beneficios que tiene la implementación del horno ecológico MK3 como medida de prevención y mitigación de emisiones.

3.7. MUESTREO

Para la recolección de información del proceso productivo de las ladrilleras del sector Tres Marías del cantón Chone se realizaron visitas al área de estudio en horarios y días establecidos en la siguiente tabla (tabla 3.2).

Tabla 3. 2. Muestreo de la recolección de información general

	Semanas	Días	Tiempo (horas)	Horario	Variable a medir Proceso productivo
Mes de muestreo	1	L	3 h	8:00 am a 11: 00 am	
		M	3 h	8:00 am a 11: 00 am	
		M	3 h	8:00 am a 11: 00 am	
		J	3 h	8:00 am a 11: 00 am	
		V	3 h	8:00 am a 11: 00 am	
	2	L	3 h	8:00 am a 11: 00 am	
		M	3 h	8:00 am a 11: 00 am	
		M	3 h	8:00 am a 11: 00 am	
		J	3 h	8:00 am a 11: 00 am	
		V	3 h	8:00 am a 11: 00 am	

Fuente. Autores

Para la medición de la concentración de emisiones de monóxido de carbono y el cálculo del factor de emisiones de CO se realizaron visitas frecuentes a la ladrillera designada en los tiempos y días establecidos a continuación (Tablas 3.3 y 3.4)

Tabla 3. 3. Muestreo del cálculo del factor de emisiones de CO.

Semanas	Días	Horario	Variables a medir								
			Factor de emisiones de Co								
			M	V	D	V	P	CC	FE	EC	
1	L										
	M	8:00 am a									
	M	12: 00 pm									

Fuente. Autores

Tabla 3. 4. Muestreo de la medición de concentración de las emisiones de CO

Semanas	Días	Frecuencia	Horario	Variables a medir
				Concentración de emisiones de Co
1	1	3 min	4:30 pm	
		3 min	4:33 pm	
		3 min	4:36 pm	
		3 min	4:39 pm	
		3 min	4:42 pm	
		3 min	4:45 pm	
		3 min	4:48 pm	
		3 min	4:51 pm	

Fuente. Autores

3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para esta investigación se realizó un análisis estadístico comparativo utilizando el gráfico de barras para una mejor interpretación de la información estadística, el análisis comparativo se realizó en el software Excel según las pautas metodológicas de Arteaga (2009) con los valores de concentración de emisiones de CO y el límite

máximo permisible de emisiones de CO dispuesto por el TULSMA. Además, se determinó la variación porcentual entre ambos valores para determinar el porcentaje excedente de las emisiones de CO en la ladrillera del sector Tres Marías

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. IDENTIFICAR EL PROCESO ARTESANAL DE LA ELABORACIÓN DE LADRILLOS EN LA ZONA DE ESTUDIO PARA LA OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN GENERAL

4.1.1. RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA ZONA DE ESTUDIO

Con la finalidad de recolectar información general sobre la zona de estudio, se efectuaron visitas con el propósito de observar el lugar y entrevistar a los dueños de cada ladrillera (anexo 2-A y 2-B), estas al no poseer un nombre específico y para poder distinguir las en el estudio se las designó por orden numérico:

- Ladrillera 1 (L1)
- Ladrillera 2 (L2)
- Ladrillera 3 (L3)
- Ladrillera 4 (L4)

A continuación, se exponen los resultados de las entrevistas aplicadas a los dueños de las ladrilleras de la zona de estudio.

Pregunta 1. ¿Cuál es el proceso que se lleva a cabo en su ladrillera?

Las cuatro ladrilleras del sector tres Marías del cantón Chone realizan el proceso de fabricación de ladrillos de forma artesanal, al ser una práctica ancestral la metodología empleada en la zona de estudio comprende un mismo procedimiento, el cual se detalla a continuación:

- Extracción de tierra
- Mezcla de tierra con aserrín
- Humedecer la mezcla y batir
- Moldeado de la mezcla
- Secado del molde en el suelo

- Secado del molde en ruma a temperatura ambiente
- Preparación del montículo de cocción, y
- Cocción del ladrillo (anexo 3 al 7)

Montenegro (2014) manifiesta que esto se debe a que la producción de ladrillos es una actividad ancestral y que el proceso de fabricación de ladrillos pasa de generación en generación, asimismo Quijano et al. (2014) añade que la actividad ladrillera se ha venido desarrollando por familiares que han transferido sus conocimientos del proceso de fabricación a sus descendientes el cual comprende extracción de arcilla, preparación, mezcla, moldeo, secado al sol, y cocción para lo cual utilizan la leña como combustible

Pregunta 2. ¿Cuántos hornos tiene su ladrillera?

La cantidad de hornos en las ladrilleras de la zona de estudio varía según la demanda del producto y la época del año:

- **L1:** No posee horno de cocción, para quemar ladrillos trabaja en conjunto con la ladrillera 4 (L4).
- **L2:** Posee un solo horno de cocción.
- **L3:** Posee un horno de cocción, si las ventas aumentan arman un horno pequeño temporal.
- **L4:** Posee un horno de cocción, si la demanda del producto aumenta arman otro horno pequeño temporal.

Pregunta 3. ¿Cuántos trabajadores laboran en el lugar?

El número de trabajadores en las ladrilleras varía según la demanda del producto, presupuesto de los dueños, precipitaciones y disponibilidad de los trabajadores:

L1: No cuenta con trabajadores fijos dependiendo de la solicitud del producto contratan cinco trabajadores temporales no muy a menudo.

L2: Cuenta con cinco trabajadores si las ventas aumentan máximo siete.

L3: Cuenta con ocho trabajadores, cuando la demanda del producto aumenta máximo diez.

L4: Normalmente cuenta con 12 trabajadores, pero en época lluviosa hay ocho debido a que los demás se dedican a trabajos de agricultura.

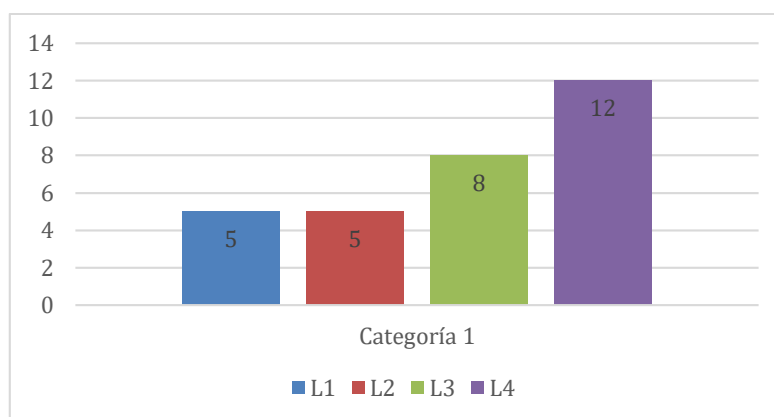


Figura 4. 1. Número de trabajadores

Fuente. Autores

La disponibilidad de tiempo de los trabajadores del sector ladrillero cumple un rol importante en esta actividad, Tenesaca y Rasco (2017) añaden que normalmente los trabajadores del sector ladrillero no poseen un alto nivel de instrucción académica, por lo que se dedican a diversas actividades como fuente de remuneración, por ello en las épocas secas se dedican a la producción de ladrillos y en época lluviosa a la agricultura.

Pregunta 4. ¿Qué materiales utilizan para la elaboración de ladrillos?

De acuerdo a los datos obtenidos en la entrevista, los materiales utilizados son los mismos en las ladrilleras artesanales de la zona de estudio, los cuales son: tierra arcillosa, aserrín, agua, leña, diésel. Según lo estipulado por Lozano y González (2016) la arcilla es un material de origen natural que al entrar en contacto con el agua se convierte en una masa plástica y cuando es sometido a altas temperaturas adquiere una consistencia dura, y de acuerdo a sus propiedades es empleada para la elaboración de ladrillos.

Pregunta 5. ¿Qué herramientas utilizan para el proceso productivo?

Se evidenció que los productores de ladrillos artesanales utilizan varias herramientas, destacando los cajones de madera, azadón, pala, machete, carreta. Álvarez (2014) manifiesta que el uso de herramientas en el proceso de fabricación de ladrillos es de suma importancia ya que ayudan a la disminución de partículas grandes, limpieza, transporte de materiales, así como también ayudan a obtener una mezcla homogénea de los demás ingredientes necesarios en el proceso de fabricación de ladrillos.

Pregunta 6. ¿Qué tipo de leña utilizan para la cocción de ladrillos?

Según los datos obtenidos en la entrevista los productores de ladrillos manifiestan que utilizan cualquier tipo de madera dura que sea buena para la cocción, resistente al agua, que genere brasas de manera que aceleren el calor, así mismo ellos mencionan que la leña que más utilizan es la del laurel (*Cordia alliodora*), pela caballo (*Leucaena trichode*), guasmo (*Guazuma ulmifolia*), Bravo (2014) menciona que la leña dura genera una llama corta y duradera por lo que se la utiliza más como combustible, a diferencia de la madera blanda que se enciende velozmente con una llama alta y poco duradera sin la generación de brasas

Pregunta 7. ¿Cuántas horas permanece(n) encendido(s) el/los hornos(s) durante la cocción de ladrillos?

De acuerdo con los resultados obtenidos el tiempo de encendido del horno depende de la calidad de la leña, según los productores de ladrillos ellos añaden leña durante unas ocho a 10 horas con el fin de que el fuego llegue hasta la tercera fila de ladrillos y darle una mayor intensidad al fuego, una vez que el fuego tome fuerza, el proceso avanza por sí solo permaneciendo de entre tres a cinco días, hasta que finalice la cocción. Peñaherrera (2019), afirma que la introducción de leña en la fase inicial es con el fin de dar una mayor intensidad al fuego y lograr la quema de los ladrillos aumentando la temperatura, debido a que los tiempos de quema son de vital importancia para conseguir las propiedades finales en el producto, asimismo Álvarez (2014), menciona que el tiempo que se requiere para la quema de ladrillos va a

depender de las condiciones climáticas, promedio de ladrillo y las características del combustible (leña).

Pregunta 8. ¿Qué cantidad de ladrillos producen en cada quema (capacidad del horno)?

En la figura 4.2. se estipulan el máximo de ladrillos que quema por semana cada ladrillera, además es posible observar una gran diferencia en la cantidad de ladrillos que producen, los productores mencionan que dependen de las condiciones climáticas, disposición de la mano de obra, adquisición de materia prima, así mismo manifiestan que en tiempos de la época lluviosa la producción se ve afectada, llegando a perder gran cantidad de materia prima y una baja en la demanda del producto, cabe mencionar que no se incluyen los datos de cocción de la ladrillera uno debido a que no cuenta con un horno, realiza su proceso productivo no muy a menudo y en conjunto con la ladrillera cuatro, las ladrilleras dos, tres y cuatro queman ladrillos cada semana o en un máximo de diez días. Según Piloso (2016), la producción de ladrillos varía de acuerdo al número de trabajadores, las condiciones climáticas presentes y la demanda del producto.

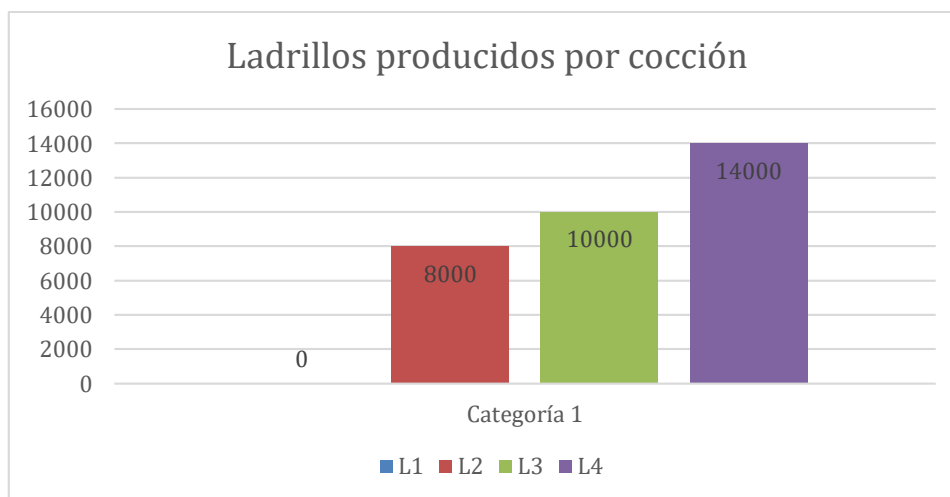


Figura 4. 2. ¿Qué cantidad de ladrillos producen en cada quema (capacidad del horno)?

Fuente. Autores

En la figura 4.2. se observa que la ladrillera cuatro (L4) es la que produce mayor cantidad de ladrillos en el sector, además el dueño de la ladrillera manifestó que en ocasiones arman un horno con una capacidad de hasta 16.000 ladrillos, Álvarez (2014) indica que los hornos artesanales tienen una capacidad de 8.000 a 10.000 ladrillos y dependiendo de la disponibilidad de materia prima hasta 14.000 ladrillos, aun así Alonso *et al.*, (2015), manifiestan que existen hornos artesanales con una capacidad de 30.000 hasta 32.000 ladrillos por quema.

Pregunta 9. ¿Cuál es la producción mensual de ladrillos?

De acuerdo a los entrevistados la producción depende de la disposición de la materia prima, la demanda del producto y se ve afectada por las precipitaciones, en la figura 4.3. se observa gran diferencia entre la producción de las ladrilleras de la zona estudio, siendo la ladrillera cuatro la de mayor producción. La producción del ladrillo requiere de condiciones climáticas favorables para su calidad, motivo por el cual en los meses de época lluviosa la producción disminuye, debido a que las bajas temperaturas y precipitaciones dificultan la producción, Deleg (2010), afirma que existen ladrilleras que en las épocas lluviosas no trabajan continuamente en la fabricación de ladrillos y sus obreros se dedican a la siembra y cosecha de cultivos. En la figura 4.3. Se detalla la producción mensual de cada una de las ladrilleras de la zona de estudio.

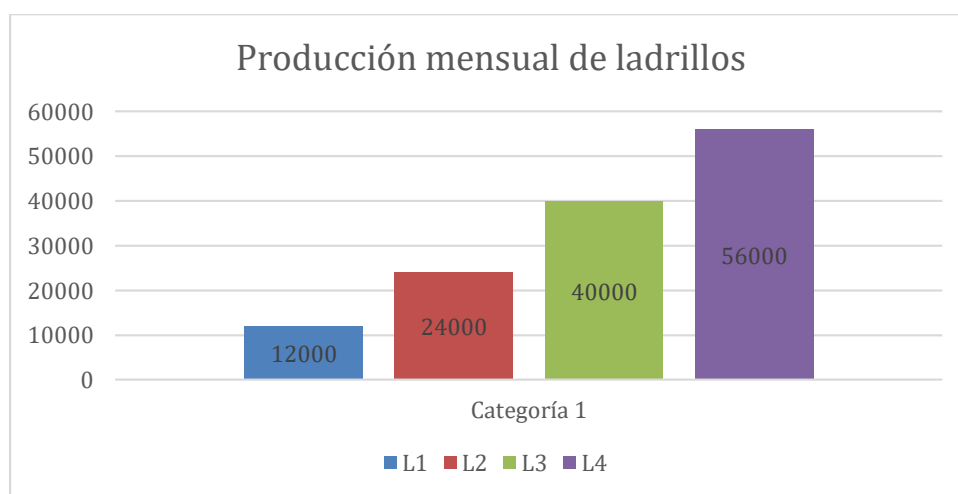


Figura 4. 3. ¿Cuál es la producción mensual de ladrillos?

Fuente. Autores

Pregunta 10. ¿Qué tiempo toma el proceso de elaboración de ladrillos desde su etapa inicial?

El tiempo del proceso de fabricación de ladrillos desde su etapa inicial hasta que finaliza es muy variado en las diferentes ladrilleras, debido a que va a depender de la cantidad de mano de obra necesaria, presupuesto, disposición de leña, variaciones climáticas, etc. En la figura se observa una similitud entre la ladrillera 2, ladrillera 3 y ladrillera 4, en el cual la obtención del producto terminado demora una semana pudiendo llegar a un máximo de diez días, en cambio en la ladrillera uno resalta un término de 30 días debido a su producción no muy continua.

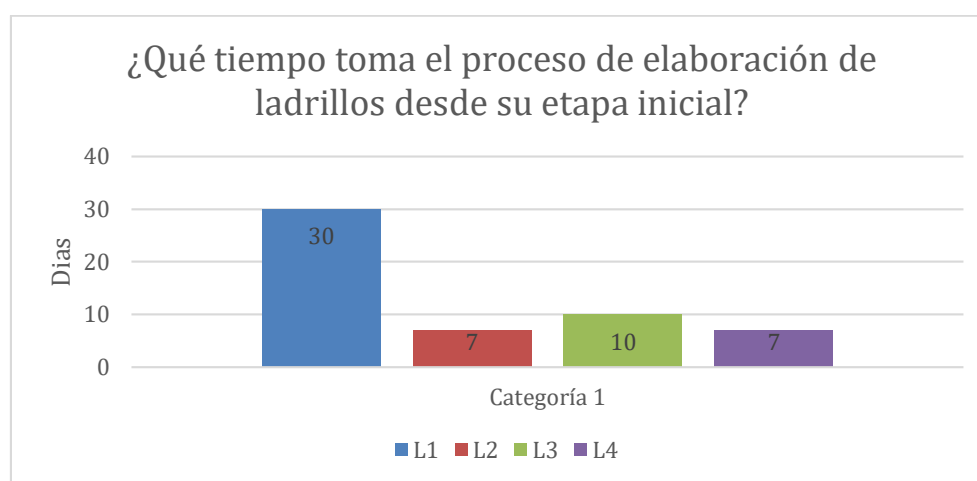


Figura 4. 4. ¿Qué tiempo toma el proceso de elaboración de ladrillos desde su etapa inicial?
Fuente. Autores

Pregunta 11. ¿Cree usted que el humo que genera su ladrillera produce daños al ambiente?

El 75% de las ladrilleras entrevistadas aseguró que actualmente el clima está cambiando debido a las diferentes actividades antropogénicas que se llevan a cabo sin medidas de control, por lo que la emisión de humo en las ladrilleras durante el proceso de cocción si afecta a las personas y al medio ambiente, causando enfermedades respiratorias y pérdida de la biodiversidad debido a que ya no se respira aire libre de partículas.

El 25 % de la población manifestó que, al ser una actividad ancestral, no cree que el humo que genera la ladrillera produzca daños al ambiente debido a costumbres ancestrales en la cual estas prendían fuego para limpiar el terreno y posteriormente realizar sembríos, así mismo manifestó que actualmente la contaminación por la quema de leña no es la causante de enfermedades en personas y del cambio en el clima. Facuna (2007), agrega que la falta de información tiende a que se desconozcan los daños a la salud y al medio ambiente que ocasiona el proceso de elaboración de ladrillos, por ende, Espejel y Flores (2012), manifiestan que es importante concientizar en la población los problemas que conllevan actividades de origen antropogénico.

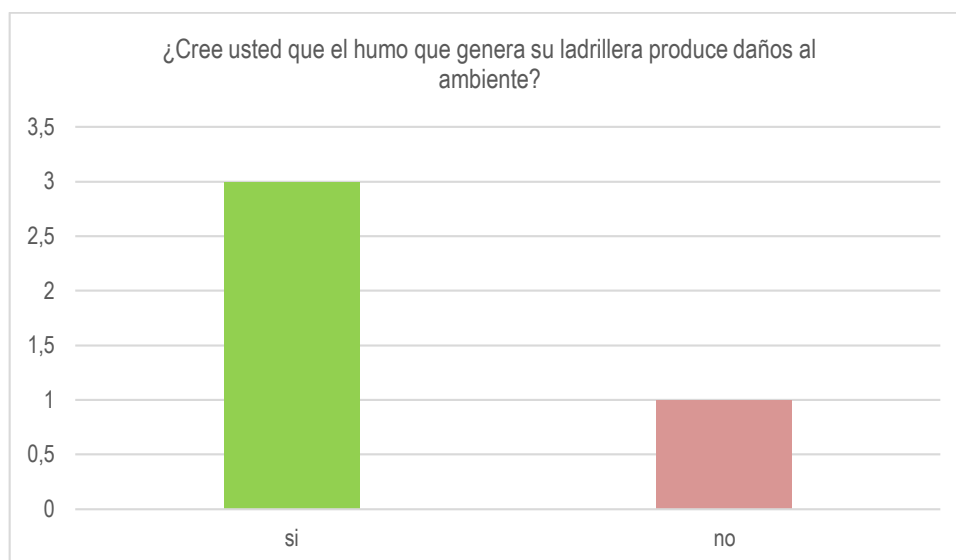


Figura 4. 5. ¿Cree usted que el humo que genera su ladrillera produce daños al ambiente?
Fuente. Autores

4.1.2. Elaboración de diagramas de flujo del proceso productivo del ladrillo en el sector Tres Marías del cantón Chone

Aunque las ladrilleras de la zona de estudio aplican una misma metodología, se realizó un diagrama de flujo para cada ladrillera donde se especifican los tiempos de espera que son diferentes para cada proceso.

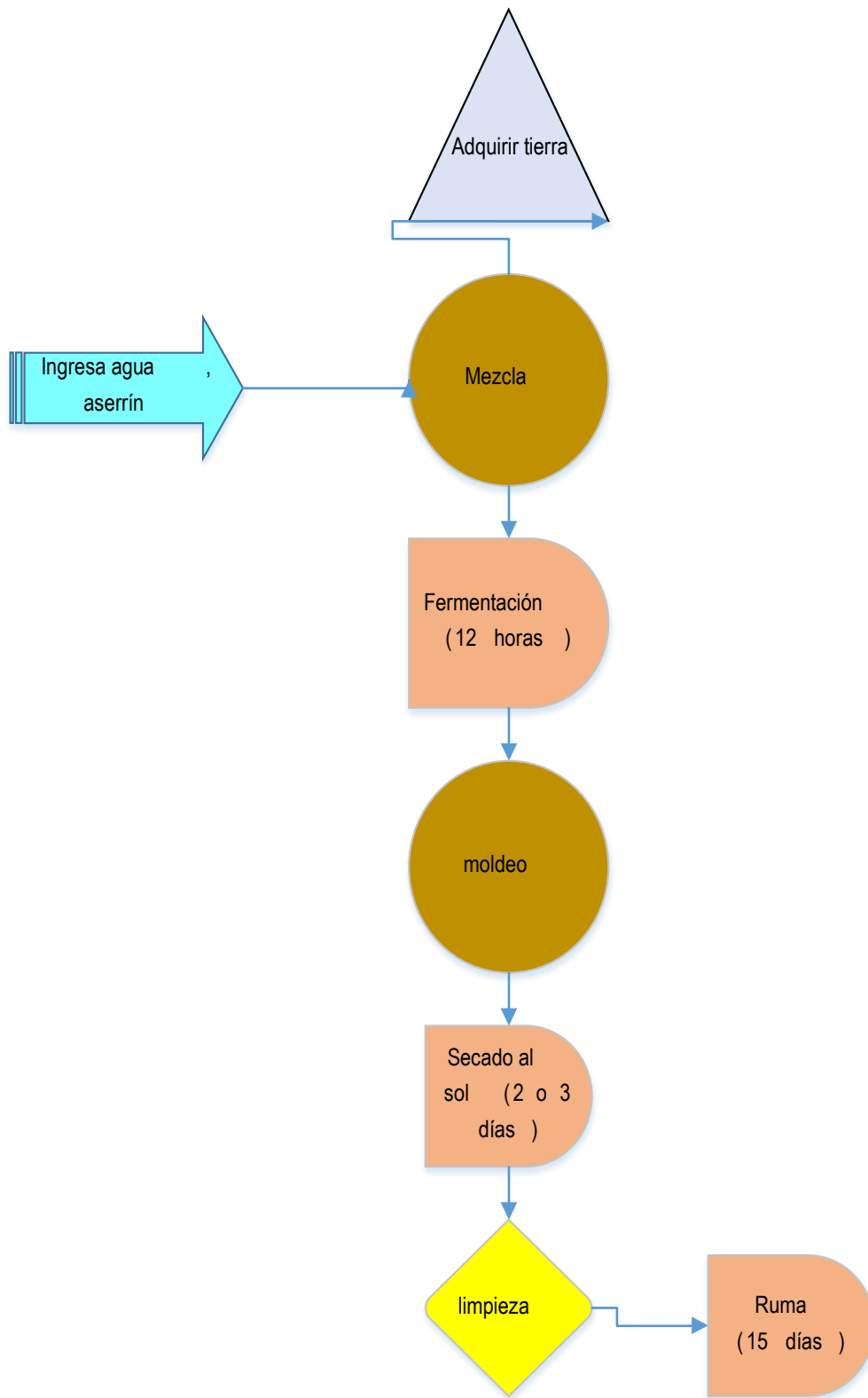


Figura 4. 6. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de la ladrillera 1

Fuente. Autores

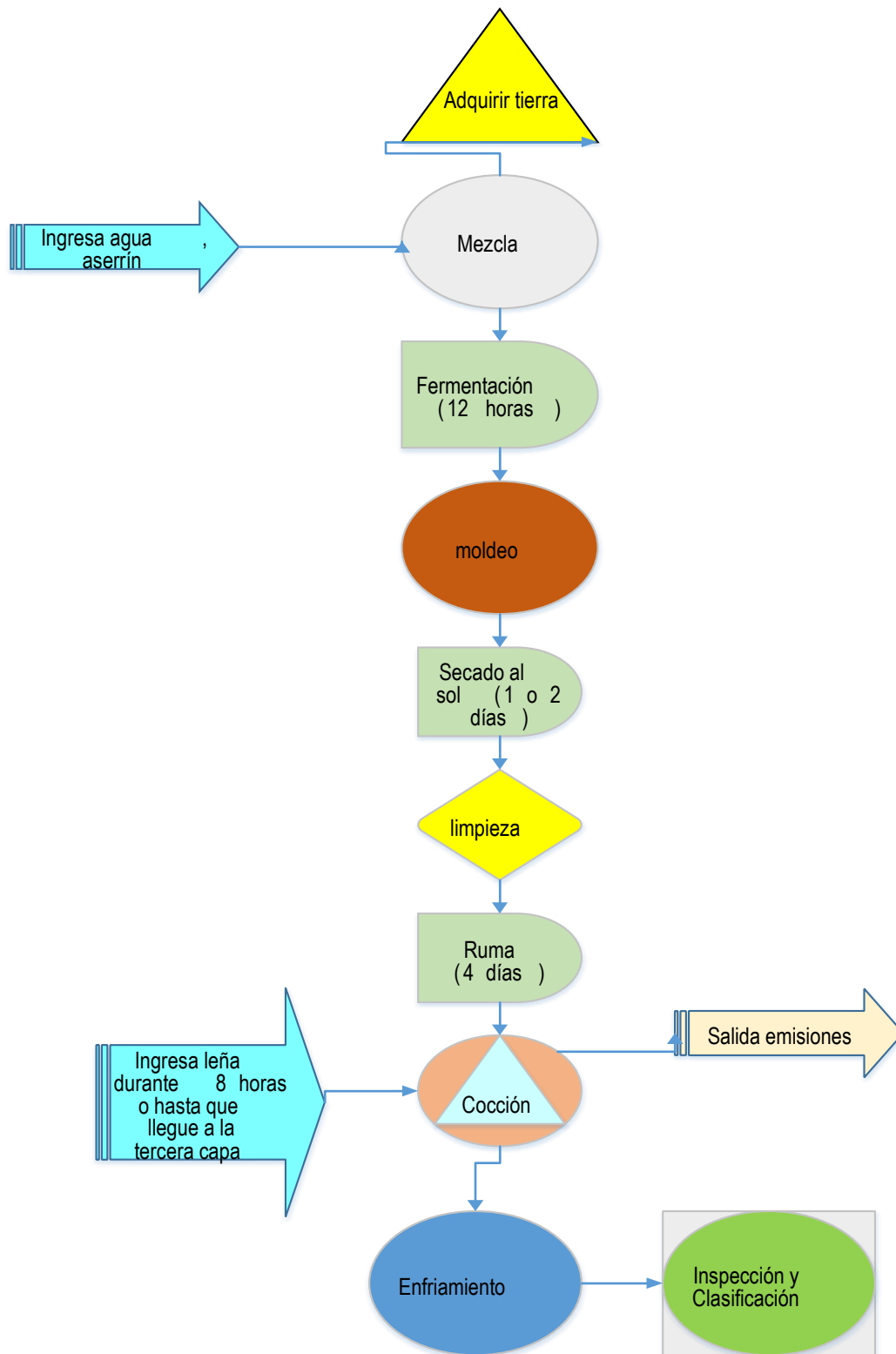


Figura 4. 7. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de la ladrillera 2

Fuente. Autores

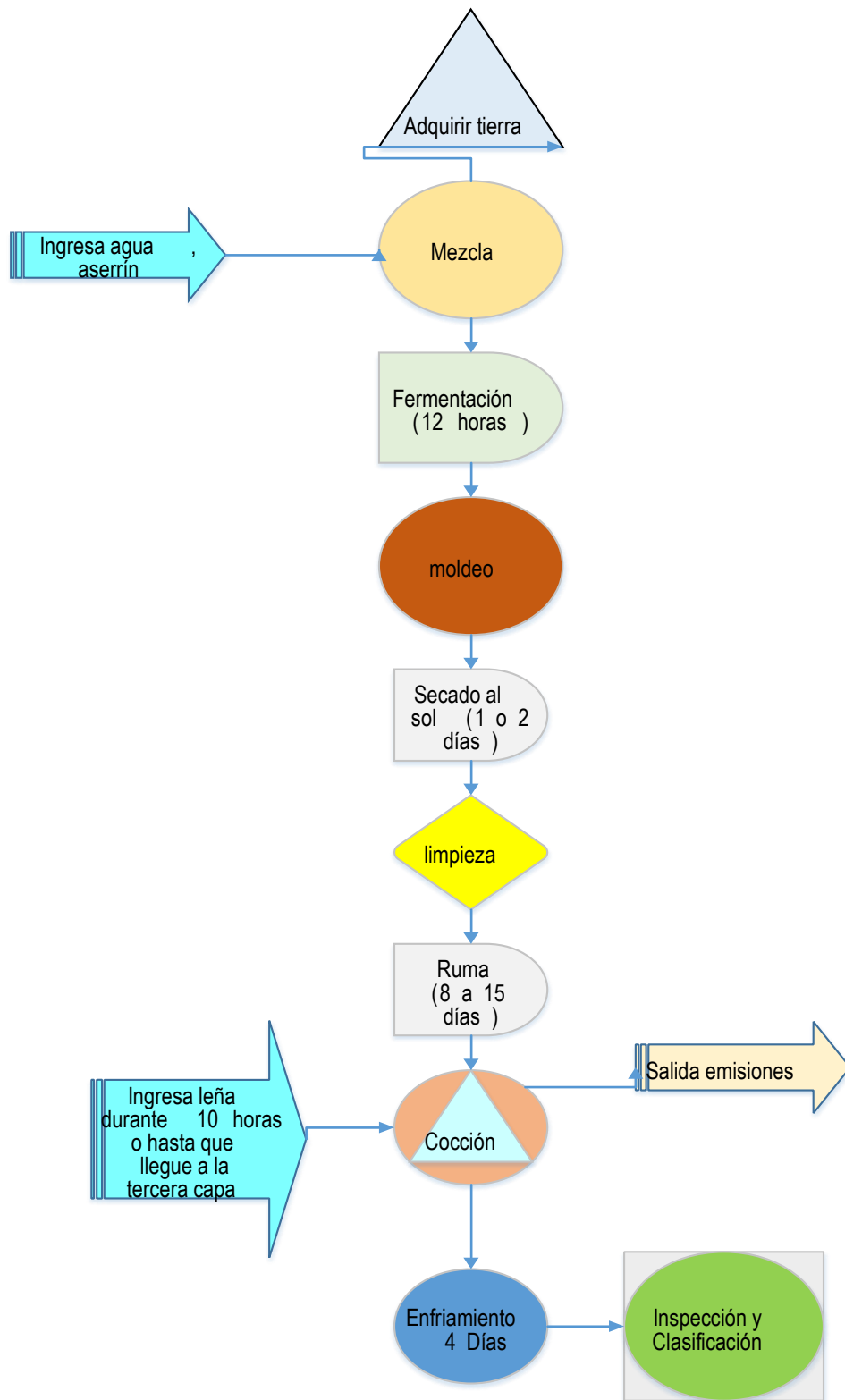


Figura 4. 8. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de la ladrillera 3.

Fuente. Autores

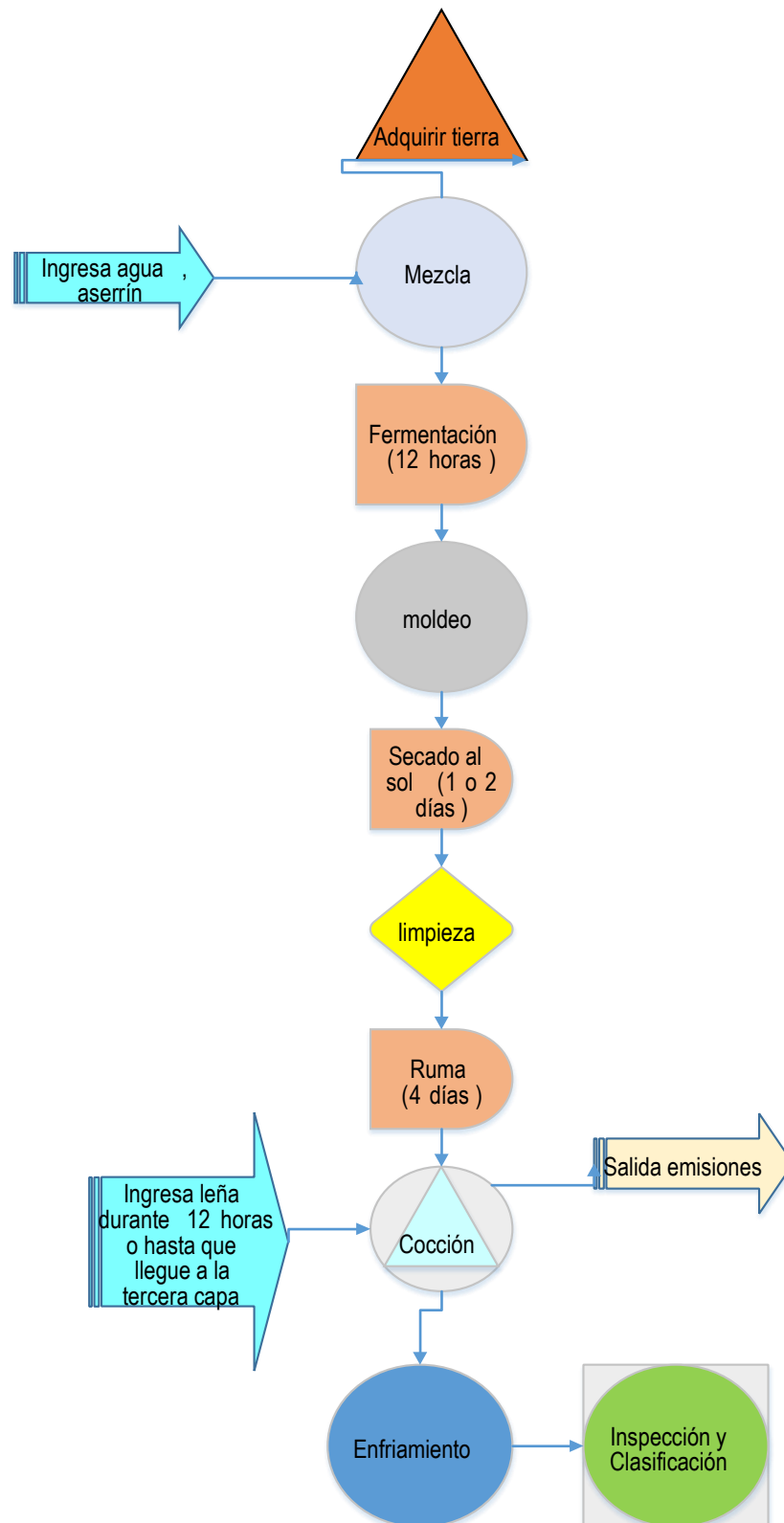


Figura 4. 9. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de la ladrillera 4

Fuente. Autores

4.2. ESTIMAR LA CONCENTRACIÓN DE EMISIONES DE MONÓXIDO DE CARBONO EN LA LADRILLERA DEL SECTOR TRES MARÍAS – CHONE PARA LA VALORACIÓN DE SU CUMPLIMIENTO DE ACUERDO CON LA NORMATIVA AMBIENTAL.

4.2.1. Definir la cantidad de ladrilleras a monitorear.

Como objeto de estudio se designó a la ladrillera 4 (anexo 8), ya que además de contar con la disponibilidad del dueño de la ladrillera, es la que genera mayor producción de ladrillos en la zona de estudio, tal como se estipulo en la figura 4.2 detallado en la fase anterior.

4.2.2. Calcular el factor de emisión de monóxido de carbono.

Para el desarrollo de esta actividad se necesitó recopilar la información de:

- Producción de ladrillos (11.000 ladrillos/semana)
- Masa de la leña (3554,76 kg), para esta actividad se utilizó una balanza industrial, donde se pesaron los troncos de leña que se utilizaron como combustible para la cocción de ladrillos, para una mayor comodidad y exactitud de los datos, a medida que se pesaron los troncos se tomaron las dimensiones de longitud y perímetro para calcular su volumen, cabe recalcar que los troncos de mayor tamaño se pesaron de forma individual y los troncos pequeños en agrupaciones mínimas (anexo 9).
- Volumen de la leña utilizada en la cocción (2,6606 m³), donde se realizaron las respectivas mediciones y cálculos de la misma (anexo 10-A y 10-B).

A continuación, en la **tabla 4.1** se detallan los datos recolectados durante el trabajo de campo, necesarios para el cálculo del factor de emisiones de monóxido de carbono.

Tabla 4. 1. Datos generales para el cálculo del factor de emisiones.

Masa de la leña (kg)	Volumen de leña (m ³)	Producción de ladrillos (lad/sem)
3554,76	2,6606	11.000

Fuente. Autores

Estos datos fueron recolectados en campo y sirvieron para calcular la densidad de la leña quemada y el consumo de combustible por ladrillo que posteriormente permitieron calcular el factor de emisiones de monóxido de carbono.

- Densidad de la leña

$$\rho = \frac{M}{V}$$

$$\rho = \frac{3554,76 \text{ kg}}{2,6606 \text{ m}^3}$$

$$\rho = 1336,09 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

- Consumo de combustible

$$CC = \frac{V * \rho}{P}$$

$$CC = \frac{2,6606 \text{ m}^3 * 1336,09 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{11.000 \text{ lad}}$$

$$CC = \frac{3.554,80 \text{ kg}}{11.000 \text{ lad}}$$

$$CC = 0,32 \frac{\text{kg}}{\text{lad}}$$

- Factor de emisiones de monóxido de carbono

$$Ec = FE * CC * Na$$

$$Ec = 1,97 \times 10^{-5} \frac{\text{ton}}{\text{kg}} * 0,32 \frac{\text{kg}}{\text{lad}} * 11.000 \frac{\text{lad}}{\text{sem}}$$

$$Ec = 0,07 \frac{\text{ton}}{\text{sem}}$$

El factor de emisión de monóxido de carbono en la producción de ladrillos es de 0,07 ton/sem, aproximadamente en un año el factor de emisiones de CO es de 3,64 ton/año (tabla 4.2 y figura 4.10). Estudios realizados por Jaya y Gomezcoello (2012), en el

noroccidente de la ciudad de Cuenca determinaron que el factor de emisiones depende del volumen de leña que se queme y la cantidad de ladrillos por cocción, por ende, mostraron resultados de 49.85 ton/año correspondiente a un factor de emisión de CO de 0.95 ton/sem para un aproximado de 45000 ladrillos semanales.

Tabla 4. 2. Aproximación del factor de emisiones de CO por periodo de tiempo.

Factor de emisiones de CO (ton/prod(semanal))	Factor de emisiones de CO (ton/prod(mensual))	Factor de emisiones de CO (ton/prod(anual))
0,07	0,28	3,64

Fuente. Autores

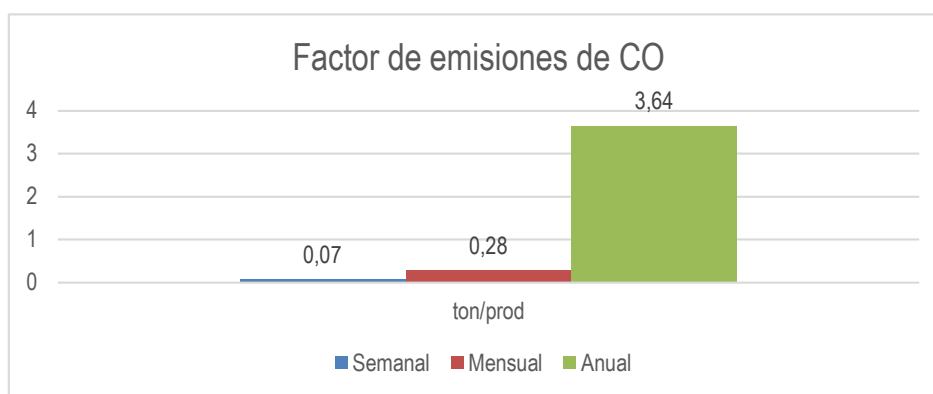


Figura 4. 10. Aproximación del factor de emisiones de CO por periodo de tiempo.

Fuente. Autores

4.2.3. Medir la concentración de monóxido de carbono.

La medición de emisiones de monóxido de carbono en la ladrillera designada como objeto de estudio se llevó a cabo en un solo día en la jornada vespertina, en conjunto con el laboratorio ELICROM CIA. LTDA (anexo 11) con el analizador de gases Testo T350 debidamente calibrado y con su certificación (anexo 12-A y 12-B); los cuatro puntos de muestreo que se tomaron como referencia del horno de cocción de ladrillos (anexo 13) sirvieron para designar un solo punto que representó con mayor exactitud la técnica de muestreo isocinético, el técnico del laboratorio ELICROM mencionó que en dicho punto los gases mantenían un flujo constante de emisión a diferencia de los demás que se presentó una pérdida de gases (tabla 4.3 y anexo 14).

Tabla 4. 3. Valores de las mediciones de emisiones de CO en el punto seleccionado de muestreo.

Punto de monitoreo		
Día	Hora	Valores de emisiones de CO (ppm)
Jueves	4:30 pm	6.445
	4:33 pm	2.248
	4:36 pm	3.392
	4:39 pm	4.645
	4:42 pm	4.278
	4:45 pm	4.597
	4:48 pm	1.025
	4:51 pm	1.418

Fuente. ELICROM CIA. LTDA y Autores

El laboratorio proporcionó el resultado general de la evaluación de las emisiones realizadas al punto de muestreo del horno artesanal de cocción de ladrillos (tabla 4.4), teniendo un total 3.621,9 mg/Nm³ de concentración de emisiones de monóxido de carbono. Un estudio de emisiones de gases en hornos artesanales realizado por Cabrera y Faicán (2019), en Sinincay parroquia de Cuenca determinaron concentraciones de CO entre 1.000 y 3.000 mg/Nm³, valores altos debido a la falta de tecnificación en ladrilleras artesanales. Jaya y Gomezcoello (2012), mencionan que las emisiones de gases contaminantes provenientes de hornos artesanales se relacionan con la baja eficiencia energética y falta de tecnificación en la construcción de los mismos, ya que son construidos por iniciativa propia, sin investigaciones previas y por los mismos trabajadores de la ladrillera.

Tabla 4. 4. Concentración de emisiones de CO

Concentración de CO en el horno artesanal				
Parámetro	Valor encontrado	Unidad	Valor Corregido	Unidad
CO	3.506	ppm	3.621,9	mg/Nm ³

Fuente. ELICROM CIA. LTDA y Autores

4.2.4. Comparar los resultados de la concentración de CO en la emisión de la ladrillera de acuerdo con la normativa ambiental

En la tabla 4.5. se aprecian los valores reportados por el laboratorio ELICROM, CIA. LTDA así como también los límites máximos para la emisión de contaminantes de fuentes fijas incluidas las de combustión abierta mencionadas en la tabla 1 anexo 3 del TULSMA (2013).

Tabla 4. 5. Comparación de los resultados (CO) con la normativa ambiental TULSMA

Parámetro	Resultado ELICROM	Unidad	Límite Máximo Permisible 1800 mg/Nm ³	Cumplimiento
CO	3.621,9	mg/Nm ³	1.800 mg/Nm ³	NO CUMPLE

Fuente. Autores

Con los datos obtenidos de la concentración de la emisión de monóxido de carbono durante el proceso de cocción de ladrillos, se evidenció que este, está por encima de los límites máximos permisibles establecidos en la Tabla 1 del anexo 3 del TULSMA (2013), por lo tanto el horno artesanal del sector Tres Marías del Cantón Chone no cumple con los límites máximos permisibles, ya que presentó un valor de 3.621,9 mg/Nm³, mismo que excede los 1.800 mg/Nm³ establecido en la Normativa Ambiental Ecuatoriana, Fonseca (2018) añade que las causas que derivan un elevado nivel de CO y que sobrepase los límites máximos permisibles, se debe al diseño del horno en el cual no se obtiene una combustión completa, así como también el tipo de materia prima utilizada para la cocción de ladrillos. Según Arango y Rodríguez (2017), los hornos artesanales presentan niveles altos de contaminación, debido a la combustión incompleta al momento de la quema de la leña, además menciona que las elevadas concentraciones en un horno artesanal pueden afectar la salud de las personas y el ambiente en general, además Iparraguirre y Valdivia (2018), afirman que la producción de ladrillos al ser una actividad informal, deficiente de tecnologías y al no recibir ningún tipo de asesoramiento técnico generan contaminación al medio ambiente, debido al uso de diferentes combustibles (leña, plástico, etc.) al momento de realizar la quema. Aun así, Alarcón y Burgos (2015), afirman que en la actualidad los productores de ladrillos buscan implementar formas de trabajo que sean amigables con el medio ambiente y mitiguen los daños ya generados; tal es el caso de los hornos ecológicos que tienen por objetivo la reducción de emisiones contaminantes y aumento de la productividad (Lara *et al.*, 2017).

ANÁLISIS COMPARATIVO.

Se realizó el análisis comparativo entre las emisiones de CO y el límite máximo permisible de CO dispuesto por el anexo 3 del TULSMA tabla 1, en la **figura 4.11.** se

observa la diferencia entre ambos valores y el excedente de las emisiones de CO en la ladrillera del sector Tres Marías. La ladrillera de estudio emite 3.621,9 mg/Nm³ de CO en el proceso de cocción, el cual excede en un 101,22% el límite máximo permisible de CO dispuesto por la normativa ambiental ecuatoriana (1.800 mg/Nm³). En un estudio realizado en Latacunga por Fonseca (2018), se encontraron valores de emisión de CO mayores a 15.000 mg/Nm³ que exceden en gran porcentaje los límites dispuestos por el TULSMA, además Fonseca recalca que el CO se origina en grandes cantidades por la combustión incompleta de la leña debido al diseño del horno.

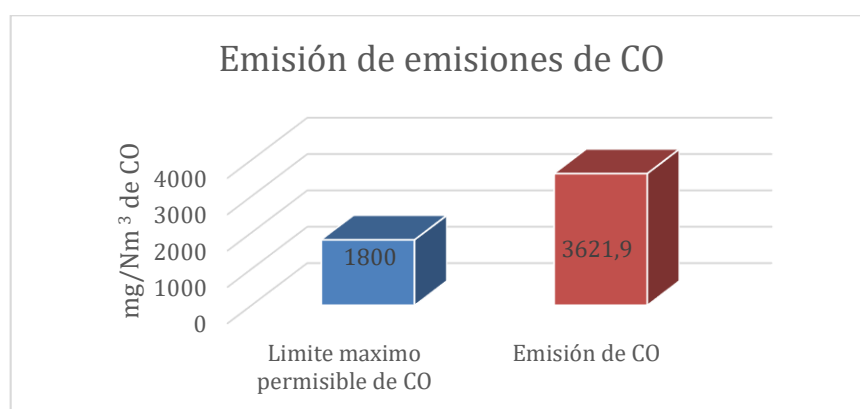


Figura 4. 11. Comparación entre el límite máximo permisible y las emisiones de CO de la ladrillera de estudio

Fuente. Autores

4.3. DISEÑAR UN HORNO ECOLÓGICO EN LA LADRILLERA DEL SECTOR TRES MARÍAS - CHONE PARA LA MITIGACIÓN DE EMISIONES DE CO DURANTE EL PROCESO DE COCCIÓN DE LADRILLOS

4.3.1. Diseñar un horno ecológico tipo MK3

Con base en los parámetros de diseño del horno ecológico tipo MK3 propuesto por Luján y Guzmán (2015), se elaboraron los planos respectivos del horno utilizando el programa de diseño AUTOCAD 2019, en el cual se trabajó con una escala de 1:100.

El horno ecológico MK3 cuenta con tres cámaras de cocción interconectadas entre sí por ductos subterráneos, en la figura 4.12. se detallan las conexiones y medidas de los tres hornos, uno de estos hornos sirve para la cocción de ladrillos y el humo emitido en este es enviado al segundo horno, el cual tiene la finalidad de aprovechar el calor para pre cocinar los ladrillos que se ubican en esa cámara y sirve como filtro de emisión de gases, el tercer horno tiene la finalidad de reducir los tiempos de espera, ya que los otros dos hornos están ocupados en el proceso de cocción y filtro, se aprovecha el tercero para cargar ladrillos para que esta cámara sirva de filtro a los ladrillos que ya están precocinados de la cocción anterior. Martínez *et al.* (2019), afirman que la implementación del horno MK3 alcanza temperaturas más altas en menor tiempo y asimismo reduce el 50% de la cantidad de combustible a utilizar, minimizando la emisión de contaminantes con el uso del horno que funciona como filtro.

En las **figuras 4.12, 4.13, y 4.14.** se exponen a escala piloto tres diferentes planos del diseño del horno ecológico MK3, con sus respectivas medidas.

Además de los planos, se elaboró un prototipo físico del horno ecológico MK3 en 3D utilizando los programas Sketchup y Lumion 8 para una mejor representación de la forma de este tipo de horno (figuras 4.15 y 4.16).

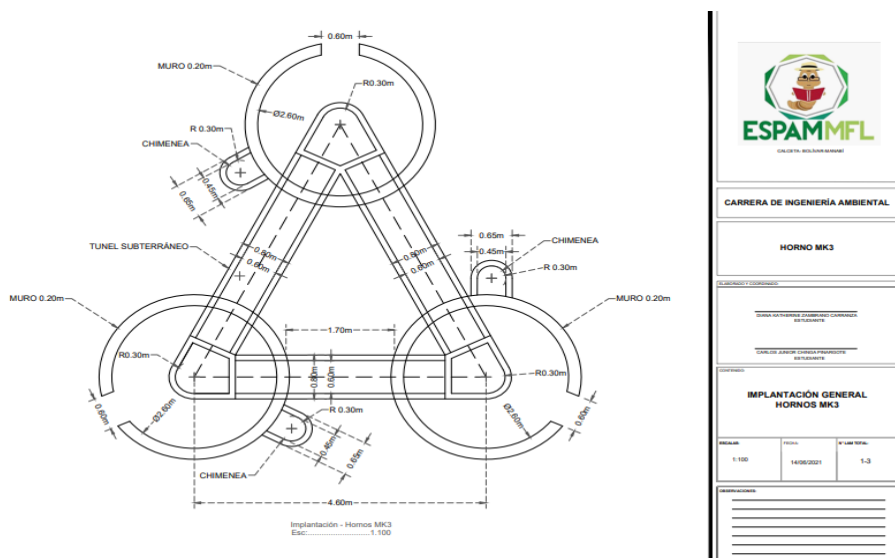


Figura 4. 12. Plano general del horno ecológico MK3

Fuente. Autores

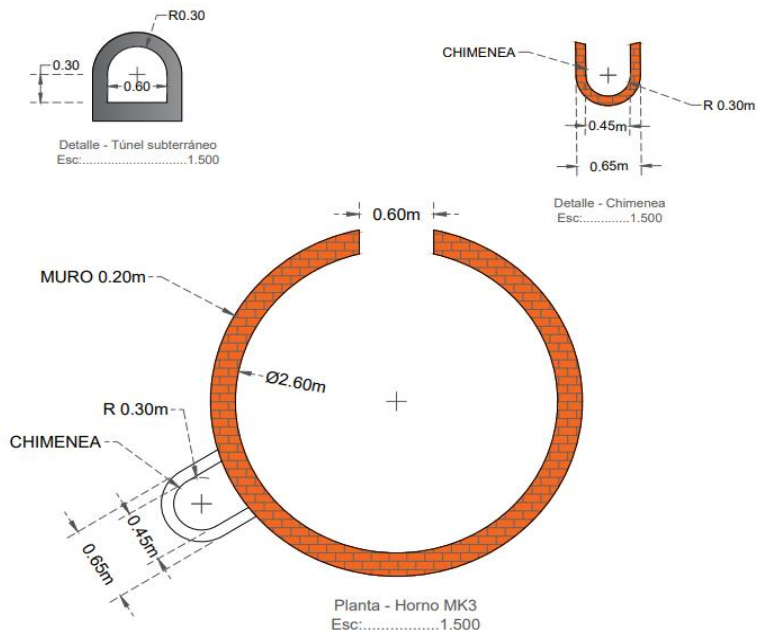


Figura 4. 13. Detalles planta, túnel y chimenea

Fuente. Autores

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL		
HORNO MK3		
ELABORADO Y COORDINADO:		
DIANA KATHERINE JAMBRINO CARRANZA ESTUDIANTE		
CARLOS JUANER CHENGA PIRANGOTE ESTUDIANTE		
CONTENIDO:		
HORNO MK3 - DETALLES		
ESCALA:	FECHA:	Nº LAM TOTAL:
1:500	14/06/2021	2-3
OBSERVACIONES:		

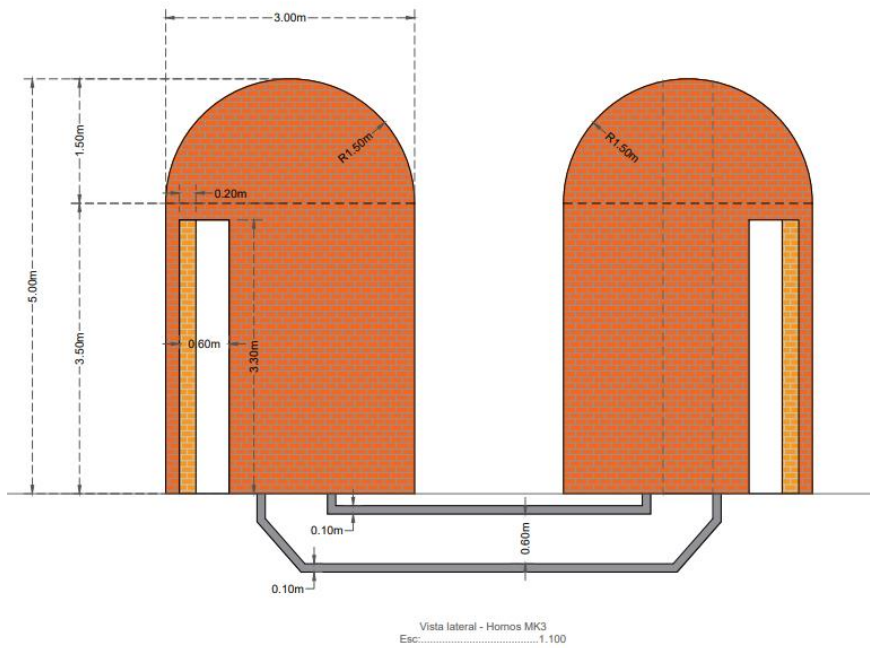


Figura 4. 14. Vista lateral del horno MK3

Fuente. Autores

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL		
HORNO MK3		
ELABORADO Y COORDINADO:		
DIANA KATHERINE JAMBRINO CARRANZA ESTUDIANTE		
CARLOS JUANER CHENGA PIRANGOTE ESTUDIANTE		
CONTENIDO:		
VISTA LATERAL - HORNOS MK3		
ESCALA:	FECHA:	Nº LAM TOTAL:
1:100	14/06/2021	3-3
OBSERVACIONES:		



Figura 4. 15. Prototipo 3D horno ecológico

Fuente. Autores

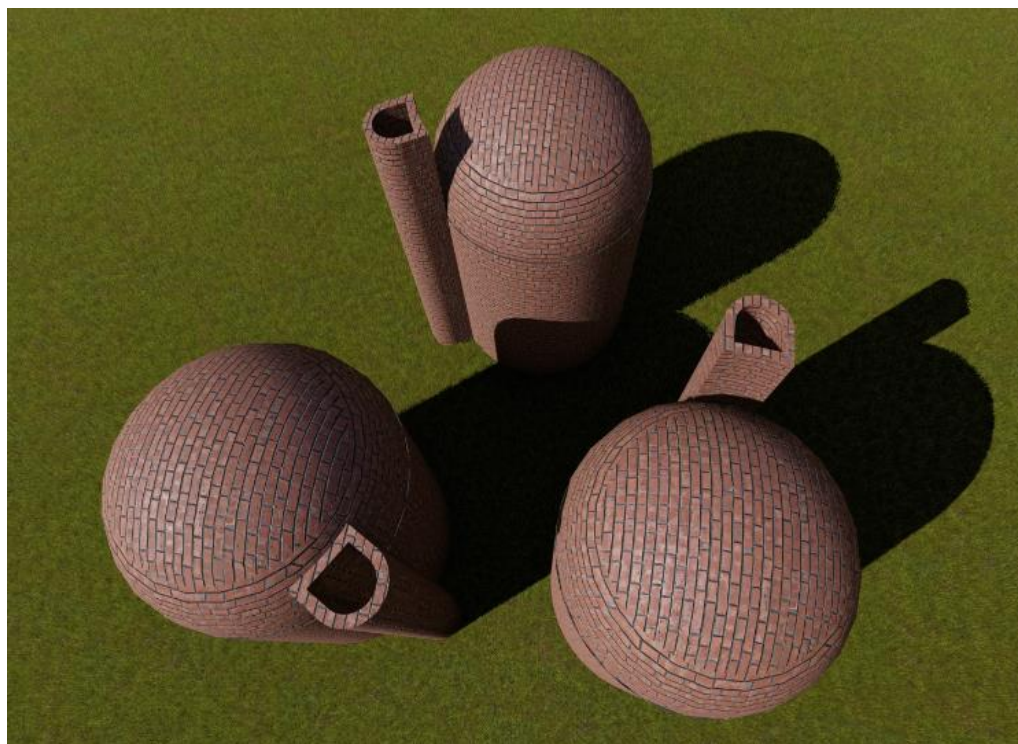


Figura 4. 16. Vista superior prototipo 3D horno ecológico

Fuente. Autores

Lara *et al.*, (2017), asegura que la implementación del horno ecológico tipo mk3 ayuda a reducir los contaminantes emitidos durante la cocción, un estudio realizado en la Ciudad Juárez, México por González (2010), declaró que los hornos ecológicos ayudan a minimizar un 54% de las emisiones totales, disminuyen en un 83% las partículas totales emitidas durante la cocción y reduce un 53% el total de combustible empleado, Luján y Guzmán (2015), afirman que dicha reducción del total de emisiones se debe al transporte de los gases emitidos de la cámara de cocción de ladrillos a la cámara de filtro con la finalidad de aprovechar el calor, aun así, para Romo *et al.*, (2004), la implementación de los hornos ecológicos no ha tenido el impacto que se esperaba, debido a que los productores de ladrillos no han recibido la capacitación debida para el manejo del mismo, aparte recalcan que los productores prefieren la quema de ladrillos en sus hornos artesanales ya que ellos aseguran que en los hornos ecológicos la producción salía quemada o cruda, y perdían tiempo, dinero y trabajo.

De acuerdo a Ramírez (2017) los hornos ecológicos tipo MK2 tienen un costo de implementación de aproximadamente de 25.000 pesos mexicanos por cada cámara, lo que resultaría un total de 75.000 pesos mexicanos para el horno ecológico MK3 que cuenta con tres cámaras, dicho valor es un costo equivalente a 3.650,55 dólares americanos.

En la **tabla 4.6** se observa un valor aproximado para lo que es la fabricación del horno ecológico tipo MK3 desde su fase inicial, donde se incluyen los valores de materiales, equipos a utilizar durante el proceso de cocción y mano de obra; obteniendo un valor aproximado de 5.977 dólares americanos una vez concluida la elaboración del horno. Cabe mencionar que el costo de los ladrillos se incluyó para obtener un valor total en todo el proceso de fabricación del horno, pero debido a que este es hecho por el mismo dueño tendrá un valor algo menor al momento de realizar la construcción del horno ecológico, debido a que no tiene que adquirirlo al precio ya establecido en la **tabla 4.6**. Asimismo, se estima que los valores establecidos en la tabla ya sea de materiales y equipos pueden variar de precio en el mercado dependiendo su demanda.

Tabla 4. 6. Costo de implementación del horno ecológico MK3

COSTO DE LA FABRICACIÓN DEL HORNO ECOLÓGICO MK3				VALOR TOTAL
materiales	cantidad	Valor unitario	Total	
ladrillos	9.300	0.15	1.395	\$2.128
sacos de cemento	50	8	400	
Sacos de arena	150	1	150	
Sacos de piedra	20	1	20	
Alambre	3 lb	1	3	
Varillas de 10	5	15	75	
Varillas de 8	5	11	55	
Baranda de seguridad	3	10	30	
COSTO DE LA MANO DE OBRA				
Mano de obra	Valor semanal	Valor mensual	Total	
Maestro	150	600	1080	\$1.080
Oficial	120	480		
COSTO DE EQUIPOS PARA LA OPERACIÓN DEL HORNO ECOLOGICO MK3				
Equipo	Cantidad	V. unitario	Total	
Ventilador centrífugo	1	215	215	\$2.769
Gas natural	2	3	6	
Escalera metálica	1	130	130	
Variador de frecuencia	1	244	244	
Quemadores atmosféricos	2	1090	2180	
TOTAL			\$5.977	

Fuente. Autores

4.3.2. Socializar las ventajas ambientales del horno ecológico a los trabajadores de la ladrillera

La socialización de las ventajas ambientales y el diseño del horno ecológico MK3 fue realizada en la jornada vespertina al dueño de la ladrillera y a sus trabajadores (anexo 15), el dueño manifestó que hace algunos años tuvo la intención de comenzar un proyecto similar en conjunto con otra ladrillera del sector, en el que tenían como finalidad aprovechar el calor y el humo de la cocción del horno para secar los ladrillos que estaban recién moldeados, pero por falta de presupuesto y por no contar con un terreno propio su iniciativa no se cristalizó. Palomares (2021), establece que los productores de ladrillos están cada vez más interesados en adoptar medidas más rentables y amigables con el medio ambiente. Aun así, para Del Real y Fuentes (2018),

la falta de recursos económicos y deficiente ordenamiento territorial derivan la escasa tecnificación en ladrilleras.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La producción artesanal de ladrillos en el sector Tres Marías- Chone, es una práctica ancestral donde las cuatro ladrilleras del sitio de estudio aplican el mismo proceso de producción y la misma técnica para quemar los ladrillos, sus diferencias resaltan en los tiempos de espera de cada proceso productivo y la cantidad de quemas que realizan al mes.
- La producción artesanal de ladrillos en el sector Tres Marías del cantón Chone emite un total de 3.621,9 mg/Nm³ de monóxido de carbono, el cual excede los 1.800 mg/Nm³ de CO dispuestos como límite máximo permisible para fuentes fijas de combustión en la normativa ambiental, debido a ser un proceso rudimentario de baja tecnificación acogido de generaciones anteriores.
- El horno ecológico tipo MK3 reduce las emisiones de gases contaminantes hasta en un 50 %, ya que permite aprovechar el calor generado durante la cocción para pre-cocinar los ladrillos que se encuentren en el horno filtro; el diseño de este horno fue propuesto a los productores de la ladrillera como medida de mitigación de impactos, propuesta que fue acogida como una idea a futuro debido a los actuales problemas económicos.

5.2. RECOMENDACIONES

- Considerar e implementar el cambio de tecnología para lograr minimizar las emisiones de CO en ladrilleras artesanales.
- Se recomienda a las autoridades analizar la Normativa Ambiental para que se considere en el marco legal ambiental una reestructuración en los límites máximos permisibles de CO para fuentes fijas de combustión abierta.
- Establecer metodologías adecuadas para monitorear las emisiones de CO generadas por las ladrilleras artesanales que utilizan el horno tipo volcán, el cual al no poseer una chimenea se complica la toma de muestras de los contaminantes al momento de la medición con el equipo.

- Se recomienda realizar monitoreo continuo a los hornos artesanales para implementar medidas de mitigación de sus emisiones.
- Es importante realizar más investigaciones en la zona de estudio sobre el nivel de emisión generado por la actividad ladrillera y comparar con los límites máximos permisibles del Anexo 3 del TULSMA.

BIBLIOGRAFÍA

Anexo 3 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.

<http://www.cip.org.ec/attachments/article/401/Anexo%203%20Emisiones%20al%20Aire.pdf>

Alarcón, S. y Burgos, F. (2015). *Plan de manejo ambiental para la ladrillera el Santuario*

[Tesis de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]

<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/3484/plan%20de%20manej?sequence=1>

Alonso, C. y Recarte, D. (2018). *Caracterización de la producción artesanal de*

ladrillo en la provincia de la Pampa. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de la Pampa.] http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/rdata/tesis/a_alocar396.pdf

Alvarado, H. (2014). *Plan de innovación tecnológica en la elaboración de productos*

alfareros, en la vereda pantanitos del municipio de Sogamoso, departamento de Boyacá [Tesis de grado, Escuela de Ciencias Administrativas, Contables,

Económicas y de Negocios - ECACEN]

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/2766/74182796.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

- Álvarez, E. Menéndez, J. Bravo, M. (2018). *Calidad del aire*. [Archivo PDF].
<https://www.orquestra.deusto.es/images/investigacion/publicaciones/informes/cuadernos-orkestra/calidad-del-aire.pdf>
- Álvarez, S. (2014). *Optimización del proceso de mezcla de arcilla para la producción de ladrillos, en el sector artesanal*. [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca].
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/5529/1/TESIS.pdf>
- Álvarez, I., Méndez, J., Bello, B., Benítez, B., Escobar, L. y Zamora, R. (2017). Influencia de los contaminantes atmosféricos sobre la salud. *Revista Médica Electrónica* 39(5). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18242017000500017
- Arango, P. Rodríguez, H. (2017). *Análisis de las emisiones de contaminantes asociados a la fabricación de ladrillos y propuesta de reconversión tecnológica Nemocón –Colombia*. [Tesis de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas Bogotá].
<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/6716/ArangoOrdo%C3%B1ez%C3%81ngelaPatricia2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arias, R., Berenguer, M., Vázquez, J., Silveria, Y. y Alfaro, C. (2018). Disminución de las emisiones de monóxido de carbono con el tratamiento magnético del combustible. *Revista Centro Azúcar* 45(1), 21-31.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2223-48612018000100003&script=sci_arttext&tlng=en

- Argibay, J. (2009). Muestra en investigación cuantitativa. *Subjetividad y Procesos Cognitivos* 13(1), 13-29. <https://www.redalyc.org/pdf/3396/339630252001.pdf>
- Arteaga, P. (2009). *Análisis de gráficos estadísticos elaborados en un proyecto de análisis de datos*. [Tesis de posgrado, Universidad de Granada]. <https://www.ugr.es/~batanero/pages/ARTICULOS/trabajomasterPedro.pdf>
- Averardo M. (2009). *El ladrillo – orígenes y desarrollo*. [Archivo PDF]. <https://arquitectologicofau.files.wordpress.com/2012/02/el-ladrillo-2009.pdf>
- Aracelly, S. Lang, B. Fernández, M, y Luján, M. (2006). Contaminación atmosférica por la fabricación de ladrillos y sus posibles efectos sobre la salud de los niños de zonas aledañas. *Acta Nova*, 3(2), 192-209. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1683-07892006000100005&script=sci_arttext
- Alvarez, N., Colmenares, Y. y Gutiérrez, Y. (2018). Evaluar prácticas medioambientales en el sector ladrillero de Norte de Santander. *Revista Convicciones*, 2(4), 65-70. <https://www.fesc.edu.co/Revistas/OJS/index.php/convicciones/article/view/196>
- Avilés, D y Rivera, M. (2018). *“Dispersión de contaminantes atmosféricos por fuentes fijas de combustión del parque industrial de la ciudad de Cuenca, mediante los softwares screen view 3 y disper 5.2”*. [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca].

<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28810/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf>

Barranzuela, J. (2014). *Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la Región Piura*. [Tesis de Pregrado, Universidad de Piura].
https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1755/ICI_199.pdf

Barrios, G. (2012). *Análisis de correlación, entre los resultados obtenidos por los estudiantes de la Facultad de Agronomía del campus central de la Universidad de San Carlos, en las pruebas específicas y el promedio obtenido por los mismos, en el primer semestre del área común*. [Tesis de Pregrado, Universidad de San Carlos Guatemala]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/03/03_4088.pdf

Bolaños, P. y Chacón, C. (2017). Intoxicación por monóxido de carbono. *Medicina legal de Costa Rica*, 34(1).
https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-00152017000100137

Bonilla J. y Beltrán A. (2017). *Guía de buenas prácticas para la implementación de producción más limpia para la pequeña industria del sector ladrillero* [Archivo PDF]. <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/10936>

Buchelli, H., Fernández, R., Rubinos, G., Martínez, C. y Rodríguez, F. (2014). Niveles elevados de carboxihemoglobina: fuentes de exposición a monóxido de carbono. *Archivos de Bronconeumología*, 50(11), 465-468.

<https://www.archbronconeumol.org/es-niveles-elevados-carboxihemoglobina-fuentes-exposicion-articulo-S0300289614001173#sec0040>

Buitrago, D. y Rojas, D. (2017). *Estimación de factores de emisión de una ladrillera en la localidad de Ciudad Bolívar en Bogotá D.C.* [Tesis de Pregrado, Universidad de La Salle, Bogotá]. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/476/

Bravo, D. (2014). Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de chimeneas andinas transportables con fragancias aromatizantes en la ciudad de Quito. [Tesis de Pregrado, Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6903/1/UPS-QT05481.pdf>

Cabrera, A. y Faicán, R. (2019). Análisis de las emisiones ambientales y de la eficiencia energética de los hornos de las ladrilleras de Cuenca. Propuesta de límites referenciales de emisiones ambientales. [Tesis de Pregrado, Universidad de Cuenca].

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/33391/1/Trabajo-de-titulaci%C3%B3n.pdf>

Camelo, O. García, J. Sousa, E. (2009). *Facilitadores de los procesos de compartir conocimiento y su influencia sobre la innovación.* [Archivo PDF]. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjLv9mL1pvuAhVNk1kKHxNnNBCcQFjAAegQIAhAC&url=https%3A%2F%2FdiaInet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F3155410.pdf&usg=AOvVaw3BDCy08b8gJ2F2JlcmTB2m>

- Carnicer, J. (2007). *Contaminación atmosférica*. [Archivo PDF].
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi5r-XEvOTuAhXDtlkKHTvWAKkQFjAEegQIDBAC&url=https%3A%2F%2Fwww.eoi.es%2Fes%2Ffile%2F18607%2Fdownload%3Ftoken%3DDQeBhR8t&usg=AOvVaw281PLiruncnHeNHv6PaiBg>
- Castañeda, M. Escoda, R. Nogué, S. Alonso, J. Bragulat, E. Cardellach, F. (2008). Síndrome coronario agudo por intoxicación con monóxido de carbono. *Revista de Toxicología*, 25(1-3) 69-72.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91925312>
- Cepeda, M. y Robalino, A. (2018). *Determinación de niveles de CO de ladrilleras y su posible afectación a la formación de carboxihemoglobina en el cantón Chambo*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador].
<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/4789/1/UNACH-EC-ING-AMB-2018-0008.pdf>
- Chave, J. (2012). *Medición de densidad de madera en árboles tropicales manual de campo*. [Archivo PDF].
[http://www.rainfor.org/upload/ManualsSpanish/wood_density_spanish\[1\].pdf](http://www.rainfor.org/upload/ManualsSpanish/wood_density_spanish[1].pdf)
- Condori, M. (2013). *Impactos socioambientales por la fabricación de ladrillos en Huancayo*. [Archivo PDF].
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja>

&uact=8&ved=2ahUKEwiJ4smLsfruAhVdTTABHcaBAIwQFjAEegQICRAD&url=https%3A%2F%2Fdigitalnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F5043005.pdf&usg=AOvVaw18PnYPwp3vpLs8d7pXqs95

Constitución de la república del Ecuador (2008). Capítulo segundo Biodiversidad y Recursos Naturales. Sección Primera: Naturaleza y ambiente. <https://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/BDL/2008/6716.pdf>

Corral, A. Covarrubias, A. Cota, A. Corral, R. Carrasco, K y Santana, L. (2010). La cartografía de riesgo como instrumento técnico para la reubicación de la industria ladrillera del municipio de Juárez, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 26(1), 17-26. <https://www.redalyc.org/pdf/370/37014382002.pdf>

Deleg, N. (2010). *Definición de un proceso de producción semi-industrial de ladrillos en la parroquia Susudel*. [Tesis de Pregrado, Universidad de Cuenca]. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2397/1/tq1026.pdf>

Devia, F. y Suarez, C. (2016). *Evaluación de la huella de carbono en la producción de bloque de arcilla en ladrillera “los cristales”* [Tesis doctoral, Universidad libre de Colombia]. <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10399/Ciaculo%20HDC%20Los%20Cristales.pdf?sequence=1>

- Díaz, L. (2011). *La observación*. [Archivo PDF].
http://www.psicologia.unam.mx/documentos/pdf/publicaciones/La_observacion_Lidia_Diaz_Sanjuan_Texto_Apoyo_Didactico_Metodo_Clinico_3_Sem.pdf
- Díaz, R. (2011). *Repercusión medioambiental del uso de la cerámica estructural en España. Energía embebida y emisiones de co2* [Tesis de Maestría, Universidad Politécnica de Madrid].
http://oa.upm.es/10099/2/TESIS_MASTER_ROBERTO_DIAZ_RUBIO.pdf
- Del Real, J. y Fuentes, J. (2018). *Lavador de gases: una alternativa para ladrilleras*.
<https://ciatej.mx/el-ciatej/comunicacion/Noticias/Lavador-de-gases--una-alternativa-para-ladrilleras/79>
- Deleg, N. (2010). *Definición de un proceso de producción semi-industrial de ladrillos en la parroquia Susudel*. [Tesis de Pregrado, Universidad de Cuenca].
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2397/1/tq1026.pdf>
- Espejel, A. y Flores, A. (2012). Educación ambiental escolar y comunitaria en el nivel medio superior, Puebla-Tlaxcala, México. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 17(55), 1173-1199.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-66662012000400008
- Facuna. (2007). *Una visión general de la relación del hombre con la naturaleza*. [Archivo PDF]. <http://repiica.iica.int/DOCS/B0540E/B0540E.PDF>

Fernández, N. (2015). *Manual de laboratorio de fisiología, 6e. Práctica 2: Unidades de concentración de las soluciones.* Access Medicina. <https://accessmedicina.mhmedical.com/book.aspx?bookid=1722>

Fonseca, J. (2018). *Determinación de los contaminantes atmosféricos emitidos en ladrilleras artesanales en la parroquia Ignacio Flores, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi.* [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. <http://181.112.224.103/bitstream/27000/5154/6/PC-000368.pdf>

Folgueiras, P. (2016). *La entrevista.* [Archivo PDF]. <http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/99003/1/entrevista%20pf.pdf>

García, G. y Pañi, L. (2013). *Optimización de la eficiencia energética de la leña (eucalyptus globulus) como combustible en un modelo de horno de ladrillo artesanal, a través del análisis y modificación de las características del combustible.* [Tesis de Pregrado, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca]. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiv_LTZkfTuAhUOIFkKHSp2CMUQFjAEegQIBxAD&url=https%3A%2F%2Fdspace.ups.edu.ec%2Fbitstream%2F123456789%2F5226%2F1%2FUPS-CT002748.pdf&usg=AOvVaw3lr97FRRRtciY8h81n_-DK

García, M. Ramírez, H. Ulloa, H. García, O. Meulenert, P. y Alcalá, G. (2013). *Concentración de contaminantes SO₂, NO₂ y correlación con H⁺, SO₄²⁻ y NO₃⁻ durante la temporada de lluvias en la Zona Metropolitana de Guadalajara,*

Jalisco, México. [Archivo PDF].

<https://scielo.conicyt.cl/pdf/rcher/v29n2/art04.pdf>

Galarza, J. (2018). *La contaminación atmosférica por fuentes móviles: caso Milagro.*

[Tesis de Pregrado, Universidad Estatal de Milagro].

<http://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/3912/1/CONTAMINACION%20ATMOSFERICA.pdf>

Gamarra, R. (2002). *Software para el diseño estructural de albañilería con fuerzas*

perpendiculares al muro. [Tesis de Pregrado, Universidad de Piura].

https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1358/ICI_080.pdf

Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Cuenca. (2013). Eficiencia energética

en ladrilleras artesanales. <https://docplayer.es/80411953-Gobierno-autonomo-descentralizado-del-canton-cuenca-comision-de-gestion-ambiental.html>

Gobierno Vasco. (2015). Guía técnica para la medición, estimación y cálculo de las

emisiones al aire.

https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/eprtr/es_guia/adjuntos/combustion.pdf

Gonzales, E. y Lizárraga, M. (2015). Evaluación de las propiedades físico mecánicas

de ladrillos de arcilla recocida,

elaborados con incorporación de residuos agrícolas, caso Chiapas, México.

Ingeniería, Revista Académica, 19(2), 91-101.

<https://www.redalyc.org/pdf/467/46750925002.pdf>

- González, P. (2010). *La introducción de hornos ecológicos en una comunidad ladrillera: factores de adopción y resistencia al cambio tecnológico*. [Tesis de grado, Colegio de la Frontera Norte]. https://www.colef.mx/posgrado/wp-content/uploads/files/Copy%20of%20TESIS_Gonz%20E1lez%20Galv%20E1n%20Paula%20Caryan_0.pdf
- Guerrero, G., Espinel, E. y Flórez, E. (2017). *Medición de emisiones atmosféricas en hornos a cielo abierto en el Municipio de Ocaña, Norte de Santander*. [Archivo PDF]. <https://revistas.ufps.edu.co/index.php/ingenio/article/view/2195/2148>
- Guirola, J. Pérez, L. Garcia, Y. Rellys, D y Guedes, R. (2019). Intoxicación por monóxido de carbono. Carbon monoxide poisoning. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 48(2), 245-251. <https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubmedmil/cmm-2019/cmm192l.pdf>
- Herrera, C. Sánchez, G. Pelayes, C. Schlottfeldt, Y. y Pérez, B. (2009). Daño al ADN en mujeres expuestas al humo de la leña en Chiapas, México. *Acta Toxicológica Argentina*, 17(2), 56-61. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-37432009000200004&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Henríquez, M. (2011). ¿Las normas derogadas pueden ser declaradas inaplicables por inconstitucionalidad? comentario del fallo rol 1399-09 y 1469-09 del tribunal constitucional. *Revista de derecho (Coquimbo)*, 18(1), 301- 306.

https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-97532011000100013

Hoyos, E. (2018). *Cuantificación de la huella de carbono en la construcción de tres tipos muros, aplicado a casas de interés social en México-Puebla*. [Tesis de Programa de Honores, Universidad de las Américas Puebla]. http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/hoyos_de_la_vega_e/etd_4011026602581.pdf

Huayta, F. (2014). *Indicadores de gestión empresarial en la producción de ladrillo artesanal de la región Junín -2013*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1468/TESIS%20MAESTRIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ibarra, F. (2004). *Diseño de una máquina semiautomática moldeadora de ladrillo de barro de 5.5x13x24 cm de dimensiones, con una capacidad de 500 ladrillos por hora, utilizable en la industria ladrillera*. [Tesis de Grado, Universidad de las Américas Puebla]. http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/ibarra_f_f/

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2007). *Tipos y fuentes de contaminantes atmosféricos*. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/396/tipos.html>

- Iparraguirre, R. y Valdivia, A. (2018). *Caracterización y problemática de las ladrilleras en huachipa-lurigancho-lima*. 2018. [Tesis de Grado, Universidad Católica Sedes Sapientiae].
http://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/UCSS/735/Valdivia%20Torres%20-%20Iparraguirre%20Medina%20_%20Ladrilleras%20-%20Huachipa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Iriondo, C. (2007). *Pesos y medidas*. [Archivo PDF].
<https://www.ciriondo.com/PDFs/17%20Tablas%20de%20conversion/Pesos%20y%20Medidas.pdf>
- International Agency For Research on Cancer [IARC, 2013]. *IARC: La contaminación del aire exterior es una de las principales causas ambientales de muerte por cáncer*
<https://translate.google.com/translate?hl=es-419&sl=en&tl=es&u=https%3A%2F%2Fwww.iarc.who.int%2Fnews-events%2Fiarc-outdoor-air-pollution-a-leading-environmental-cause-of-cancer-deaths%2F&prev=search>
- Jaya, J. y Gomezcoello, J. (2012). *Análisis comparativo de la contaminación atmosférica producida por la combustión en ladrilleras artesanales utilizando tres tipos de combustibles*. [Tesis de Grado, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6359/1/UPS-CT002924.pdf>

- Lara, J., Alonso, S. y Frías, J. (2017). Representación numérica de la cocción de ladrillos en un horno MK2. *Revista del Desarrollo Urbano y Sostenible*, 3(8), 31-41.
https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Desarrollo_Urbano_y_Sustentable/vol3num8/Revista_del_Desarrollo_Urbano_y_Sustentable_V3_N8_5.pdf
- León, J. (2018). *Diagnóstico ambiental de las ladrilleras en la comuna Sancán*. [Tesis de Grado, Universidad Estatal del Sur de Manabí].
<http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1330/1/UNESUM-ECUA-ING.MEDIO-47.pdf>
- Lopera, J., Ramírez, C., Zuluaga, M. y Ortiz, J. *El método analítico como método natural. Nómadas. Critical Journal of Social and Juridical Sciences*, 25(1). <https://www.redalyc.org/pdf/181/18112179017.pdf>
- Lozano, M. y González, S. (2016). *Uso de residuos cerámicos en la producción de ladrillos de arcilla cocidos del sector Alfarero de Candelaria*.
http://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/7796/Tesis+Uso+de+residuos+ceramicos+en+la+produccion+de+ladrillos+cocidos+del+sector+alfarero+de+Candelaria.+Gonzalez+&+Lozano_2.pdf;jsessionid=29FC69EA12334D7E52143CBEDDCF29F5?sequence=1
- Luján, M. y Guzmán, D. (2015). Diseño, Construcción y Evaluación de un Horno (MK3) para la Cocción de Ladrillos Artesanales. *Acta Nova*, 7(2), 165-193.

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1683-07892015000200006&script=sci_arttext

Manual de Capacitación Sector Ladrillero en América Latina. (2016). [Archivo PDF].
<https://www.ccacoalition.org/sites/default/files/resources/manual-capacitacion-sector-ladrillero.pdf>

Martínez, A., Tamayo, A., Barajas, D., Hernández, N., Celada, A., Arias, A., López, E. y Colin, A. (2017). Concentración, morfología y composición química de partículas PST y PM10, colectadas en la chimenea de tres motores de combustión interna de alta capacidad (42 MW). *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 19(3), 291-303.
<https://www.redalyc.org/jatsRepo/404/40458315005/html/index.html>

Martínez, B., Corral, A., Juárez, A., Rosas, J., Reyes, M., Bedolla, R., (2019). Estudio socio ambiental del sector ladrillero artesanal en el municipio de Coyuca de Benítez, Guerrero. *Ciencia en la Frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ*, 16(1), 7-19.
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiGyLCb17HxAhXZF1kFHQRBU4QFnoECAIQAA&url=https%3A%2F%2Frevistas.uacj.mx%2Fojs%2Findex.php%2Fcienciafrontera%2Farticle%2Fdownload%2F3596%2F3039&usg=AOvVaw0Mrtx-Hlq01LjBwARak8Y8>

Montenegro, A. (2014). *Análisis del proceso de fabricación de las empresas ladrilleras de las localidades de Santa Cruz y Santa Rosa de Chanango del distrito de Bellavista· Jaén· Cajamarca*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Cajamarca].

<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/624/T%20666.737%20N772%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Mosquera, S. (2018). *Riesgo toxicológico del monóxido de carbono en trabajadores de las islas de recarga de hidrocarburos en la terminal de PetroEcuador de la ciudad de Cuenca*. [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca].
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/29933/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf>

Montoya, M. Rendon, P. Zapata, S y Correa, M. (2013). Contaminación ambiental por PM10 dentro y fuera del domicilio y capacidad respiratoria en Puerto Nare, Colombia. *Rev. Salud Pública*, 15(1), 103-115
<https://scielosp.org/pdf/rsap/2013.v15n1/103-115/es>

Moscoso, D., Astudillo, A. y Morales. M. (2012). Inventario de emisiones atmosféricas provenientes de fuentes fijas de combustión del parque industrial del cantón Cuenca-Ecuador. *Centro Azúcar*, 45(2), 33-45.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612018000200004

Nohlen, D. (2020). *El método comparativo*.

<https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/13/6180/5.pdf>

Núñez, D. (2017). *Estudio del uso de los residuos de la recuperación de solventes de la industria flexo gráfica como combustible alternativo de una fuente fija*. [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional].

<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/18783/1/CD-8173.pdf>

Observatorio Ambiental de Cartagena de Indias. (2015). Factores de emisión.

<http://observatorio.epacartagena.gov.co/gestion-ambiental/seguimiento-y-monitoreo/protocolo-monitoreo-calidad-del-aire-en-la-ciudad-de-cartagena/factores-de-emision/>

Orozco, M. (2013). *Transferencia tecnológica a productores de ladrillo rojo ubicados en Tonalá, Chiapas; una propuesta sustentable*. [Archivo PDF].

<https://biblat.unam.mx/hevila/Staobillekilaltalekilabtel/2013/no5/3.pdf>

Oyarzún, M. (2010). Contaminación aérea y sus efectos en la salud. *Rev Chil Enf Respir* 26(1), 16-25. [http://revchilenfermrespir.cl/pdf/S0717-](http://revchilenfermrespir.cl/pdf/S0717-73482010000100004.pdf)

[73482010000100004.pdf](http://revchilenfermrespir.cl/pdf/S0717-73482010000100004.pdf)

Öztürk, S., Vatansever, S., Çefle, K., Palanduz, S., Güler, K., Erten, N., Erk, N., Akif, K. y Taşcıoğlu, C. (2002). La exposición aguda a madera o carbón con intoxicación por monóxido de carbono induce el intercambio de cromátidas hermanas. *Journal of Toxicology: Clinical Toxicology*, 40(2), 115-120.

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1081/CLT-120004398>

- Páez, J. (2020). *Tipos de contaminantes atmosféricos asociados a la fabricación de ladrillos artesanales en Colombia*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia].
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/34072/Jpaezcl.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Páez, M., Vergara, M. y Cantero, P. (2012). Propiedades volumétricas de la mezcla n, ndimetilformamida + 1-propanol a diferentes temperaturas. *Revista Colombiana de Química*, 41(1), 75-88. <https://www.redalyc.org/pdf/3090/309025231005.pdf>
- Palomares, J. (2021). *Diseño del plan de gestión ambiental en la ladrillera La Clay*.
https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=2911&context=ing_ambiental_sanitaria
- Pérez, T. (2016). *Comportamiento físico -mecánico del ladrillo de concreto tipo iv*.
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2492/N10-P472-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Palacios E. (2014). Contaminación del aire exterior. Cuenca - Ecuador, 2009- 2013. Posibles efectos en la salud. *Revista de la Facultad de Ciencias Medicas Universidad de Cuenca*, 32(2).
<https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/medicina/article/view/883/7>
- Peñaherrera, S. (2019). *Caracterización de arcillas y pastas usadas en la elaboración artesanal de ladrillos en la parroquia Susudel y su optimización para la*

fabricación de ladrillos para recubrimiento de pisos. [Tesis de grado, Universidad de Cuenca].
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/31735/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf>

Piloso, K. (2016). *Fabricación de ladrillo de arcilla y la generación de empleo en el distrito 2 de la provincia de Manabí: una propuesta de costos de producción.* [Tesis de grado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí].<https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/2437/1/ULEAM-CT.AUD-0076.pdf>

Quijano, B. Diez, M. Montes, M y Castro, H. Implementación de procesos sostenibles vinculando industrias regionales: Reciclaje de residuos siderúrgicos como proyecto de cambio de la mampostería en Boyacá-Colombia. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 77(1), 82-103.
<https://www.redalyc.org/pdf/206/20633274007.pdf>

Quillupangui, L. y Villa, T. (2011). *Diseño y simulación de un sistema de moldeo para ladrillo crudo con medidas 34 x 16 x 7 centímetros.* [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito].
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16788/1/UPS-KT00265.pdf>

Ramírez, I. (2017). Fracasa en León uso de horno ecológico MK2.
<https://www.elsoldeleon.com.mx/local/fracasa-en-leon-uso-de-horno-ecologico-mk2-1331736.html>

- Ramos, A., Sepúlveda, J. y Garcés, L. (2019). Pequeñas y medianas empresas productoras de ladrillo artesanal en Oaxaca, México: Contexto de pobreza. *Revista de Ciencias Sociales*, 25(2), 40-50. <https://www.redalyc.org/jatsRepo/280/28059953004/html/index.html>
- Rodríguez, A. y Pérez, A. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 82(1), 1-28. <https://www.redalyc.org/pdf/206/20652069006.pdf>
- Rosales, O. (2017). *Propuesta de Manual de Procedimientos y Funciones para el Área de Encuadernación de la empresa Complejo Gráfico TMC, ubicada en el Distrito I, en el periodo de julio-agosto del 2017*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]. <https://repositorio.unan.edu.ni/8521/1/97626.pdf>
- Romo, M., Córdova, G. y Cervera, L. (2004). Estudio urbano-ambiental de las ladrilleras en el municipio de Juárez. Estudios Fronterizos. *Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 5(9), 9-34. <https://www.redalyc.org/pdf/530/53050901.pdf>
- Romero, A. y Vaca, D. (2012). *Inventario de emisiones atmosféricas a partir de fuentes fijas, móviles y de área en la ciudad de Latacunga*. [Tesis de grado, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/235/1/T-UCE-0012-37.PDF>
- Royo, M., Chávez, R., Pinales, A., Castañeda, J., Villalba, M., Espino, M., De la Garza, R., Cordero, P., Chávez, R., Urrutia, J., Alva, L., Royo, M. y Colmenero, L.

- (2010). *El intemperismo y las rocas en la construcción*. [Archivo, PDF].
https://www.researchgate.net/publication/267453496_El_intemperismo_y_las_rocas_en_la_construccion
- Ruiz, R. (2007). *Método científico y sus etapas*. [Archivo, PDF]. <http://www.index-f.com/lascasas/documentos/lc0256.pdf>
- Sántiz, J. (2013). *Actividad artesanal y sustentabilidad. El caso de las ladrilleras de San Cristóbal de Las Casas, Chiapas*. [Tesis de grado, Universidad Intercultural de Chiapas].
<http://www.cisc.org.mx/liderazgosjuveniles/documentos/TrabajosTerminalesUNICH/Tesis/tesis10.pdf>
- Saravi, A., Torolla, J. y Fernández, M. (2018). *Intoxicación por monóxido de carbono*. [Archivo, PDF].
https://www.medicinainfantil.org.ar/images/stories/volumen/2018/xxv_1_063.pdf
- Sánchez, M. (2013). Impacto ambiental y gestión del riesgo de ladrilleras en la vereda Los Gómez de Itagüí. *Revista Científica de la Facultad de Ingeniería*, 1(5), 109-123.
https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiwlf_LkPruAhWCm1kKHScGAJgQFjADegQICxAD&url=https%3A%2F%2Ffojs.tdea.edu.co%2Findex.php%2Fcuadernoactiva%2Farti

cle%2Fdownload%2F115%2F102%2F&usg=AOvVaw3gBaq3pk78HWCFkKR0
sgXh

Spiegel, J. y Maystre, L. (2000) *Control de la contaminación ambiental*. [Archivo, PDF].
<https://www.insst.es/documents/94886/162520/Cap%C3%ADtulo+55.+Control+de+la+contaminaci%C3%B3n+ambiental>

Socoto, J. (2013). *Diseño del proyecto para la implementación de una fábrica productora de ladrillo en la ciudad de azogues*. [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana].
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5700/1/UPS-CT002797.pdf>

Tenesaca, M. y Rasco, J. (2017). *“Diseño de un modelo de negocios para el sector ladrillero artesanal del cantón Cuenca, período 2017- 2019”*. Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca].
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28536/1/Trabajo%20de%20Titulacion.pdf>

TULSMA Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (2013). Norma de concentraciones de emisión al aire desde fuentes fijas de combustión.
<http://www.cip.org.ec/attachments/article/401/Anexo%203%20Emisiones%20al%20Aire.pdf>

Umaña, J. (2012). Huella de carbono en los sistemas de producción agrícola dominantes en el Municipio de Falán, Tolima [Tesis de Maestría, Pontificia

Universidad

Javeriana].

[https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/12390/UmanaArbol
edaJohnAlexander2012.pdf;jsessionid=960D55A73EDCACAF3973769099B27
741?sequence=1](https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/12390/UmanaArbol
edaJohnAlexander2012.pdf;jsessionid=960D55A73EDCACAF3973769099B27
741?sequence=1)

ANEXOS

ANEXO 1. Entrevista para los dueños de cada ladrillera.

- 1. ¿Cuál es el proceso que se lleva a cabo en su ladrillera?**
- 2. ¿Cuántos hornos tiene su ladrillera?**
- 3. ¿Cuántos trabajadores laboran en el lugar?**
- 4. ¿Qué materiales utilizan para la elaboración de ladrillos?**
- 5. ¿Qué herramientas utilizan para el proceso productivo?**
- 6. ¿Qué tipo de leña utilizan para la cocción de ladrillos?**
- 7. ¿Cuántas horas permanece(n) encendido(s) el/los horno(s) durante la cocción de ladrillos?**
- 8. ¿Qué cantidad de ladrillos producen cada quema (capacidad del horno)?**
- 9. ¿Cuál es la producción mensual de ladrillos?**
- 10. ¿Qué tiempo toma el proceso de elaboración de ladrillos desde su etapa inicial?**
- 11. ¿Cree usted que el humo que genera su ladrillera produce daños al ambiente?**

Anexo 2-A. Entrevista a la zona de estudio



Anexo 2-B. Entrevista a la zona de estudio



Anexo 3. Mezcla de tierra con aserrín



Anexo 4. Moldeado de la mezcla



Anexo 5. Secado del molde en el suelo**Anexo 6. Secado del molde en ruma a temperatura ambiente****Anexo 7. Preparación del montículo de cocción**

Anexo 8. Ladrillera de estudio.**Anexo 9. Peso de la leña en la balanza industrial.****Anexo 10-A. Medición de la longitud de la leña**

Anexo 10-B. Medición del perímetro de la leña



Anexo 11. Informe de monitoreo del Laboratorio Elicrom

INFORME DE ENSAYO No: ME-0832-001-21	
 	
MEDICIÓN DE GASES EN FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN	
IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE	
NOMBRE:	DIANA KATHERINE ZAMBRANO CARRANZA
DIRECCIÓN:	Provincia de Manabí - cantón Chone; Vía Canuto, Sector Tres Marías
TELÉFONO:	0967704044
PERSONA(S) DE CONTACTO:	Diana Zambrano
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	24 de junio de 2021
PROCEDIMIENTOS Y NORMAS TÉCNICAS APLICADAS	
PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO:	PEE.EL.003 Medición de gases en fuentes fijas de combustión
NORMA TÉCNICA INTERNACIONAL:	CTM30 Determination of Nitrogen Oxides, Carbon Monoxide, and Oxygen Emissions from Natural Gas-Fired Engines, Boilers and Process Heaters Using Portable Analyzers
NORMA TÉCNICA NACIONAL :	Acuerdo Ministerial N°97 A Anexo 3 norma de emisiones al aire desde fuentes fijas de combustión
METODOLOGÍA APLICADA PARA DETERMINAR GASES EN FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN	
MÉTODO DE MUESTREO: El método CTM30 indica que se seleccione un sitio del muestreo localizó por lo menos cinco diámetros de la chimenea río abajo de cualquier perturbación. Localice el sitio del muestreo no más cerca de un metro o tres diámetros de la chimenea contracorriente desde la descarga de gas a la atmósfera. Utilice un mínimo de tres puntos de muestreo localizados en las posiciones del 16.7%, 50%, y 83.3 % del diámetro de la chimenea.	
TIPOS DE FUENTE FIJA: Fuente fija de combustión abierta es la instalación o conjunto de instalaciones , que tiene como finalidad desarrollar operaciones o procesos industriales, comerciales o de servicios, que emite o puede emitir contaminantes al aire debido a proceso de combustión, en los que no se pueden controlar el ingreso del aire a la fuente, desde un lugar fijo o inamovible.	
COMBUSTIBLE: El combustible sólido incluye el combustible de madera (es decir, la leña), el carbón vegetal y los pellets (briquetas, virutas) producidos con la madera o sus residuos. Este tipo de combustible incluye la biomasa leñosa sin procesar extraída de los troncos, las ramas u otras partes de los árboles y, a veces, incluye también los residuos madereros (p.ej., el aserrín y las virutas de madera) derivados del aprovechamiento maderero o de las industrias de transformación y utilizados para la producción de energía.	
CLASIFICACIÓN SEGÚN EL TIEMPO DE OPERACIÓN : Fuentes fijas existente es aquella instalación o conjunto de instalaciones ya sea en operación o que cuenta con autorización para operar, por parte de la Entidad Ambiental de Control, antes de la publicación de la reforma de esta norma.	
VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONCENTRACIÓN DE EMISIÓN :	

Anexo 12-A. Analizador de gases Testo T360.



Anexo 12-B. Equipos y calibradores utilizados con su respectiva certificación.

EQUIPOS UTILIZADOS						
CÓDIGO	NOMBRE	MARCA	MODELO	SERIE	FECHA CADUCIDAD	N° CERTIFICADO
EL.EM.115	ANALIZADOR DE GASES	TESTO	T350	60427438	26/02/2022	CM-0609-34-21
EL.MRC.299	GAS PATRÓN	RIGAS	H2S CO CH4 O2 N2	25.5 / 102.8 / 2.47 / 17.98 MMOL/MOL	25/01/2022	2101PRJ00118/0046
EL.MRC.301	CILINDRO	AIRGAS	NO2_BALN	CC511956	29/03/2022	122-401453483-1
EL.MRC.305	CILINDRO	AIRGAS	CO-NO-NOX-SO2_BALN	EB0125284	26/03/2022	122-401449713-1

Anexo 13.



Anexo 14. Valores de las emisiones del monitoreo realizado

ANEXO: DESCARGA DE EQUIPO

<p>testo 350 Box #8 VI.15 60427438/LAT</p> <p>Protocolo Situación: HORNO HORNO ARTESANAL ING DIANA ZAMBRANO</p> <p>Combustible: Madera 60% O2ref: 7.0 % CO2Máx: 20.3 %</p> <p>04.06.2021 16:54:24</p> <p>PdC 11.54 % O2 6445 ppm CO 67.0 ppm NOx 67 ppm NO 0.0 ppm NO2 8.75 % CO2 0 ppm SO2 53.1 °C Temp. PDC's 91.7 % REN 71.7 % RENbr. 0.93 l/min Caudal bom. 29.9 °C Temp. Amb. 7.0 % O2ref. 53.1 °C Pto.de rocío</p> <p>eee</p>	<p>testo 350 Box #8 VI.15 60427438/LAT</p> <p>Protocolo Situación: HORNO HORNO ARTESANAL ING DIANA ZAMBRANO</p> <p>Combustible: Madera 60% O2ref: 7.0 % CO2Máx: 20.3 %</p> <p>04.06.2021 16:55:02</p> <p>PdC 18.08 % O2 2248 ppm CO 21.0 ppm NOx 21 ppm NO 0.0 ppm NO2 2.68 % CO2 0 ppm SO2 66.6 °C Temp. PDC's 84.8 % REN 65.2 % RENbr. 0.99 l/min Caudal bom. 30.7 °C Temp. Amb. 7.0 % O2ref. 46.5 °C Pto.de rocío</p> <p>eee</p>	<p>testo 350 Box #8 VI.15 60427438/LAT</p> <p>Protocolo Situación: HORNO HORNO ARTESANAL ING DIANA ZAMBRANO</p> <p>Combustible: Madera 60% O2ref: 7.0 % CO2Máx: 20.3 %</p> <p>04.06.2021 16:55:42</p> <p>PdC 16.97 % O2 3392 ppm CO 22.0 ppm NOx 22 ppm NO 0.0 ppm NO2 3.68 % CO2 0 ppm SO2 71.4 °C Temp. PDC's 85.5 % REN 65.9 % RENbr. 0.98 l/min Caudal bom. 30.6 °C Temp. Amb. 7.0 % O2ref. 50.6 °C Pto.de rocío</p> <p>eee</p>
<p>testo 350 Box #8 VI.15 60427438/LAT</p> <p>Protocolo Situación: HORNO HORNO ARTESANAL ING DIANA ZAMBRANO</p> <p>Combustible: Madera 60% O2ref: 7.0 % CO2Máx: 20.3 %</p> <p>04.06.2021 16:56:31</p> <p>PdC 15.08 % O2 4545 ppm CO 32.0 ppm NOx 32 ppm NO 0.0 ppm NO2 5.44 % CO2 1 ppm SO2 74.9 °C Temp. PDC's 87.5 % REN 57.7 % RENbr. 1.01 l/min Caudal bom. 30.7 °C Temp. Amb. 7.0 % O2ref. 55.9 °C Pto.de rocío</p> <p>eee</p>	<p>testo 350 Box #8 VI.15 60427438/LAT</p> <p>Protocolo Situación: HORNO HORNO ARTESANAL ING DIANA ZAMBRANO</p> <p>Combustible: Madera 60% O2ref: 7.0 % CO2Máx: 20.3 %</p> <p>04.06.2021 16:57:30</p> <p>PdC 18.17 % O2 4278 ppm CO 33.0 ppm NOx 33 ppm NO 0.0 ppm NO2 2.48 % CO2 0 ppm SO2 75.9 °C Temp. PDC's 77.8 % REN 58.6 % RENbr. 0.83 l/min Caudal bom. 30.8 °C Temp. Amb. 7.0 % O2ref. 46.6 °C Pto.de rocío</p> <p>eee</p>	<p>testo 350 Box #8 VI.15 60427438/LAT</p> <p>Protocolo Situación: HORNO HORNO ARTESANAL ING DIANA ZAMBRANO</p> <p>Combustible: Madera 60% O2ref: 7.0 % CO2Máx: 20.3 %</p> <p>04.06.2021 16:58:02</p> <p>PdC 19.28 % O2 4597 ppm CO 26.0 ppm NOx 26 ppm NO 0.0 ppm NO2 1.38 % CO2 0 ppm SO2 72.9 °C Temp. PDC's 66.6 % REN 48.1 % RENbr. 0.80 l/min Caudal bom. 30.9 °C Temp. Amb. 7.0 % O2ref. 41.7 °C Pto.de rocío</p> <p>eee</p>
<p>testo 350 Box #8 VI.15 60427438/LAT</p> <p>Protocolo Situación: HORNO HORNO ARTESANAL ING DIANA ZAMBRANO</p> <p>Combustible: Madera 60% O2ref: 7.0 % CO2Máx: 20.3 %</p> <p>04.06.2021 16:58:41</p> <p>PdC 19.59 % O2 1025 ppm CO 22.0 ppm NOx 22 ppm NO 0.0 ppm NO2 1.30 % CO2 0 ppm SO2 78.4 °C Temp. PDC's 71.5 % REN 52.8 % RENbr. 0.75 l/min Caudal bom. 30.8 °C Temp. Amb. 7.0 % O2ref. 38.9 °C Pto.de rocío</p> <p>eee</p>	<p>testo 350 Box #8 VI.15 60427438/LAT</p> <p>Protocolo Situación: HORNO HORNO ARTESANAL ING DIANA ZAMBRANO</p> <p>Combustible: Madera 60% O2ref: 7.0 % CO2Máx: 20.3 %</p> <p>04.06.2021 16:59:33</p> <p>PdC 20.25 % O2 1418 ppm CO 19.0 ppm NOx 19 ppm NO 0.0 ppm NO2 --- % CO2 0 ppm SO2 76.9 °C Temp. PDC's --- % REN --- % RENbr. 0.73 l/min Caudal bom. 30.6 °C Temp. Amb. 7.0 % O2ref. --- °C Pto.de rocío</p> <p>eee</p>	

Anexo 15. Socialización del diseño del horno ecológico con los trabajadores de la ladrillera.

