



Universidad Internacional de La Rioja
Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología

Máster Universitario en Gestión Ambiental y Energética en las
Organizaciones

Cálculo de la Huella de Carbono para la fabricación de ladrillos artesanales en la parroquia Sinincay, Cuenca - Ecuador

Trabajo fin de estudio presentado por:	Diego Villota
Tipo de trabajo:	Tipo 3, Gestión de la contaminación
Director/a:	Belkis Lara Rodríguez
Fecha:	08/02/2023

Resumen

Anteriores trabajos de investigación como lo presentado por Maza (2011) y Cabrera et al. (2019) han determinado que dentro de las actividades de manufactura artesanal que más emisiones generan en la ciudad de Cuenca, Ecuador es la actividad de fabricación de ladrillos. El presente estudio se desarrolló en la parroquia Sinincay, la que más fábricas de esta actividad alberga, con el objetivo de tomar un emplazamiento como muestra para cuantificar la huella de carbono según la norma UNE-EN ISO 14064-1:2019. Para el cálculo se describieron los procesos que engloban la producción de ladrillos, maquinaria manual y motora además de la cuantificación de los insumos utilizados. Posteriormente, se hallaron las fuentes de emisión de gases, se categorizaron los aspectos ambientales asociados. Adicionalmente, se establecieron los factores de emisión y potencial de calentamiento global de los gases asociados CO₂, CH₄ y N₂O. Finalmente, se realizó un plan de mejora que contempló dos alternativas viables, el reemplazo del horno tradicional por uno de tiro invertido y cambios en iluminación y reemplazo o adaptación por un horno de GLP y medidas en iluminación más eficiente con detalle de costos para ambos.

Palabras clave: Huella de carbono, cambio climático, gases efecto invernadero, artesanal, emisiones.

Abstract

Previous research such as the presented by Maza (2011) and Cabrera et al. (2019) have determined that one of the artisan manufacturing activities that generate most emissions in the city of Cuenca, Ecuador is the brick manufacturing activity. The present study was carried out in the Sinincay parish, the one that houses the most factories of this activity, with the aim of taking a location as a sample to quantify the carbon footprint according to the UNE-EN ISO 14064-1:2019 standard. For the calculation, the processes that include the production of bricks were described, the manual and motor machinery, in addition to the quantification of the inputs used. Subsequently, the sources of gas emissions were found, the associated environmental aspects were categorized. Additionally, the emission factors and global warming potential of the associated gases CO₂, CH₄ and N₂O were established. Finally, an improvement plan was carried out. The plan contemplated two viable alternatives: the replacement of the traditional furnace with an inverted draft one and changes in lighting and replacement or adaptation by a LPG furnace and more efficient lighting measures with cost details for both.

Keywords: Carbon footprint, climate change, greenhouse gases, artisanal, emissions.

Índice de contenidos

Contenido

1. Justificación	12
1. Introducción y marco teórico	14
1.1. Introducción	14
1.2. Marco teórico	14
1.2.1. Cambio climático	14
1.2.2. Fabricas artesanales de ladrillo	15
1.2.3. Fabricas artesanales semi - mecanizadas de ladrillo	16
1.2.4. Indicadores Ambientales	17
1.2.5. Huella de Carbono	18
1.2.6. Metodologías de cálculo	19
1.2.7. Cálculo de la huella de carbono según UNE-EN ISO 14064-1:2019	22
1.2.8. Normativa Legal	23
2. Objetivos del TFE	27
2.1. Objetivo general	27
2.2. Objetivos específicos	27
2.2.1. Determinar los aspectos e impactos ambientales significativos asociados al proceso de fabricación del ladrillo artesanal.	27
2.2.2. Determinar los focos de emisión de GEI a la atmosfera en el proceso de fabricación del ladrillo artesanal.	27
2.2.3. Cuantificar la contribución de emisiones de las fuentes anteriormente descritas según lo establecido en la UNE-EN ISO 14064-1:2019.	27
2.2.4. Definir un plan de mejoras que especifiquen alternativas para reducción de emisiones de GEI.	27

3.	Hipótesis de trabajo	28
4.	Descripción de la organización.....	29
4.1.	Ubicación de la organización	29
4.2.	Actividad de la organización	30
4.2.1.	Obtención de materia prima	31
4.2.2.	Mezcla – laminación	32
4.2.3.	Moldeado	33
4.2.4.	Secado.....	34
4.2.5.	Horneado	34
4.2.6.	Almacenamiento	36
4.3.	Número de trabajadores.....	38
4.4.	Procesos de la organización.....	38
5.	Identificación y evaluación de los aspectos ambientales asociados a la actividad de la organización.....	39
5.1.	Límites organizacionales, operativos y temporales.....	39
5.2.	Datos de actividades	39
5.2.1.	Aspectos Ambientales	39
5.2.2.	Evaluación de aspectos ambientales.....	41
6.3	Gestión de aspectos ambientales	44
6.	Cálculo de la huella de Carbono.....	50
6.1.	Definición del alcance del estudio	50
6.2.	Definición de los límites de la organización y operativos.....	50
6.3.	Toma de datos y factor de emisión	51
6.3.1.	Consumo de diésel	52
6.3.2.	Consumo de aceite	52

6.3.3.	Consumo de biomasa	53
6.3.4.	Uso de baterías.....	54
6.3.5.	Iluminación	56
6.4.	Cálculos	57
7.	Plan de mejora	62
7.1.	Propuestas de mejora de aspectos ambientales significativos	62
7.2.	Descripción de propuestas de mejora para aspectos ambientales significativos	64
7.2.1.	Recuperación de suelo y reforestación	64
7.2.2.	Reemplazo con motores eléctricos con baterías de litio	64
7.2.3.	Instalación de depósito de residuos peligrosos	65
7.2.4.	Mantenimiento e instalación de filtros en chimenea	66
7.3.	Plan de mejora para reducción de huella de carbono.....	67
7.4.	Descripción de proyectos para reducción de huella de carbono	69
7.4.1.	Construcción de horno de tiro invertido	69
7.4.2.	Reemplazo de madera a gas natural o GLP como combustible principal.	72
7.4.3.	Sustitución de bombillas incandescentes por bombillas led.	74
7.4.4.	Producción limpia y capacitación	76
7.5.	Implementación del plan de mejora.....	78
8.	Resultados	82
8.1.	Resultados de evaluación de aspectos ambientales significativos.....	82
8.2.	Resultados del cálculo de huella de carbono para la fábrica artesanal de ladrillos Quinde & Hijos.....	82
8.3.	Resultados del cálculo de huella de carbono para la fábrica artesanal de ladrillos Quinde & Hijos aplicado el plan de mejora	83
9.	Conclusiones.....	89

Referencias bibliográficas.....91

Índice de figuras

Figura 1. <i>Evolución de emisiones de GEI totales a nivel mundial.</i>	15
Figura 2. <i>Ladrillera artesanal.</i>	16
Figura 3. <i>Ladrillera artesanal semi – mecanizada.</i>	17
Figura 4. <i>Ubicación de hornos de fábricas de ladrillos artesanales en la parroquia Sinincay.</i> ..	29
Figura 5. <i>Ubicación de fábrica artesanal objeto de estudio respecto a otras.</i>	30
Figura 6. <i>Vista ortogonal de área de fábrica artesanal Quinde & Hijos.</i>	30
Figura 7. <i>Arcilla conglomerada.</i>	31
Figura 8. <i>Depósito de leña eucalipto.</i>	32
Figura 9. <i>Depósito de leña pallets.</i>	32
Figura 10. <i>Laminadora.</i>	33
Figura 11. <i>Moldes para ladrillo tipo panelón y hueco.</i>	33
Figura 12. <i>Cortadora.</i>	34
Figura 13. <i>Cuarto de secado.</i>	34
Figura 14. <i>Interior de horno tipo rústico.</i>	35
Figura 15. <i>Vista horno tipo rústico.</i>	35
Figura 16. <i>Depósito de ladrillos para la venta.</i>	36
Figura 17. <i>Diagrama de flujo fabrica artesanal de ladrillo Quinde & Hijos.</i>	37
Figura 18. <i>Mapa de procesos de fábrica de ladrillos artesanal Quinde & Hijos.</i>	38
Figura 19. <i>Responsabilidades de la alta dirección.</i>	44
Figura 20. <i>Jerarquía de control de aspectos ambientales.</i>	45
Figura 21. <i>Extracción de arcilla.</i>	47
Figura 22. <i>Tipo de aceite utilizado en motores estacionarios.</i>	47
Figura 23. <i>Características de diésel utilizado en motores estacionarios.</i>	48
Figura 24. <i>Visualización de emisiones detrás de fábrica Quinde & Hijos.</i>	48

Figura 25. <i>Emisión de olores por combustión de leña húmeda en hornos.</i>	49
Figura 26. <i>Consumo de energía eléctrica mensual 2021-2022.</i>	57
Figura 27. <i>Motor eléctrico de 6 HP – 4Kw – 2800 RPM.</i>	65
Figura 28. <i>Centro de acopio de envases vacíos.</i>	65
Figura 29. <i>Filtro de carbón activado.</i>	66
Figura 30. <i>Vista lateral: partes de horno de tiro invertido.</i>	70
Figura 31. <i>Horno de tiro invertido.</i>	71
Figura 32. <i>Fachada horno de combustión a gas.</i>	73
Figura 33. <i>Distribución de emisiones directas e indirectas según fuente.</i>	83
Figura 34. <i>Comparación huella de carbono 2022 y aplicación de plan de mejora (alternativa Horno GLP e iluminación).</i>	84
Figura 35. <i>Comparación huella de carbono 2022 y aplicación de plan de mejora (alternativa Horno de tiro invertido e iluminación).</i>	84
Figura 36. <i>Consumo de combustibles fósiles en instalaciones fijas.</i>	86
Figura 37. <i>Emisiones indirectas por compra de electricidad.</i>	87
Figura 38. <i>Resultado del Cálculo de Huella de Carbono según Calculadora del MITECO.</i>	88

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Niveles de alcance para cálculo Huella de Carbono.</i>	18
Tabla 2. <i>Metodologías de cálculo de huella de carbono.</i>	19
Tabla 3. <i>Aspectos ambientales en condiciones de normales de funcionamiento.</i>	40
Tabla 4. <i>Criterios de evaluación para aspectos ambientales.</i>	41
Tabla 5. <i>Valores asignados a cada criterio.</i>	41
Tabla 6. <i>Significancia de aspectos ambientales.</i>	42
Tabla 7. <i>Aspectos ambientales significativos.</i>	43

Tabla 8. <i>Gestión de Aspectos ambientales significativos.</i>	46
Tabla 9. <i>Datos requeridos para el cálculo de huella de carbono en relación con los aspectos ambientales significativos para el alcance 1 y 2.</i>	50
Tabla 10. <i>Características de motor usado en laminadora y cortadora.</i>	51
Tabla 11. <i>Características de batería de plomo-ácido.</i>	54
Tabla 12. <i>Factores de emisión para los combustibles usados en la fabricación de ladrillos artesanales.</i>	55
Tabla 13. <i>Potencial de calentamiento a 100 años global para los gases asociados.</i>	56
Tabla 14. <i>Consumo de energía eléctrica mensual.</i>	56
Tabla 15. <i>Factor de emisión para consumo eléctrico usado en la fabricación de ladrillos artesanales.</i>	57
Tabla 16. <i>Matriz de cálculo de huella de carbono.</i>	59
Tabla 17. <i>Matriz de cálculo de huella de carbono considerando factor emisión de CO₂.</i>	60
Tabla 18. <i>Planificación de propuestas de mejora de aspectos ambientales significativos.</i>	62
Tabla 19. <i>Porcentaje de emisiones según su fuente.</i>	67
Tabla 20. <i>Planificación para la reducción de la huella de carbono.</i>	68
Tabla 21. <i>Presupuesto para construcción de horno de tiro invertido.</i>	71
Tabla 22. <i>Características de horno de combustión a gas.</i>	73
Tabla 23. <i>Comparativa GLP y biomasa.</i>	74
Tabla 24. <i>Presupuesto para construcción de horno de gas.</i>	74
Tabla 25. <i>Relación de consumos bombilla incandescente y bombilla led.</i>	75
Tabla 26. <i>Presupuesto sustitución de bombillas.</i>	75
Tabla 27. <i>Relación horno tradicional y horno de tiro invertido.</i>	78
Tabla 28. <i>Matriz de Cálculo de Huella de Carbono aplicando plan de mejora construcción de horno de tiro invertido y sustitución de Iluminación.</i>	80

Tabla 29. *Matriz de Cálculo de Huella de Carbono aplicando plan de mejora construcción de horno GLP y sustitución de Iluminación*..... 81

Tabla 30. *Resultados de emisiones directas e indirectas*..... 82

1. Justificación

El calentamiento global y el cambio climático son una problemática que ha tomado notoriedad en las últimas décadas y es la explicación científica a las modificaciones en la variabilidad climática natural (PNUD, 2022). Las actividades humanas son las responsables en el aumento de emisiones de GEI¹ y, muchos gobiernos, entre ellos el de Ecuador, están tomando acciones político-administrativas para favorecer el desarrollo limpio y sostenible. (Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica, 2021).

Una de estas iniciativas globales, son los objetivos Globales de Desarrollo sostenible (ODS) planteados en el año 2015, que constan de 17 lineamientos para encaminar a todos los estados miembros de las Naciones Unidas hacia un desarrollo que piense que las generaciones futuras (PNUD, 2022). Específicamente, el Objetivo 13 Acción por el Clima, sugiere adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático aumentando la tasa de descarbonización de 2,4% anual a 6,7% para evitar el aumento de la temperatura en 1,5 °C en Latinoamérica (CEPAL, 2021).

Los países en vías de desarrollo necesitan activar e ir mejorando continuamente su motor productivo para alcanzar el desarrollo, lo que se traduce en incrementar una serie actividades que pueden comprometer en el medio natural en donde se desenvuelve. Para esto, es elemental que las actividades productivas, cualquiera que está fuera, tengan un control de sus impactos y que puedan ser validados con indicadores.

A una escala local, dentro de este abanico de actividades económicas, se encuentra la producción ladrillera artesanal en la ciudad Cuenca, Ecuador; la misma que cuenta con alrededor de 600 ladrilleras a nivel cantonal, siendo la parroquia de Sinincay, la que concentra el mayor número dentro de la totalidad existente, aproximadamente 300 (GAD Sinincay, 2015) y entra en mi interés investigativo, puesto que es la parroquia donde resido y todo el tiempo es evidente la emisión de gases de chimeneas.

De tal modo, las familias que se dedican a dicha actividad, dada la problemática ambiental, en cuanto a emisiones y deforestación, que sus acciones generan dentro de la parroquia, fueron

¹ GEI: Gases de efecto invernadero.

incluidas en el proyecto “Eficiencia Energética en Ladrilleras Artesanales (EELA)”, con financiamiento suizo, cuyos objetivos son la implementación de tecnologías apropiadas, guía de buenas prácticas productivas para una mayor eficiencia energética y reducción en un 30% la emisión de a la atmosfera (CIDEU, 2014).

No obstante, aun cuando se cuenta con un manual que indica las mejores prácticas que se realizó en el marco del proyecto antes mencionado, no se dispone de un dato indicativo de emisiones específico para dicha actividad económica, por lo que para resaltar la relevancia del problema y poder dar soluciones más concretas, el cálculo de la huella de carbono podrá adaptar de mejor manera la guía de buenas prácticas anteriormente elaborada y mejorar los resultados esperados. En primera instancia, creando conciencia entre los sujetos involucrados en esta actividad y a corto - mediano plazo, favorecer a un mejoramiento de sus procesos para alinearse hacia una producción más limpia.

1. Introducción y marco teórico

1.1. Introducción

La creciente preocupación por la contaminación atmosférica agravada por el conjunto de los procesos de industrialización y *modus vivendi* del ser humano, ha permitido que organizaciones académicas, organizaciones sin fines de lucro y académicos en propia persona, cada vez más preocupados por el estudio de este fenómeno, desarrollen distintas maneras de comprender y evaluar dicha dinámica (Schneider & Samaniego, 2010). En este sentido, aparecen nuevas temáticas conectadas con las emisiones atmosféricas y las actividades productivas, como el análisis de ciclo de vida, fuga de carbono y huella de carbono, entre otras (Valderrama et al., 2011).

Este último, que especialmente en el ámbito comercial ha tenido mayor reconocimiento por su implicación como factor de competencia, y aunque sobre la mesa de discusión se han planteado varias metodologías y alcances, de manera general se puede definir como la contabilización de la emisión de gases de efecto invernadero hacia la atmósfera, procedentes del accionar productivo, y consumo de bienes y servicios (Wiedmann & Minx, 2007).

El presente Trabajo de Fin de Máster (TFM) se ha desarrollado con la finalidad de ayudar a tomar conciencia a los actores directos e indirectos de la actividad de fabricación de ladrillos artesanales en la ciudad de Cuenca para que puedan mejorar sus procesos que a su vez contribuyan su grano de arena en el cuidado del medio ambiente.

1.2. Marco teórico

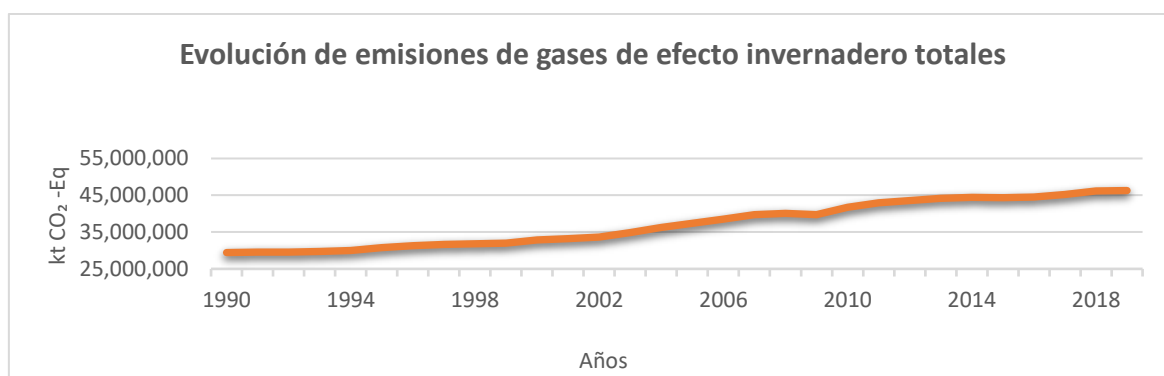
1.2.1. Cambio climático

El modelo de desarrollo que impera en la actualidad y su impacto ambiental en los elementos que conforman el medio natural ha puesto en riesgo su calidad y disponibilidad. Uno de estos elementos, el clima, ha excedido sus rangos de variabilidad normales en términos de temperatura, precipitación y composición atmosférica (Bárcena et al., 2020). En tal razón, en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (ONU, 1992), se definió de manera formal, con base en evidencia científica, el término “cambio climático” a la modificación del clima imputado directamente, su causa, a la actividad antrópica.

Sin embargo, el calentamiento global es producido como consecuencia de las emisiones de gases de efecto invernadero hacia la atmósfera principalmente por la combustión de derivados del petróleo y carbón (Becerra et al., 2009).

No obstante, el efecto invernadero es un fenómeno natural que se produce por un aumento de temperatura en razón a la presencia de determinados gases en la atmósfera (vapor de agua (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), ozono (O₃) y metano (CH₄), etc.; que logran atrapar la radiación solar. Por lo tanto, el incremento de la presencia de estos gases en la atmósfera acrecienta este fenómeno favoreciendo a un desequilibrio térmico (Feandalucía, 2010) y de acuerdo con el Banco Mundial, la curva de emisiones globales de gases efecto invernadero a nivel mundial, es ascendente y esa es la tendencia a futuro (ver Figura 1)

Figura 1. Evolución de emisiones de GEI totales a nivel mundial.



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial, 2019.

1.2.2. Fábricas artesanales de ladrillo

Las fábricas de ladrillos, en el contexto artesanal de la ciudad de Cuenca, son principalmente de conformación familiar para la producción netamente manual mediante la utilización de insumos naturales, máquinas de tracción humana – animal y hornos rústicos (Figura 2), cuyo principal producto de elaboración es el ladrillo conocido localmente como *panelón* y, en menor medida, el ladrillo hueco (Cabrera & Faicán, 2019).

En la ciudad de Cuenca, según el Proyecto “Eficiencia Energética en Ladrilleras Artesanales” (2015), están reconocidos 601 puntos de manufactura de este tipo. Además, se describen otros impactos ambientales asociados a esta actividad, en particular, la contaminación de aguas superficiales y subterráneas, emisión de gases y material particulado, erosión, pérdida de cobertura vegetal y alteración del paisaje.

En dicho proyecto, desarrollado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, COSUDE con una inversión de aproximadamente cinco millones de francos suizos equivalentes a cinco millones cuatrocientos doce mil trescientos cinco dólares, se planteó como objetivo la reducción de emisiones de gases efecto invernadero en ladrilleras artesanales a través de la ejecución de un modelo integral de eficiencia energética que pueda integrarse fácilmente con las políticas públicas de cada país.

Figura 2. *Ladrillera artesanal.*



Nota: Tomada in situ, Sinincay, Cuenca, 2022.

1.2.3. Fábricas artesanales semi - mecanizadas de ladrillo

Son fábricas, de igual modo de conformación familiar, sin embargo, incorporan algún actor externo en su proceso de producción donde conjugan actividades manuales y semiindustriales. En su mayoría, concentran maquinaria como mezcladoras, cortadoras, moledoras, molinos, ventiladores, (Figura 3) obteniendo una producción más eficiente en términos de tiempo y en volumen, adicionalmente debido a este aspecto, cuentan con más variedad y mejores acabados en el producto final, pero con un impacto ambiental mayoritario, puesto que utilizan combustibles fósiles para su ejecución (Barranzuela, 2014).

Figura 3. *Ladrillera artesanal semi – mecanizada.*



Nota: Tomada in situ, Sinincay, Cuenca, 2022.

1.2.4. Indicadores Ambientales

Desde 1960 y convenios internacionales posteriores, aparece el concepto de desarrollo sostenible y con ello, la necesidad de poder revertir y prevenir la degradación del medio ambiente. Con ese fin se crea el mecanismo de la evaluación de impactos ambientales (E.I.A) expuesto dentro de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo en 1992, siendo aceptado por 191 países de Organización de Naciones Unidas e incluyendo dentro de sus políticas locales (Morgan, 2012). Siguiendo esta línea, se define por evaluación de impacto ambiental como un estudio que tiene la finalidad de identificar, dilucidar y pronosticar los impactos ambientales, para determinar acciones debidamente planificadas en el marco de un programa y ejecutarlos por medio de proyectos para prevenir las derivaciones de carácter negativo en el equilibrio ecológico y bienestar humano (Vidal de los Santos & Franco López, 2019).

Los E.I.A. en su defecto, solicitan un equipo multidisciplinar que recaba basta información ambiental base, obtenida por medio de redes monitoreo ambiental. Esta información se convierte en indicadores ambientales, para facilitar su comunicación de una manera más

concreta (Perevochtchikova, 2012); y entre aquellos, entra a formar parte, la Huella de Carbono.

1.2.5. Huella de Carbono

La Huella de Carbono como indicador, nace como la fusión entre el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y el análisis de ciclo de vida aplicado a una determinada organización o servicio (Aguirrezabala, 2018). Este inventario incluye el conjunto de GEI emitidos directa o indirectamente y medidos en toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO_2e) (Cabrera & Faicán, 2019). El cálculo de la Huella de Carbono brinda la opción de estar al tanto cuanto una organización, producto o servicio emite hacia la atmósfera, además, con el conocimiento de aquella métrica, permitir la posibilidad de implementar medidas de mejora mediante el desarrollo de planes y programas con la finalidad de reducir o compensar dichas emisiones (Pérez & Carratalá, 2020).

Es importante hacer una diferenciación conceptual entre las emisiones directas e indirectas de GEI de una organización. En este sentido, se entiende como emisión directa, a cuyas fuentes que son de propiedad de la organización y de las que tiene control; así mismo, las emisiones indirectas se refieren a las que son de derivación de las actividades de la organización, y cuyas fuentes están controladas por una tercera (Ministerio para la Transición Ecológica, 2020). Ligado a lo anteriormente expuesto, según el Protocolo de Gases Efecto Invernadero (1998) existen tres niveles de alcance dentro del cálculo de Huella de Carbono, descritos en la Tabla 1.

Tabla 1. Niveles de alcance para cálculo Huella de Carbono.

Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3
Emisiones directas de gases de efecto invernadero. Por ejemplo, del resultado de combustión en hornos, calderas, vehículos, etc., de propiedad o control de la organización. Y emisiones fugitivas como fugas de aire acondicionado, CH4 de conductos, etc.	Emisiones indirectas de gases de efecto invernadero con relación a la generación de electricidad adquirida y consumida por la organización.	Otras emisiones indirectas. Por ejemplo, extracción y producción de materia prima adquirida por la organización, transporte, viajes, productos, logística, etc.

Fuente: Elaboración propia con datos de Protocolo de Gases Efecto Invernadero, 2014.

1.2.6. Metodologías de cálculo

A la hora de realizar el cálculo de la huella de carbono es conveniente diferenciar el objeto al cual se va a hacer la estimación, para definir qué metodología se adapta mejor dependiendo si son empresas, territorios, bienes, servicios, personas o eventos. Otro factor que se toma en cuenta para calcular es la escala que, en su mayoría, están definidos en los tres alcances descritos anteriormente. No obstante, aunque hay una gran variedad de métodos hasta el momento, destacan ciertas metodologías (Tabla 2), por su reconocimiento y predominio en las valoraciones actuales (CEPAL, 2009).

Tabla 2. *Metodologías de cálculo de huella de carbono.*

Nombre	Institución	Alcance	Estado
UNE-EN ISO 14064-1:2019	Organización Internacional de Normalización	Inventario de emisiones	Publicada
GHG Protocol Alcance 1, 2 y 3	Organización Internacional de Normalización	Inventario de emisiones y Huella de carbono.	Publicada
PAS 2060:2010	British Standard Institute	Huella de carbono y compensación de emisiones	Publicada
Bilan Carbone	ADEME	Huella de Carbono	Publicada

Fuente: Elaboración propia con datos de Inhobe, 2013.

1.2.6.1. UNE-EN ISO 14064

Es una norma que pertenece a la Organización Internacional de Normalización (ISO en inglés) que se encarga de desarrollar normas de carácter internacional para los distintos procesos industriales, entre estos, se encuentra el comercio, la comunicación y la industria en general. Dentro de sus objetivos principales, se encuentra el estandarizar las pautas en los procesos fabricación de productos y temas de seguridad industrial para organizaciones a nivel global. De este modo, a pesar de que la participación es voluntaria, las normas desarrolladas se han convertido en referentes a nivel internacional (Inhobe, 2013).

En este caso, la norma ISO 14064 es una herramienta para calcular las emisiones de gases de efecto invernadero. Su creación tuvo como objetivo garantizar la autenticidad y credibilidad

de los informes de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y de las declaraciones de reducción o eliminación de estas. Esta norma está dividida en tres secciones que en general contienen los principios, criterios y etapas necesarios para llevar a cabo adecuadamente la contabilización y verificación de las emisiones de gases de efecto invernadero, y se instauran mejores prácticas para su gestión, reportes y verificación de información sobre los mismos (Wintergreen & Delaney, 2007).

1.2.6.2. **GHG Protocol**

El Protocolo de Gases de Efecto Invernadero es una herramienta ampliamente utilizada por diversas entidades gubernamentales y empresariales para comprender, cuantificar y gestionar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Sirve como base para casi todos los estándares y programas de GEI en todo el mundo. El estándar del GHG Protocol para el ámbito empresarial establece la forma en que las organizaciones deben informar sus emisiones asociadas a sus operaciones. Estas emisiones estarán divididas en "emisiones directas" e "indirectas" donde las emisiones directas se incluyen en el Alcance 1, las emisiones indirectas se incluyen en el Alcance 2 y Alcance 3 (GGCS, 2015).

Según los ámbitos mencionados en el párrafo anterior, se tiene que el alcance 1 corresponde a emisiones de fuentes directas; el alcance 2, a emisiones indirectas y alcance 3 contiene las emisiones generadas de fuentes indirectas fuera de los límites de la organización (Guallasamin et al., 2018).

1.2.6.3. **PAS 2060**

PAS 2060: 2010 es otra de las herramientas que permite el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a diferentes organizaciones para asistir en su objetivo de alcanzar la neutralidad por medio de la medición, reducción y compensación de emisiones referentes a una actividad, servicio o producto (Guallasamin et al., 2018). Esto implica que, su aplicación además del cálculo de la huella de carbono (HC), también se definen objetivos de reducción de emisiones para los procesos que tenga la organización. En este sentido, una organización consigue la neutralidad mediante la emisión de un documento de declaración de neutralidad si cumple con todos los requisitos para la misma descritos, de manera general, a continuación (Román Rodríguez, 2021):

- La descripción de organización que se plantea a alcanzar la neutralidad en emisiones con la correspondiente justificación debidamente documentada.
- Cálculo de la huella de carbono relacionado con los procesos y actividades de la organización. La metodología quedará documentada.
- Elaboración de un Plan de Gestión de la huella de carbono, en donde se resalte el compromiso de neutralidad de emisiones para la organización adicionando una estrategia clara que establezca la cantidad de emisiones que serán sujetas a compensación en el hipotético caso que haya emisiones que no pueda ser reducidas.
- Ejecución de las acciones propuestas en el plan de gestión para la reducción de la huella de carbono de la organización y realizar un recálculo aplicando la misma metodología.
- Programa de compensación de las emisiones residuales de gases efecto invernadero que no estén sujetas a reducción con el accionar correctivo del plan de acción anterior.

Finalmente, se tiene dos tipos de declaraciones:

- Declaración de compromiso para alcanzar la neutralidad en emisiones de gases efecto invernadero que incluya documentos que avalen el cálculo de la huella de carbono y el plan de gestión.
- Declaración de obtención de la neutralidad en emisiones, en donde se muestre con evidencia que la organización ha alcanzado la reducción de huella de carbono propuesta adicionando un programa de compensación de las emisiones sobrantes

1.2.6.4. Bilan Carbone

Este método está desarrollado por la Agencia del Medio Ambiente y del Control de la Energía de Francia (ADEME), y permite una estimación de las emisiones de GEI generadas por organizaciones que realizan actividades productivas, ya sea de bienes basándose en la Norma ISO14064-1 y directrices generales del GHG Protocol (Enerion Renewables, 2021).

Otra característica de esta metodología es que, dentro de su análisis, incluye los procesos físicos que se ejecutan en una determinada actividad, organización o espacio territorial, distinguiendo emisiones directas, producidas por fuentes que son propiedad y con control de

la organización; e indirectas, que son emisiones de consecuencia de la actividad del municipio, pero que ocurren en fuentes que no son propiedad o están controladas por otra organización.

1.2.7. Cálculo de la huella de carbono según UNE-EN ISO 14064-1:2019

Existen diversos métodos de cálculos de la Huella de Carbono dependiendo del alcance. Uno de ellos, es la aplicación de la norma ISO 14064-1:2018 que su versión en español es *UNE-EN ISO 14064-1:2019 "Gases de efecto invernadero. Parte 1: Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero"*; es una norma estándar internacional que sienta una base metodológica para la realización de los cálculos de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de las organizaciones; aunque no es certificable, es verificable, y con esto, permite el paso a que cualquier organización pueda acreditarse en lo que sus declaraciones de emisiones se refiere (Envira, 2022).

El cálculo se realiza según la ecuación 1 (Ministerio para la Transición Ecológica, 2020):

$$HC = \sum \text{Dato de actividad} \cdot \text{Factor de Emisión} \quad (1)$$

Donde:

Dato de actividad= valor que representa el nivel de actividad que genera emisiones de gases efecto invernadero.

Factor de emisión= valor que representa la cantidad de gases efecto invernadero emitidos a la atmosfera por unidad dependiendo del *dato de actividad*.

La unidad de medida resulta en toneladas de CO_2 equivalente (tCO_2e) que es universal para expresar su potencial de calentamiento global (PCG), es decir "*el efecto de calentamiento integrado a lo largo del tiempo que produce una liberación instantánea de 1 kg de gas de efectivo invernadero comparándolo con el CO_2* " (GreenFacts, 2022); y se calcula aplicando la ecuación 2:

$$\text{Emisiones } (tCO_2e) = \text{Dato de emisión} \cdot PCG \quad (2)$$

Donde:

Dato de emisión= Valor de emisión que se genera.

PCG= Potencial de calentamiento global, generalmente a un tiempo definido de 100 años.

Adicionalmente, se describen tres fases a la hora de establecer los límites para el cálculo:

1.2.7.1. Límites organizacionales

Definidos en dos aspectos, control operacional, cuando la organización contabiliza la totalidad de sus emisiones operativas y define las políticas de empresa por sí misma; y control financiero, cuando la organización cuando tiene la potestad de definir sus políticas financieras y poder conseguir réditos económicos (Suárez, 2019).

1.2.7.2. Límites operacionales

Se establece una clasificación de las fuentes emisoras, es decir, si son de alcance 1, alcance 2 o alcance 3. (Protocolo de Gases Efecto Invernadero, 2014).

1.2.7.3. Establecimiento de año base

Representa el periodo de tiempo base con que se va a establecer la evaluación del impacto de sus emisiones (Russell, 2011).

1.2.8. Normativa Legal

1.2.8.1. España

En España, el marco legal compuesto por la Ley 34/2007, de 15 de Noviembre, de Calidad Del Aire y Protección de La Atmósfera, (2007) hace énfasis en el capítulo III y especifica lo relacionado con prevención y control de las emisiones; además el artículo 16 que dictamina lo referente a la elaboración de planes y programas para la protección de la atmósfera y para minimizar los efectos negativos de la contaminación atmosférica; a su vez el artículo 19 en dónde se mencionan los Indicadores ambientales utilizados para la caracterización de la calidad del aire.

En este mismo orden, se encuentra el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, Relativo a La Mejora de La Calidad Del Aire, (2011) en cuyo artículo 6, menciona la evaluación de la calidad del aire ambiente y en su artículo 7, acerca de los procesos de medición de emisiones. En ese contexto, el capítulo III engloba lo relacionado con la gestión de la calidad del aire y las obligaciones de cumplimiento.

Así mismo, Ley 7/2021, de 20 de mayo, de Cambio Climático y Transición Energética, (2021) considera la voluntad de España para el cumplimiento con la meta del año 2050 de la Unión Europea, para alcanzar la neutralidad de carbono por medio de la transición energética

dejando atrás el consumo de combustibles fósiles y mediante el desarrollo de nuevas tecnologías. El esfuerzo para la transición energética está ligada a la industria y su política para generar más competitividad y mejorar su posicionamiento, buscando correctas inversiones que tienda a proteger los ecosistemas o hacer uso sostenible de estos (Universidad Externado de Colombia, 2021).

Además, el Real Decreto 163/2014, de 14 de marzo, Por El Que Se Crea El Registro de Huella de Carbono, Compensación y Proyectos de Absorción de Dióxido de Carbono, (2014) donde se expedía el registro nacional, era de carácter voluntario para la totalidad de organizaciones que realicen su cálculo de la huella de carbono. No obstante, la nueva disposición del Real Decreto 7/2021 mencionado anteriormente, resuelve que pasan a ser obligatorias dependiendo del ámbito al que correspondan, con la finalidad de realizar y hacer público un plan de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a cinco años, adicionando las medidas que se establezcan para alcanzarlo.

Conjuntamente, Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030, en primera instancia elaborado con la finalidad de reunir acciones que permitan la reducción de emisiones netas de GEI hacia la atmósfera, y segundo para conformar un conjunto de labores que faciliten la reducción del potencial impacto que produce el cambio climático en términos de vulnerabilidad y exposición hacia este para fortalecer la resiliencia de la sociedad y los ecosistemas (MITECO, 2022a).

1.2.8.2. Ecuador

En 1999, mediante la resolución legislativa, Ecuador se suscribió al Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y según este documento, se comprometió a generar legislación encaminada al cumplimiento de este. Uno de los documentos legales presentados, fue el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario (TULAS) donde se ratifican las disposiciones respecto al cambio climático (Loja, 2008).

En consecuencia, ya en el año 2016, la continuidad del protocolo enmarcado en el Acuerdo de París, el estado ecuatoriano se suscribe a este, y dentro de las negociaciones para su entrada en vigor, introdujo en el seno de las negociaciones de la COP21 el concepto de “justicia climática” y anunció su inconformidad de que, los objetivos de reducción de GEI adscritos a esta resolución, no sean de carácter vinculante (Ministerio del Ambiente, 2016).

La Constitución de la República del Ecuador, en el artículo 14, hace un reconocimiento al derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que avale la sostenibilidad y *sumak kawsay*² para la población. Asimismo, el artículo 397, hace mención de que se establezcan mecanismos de prevención y que el control de la contaminación sea efectivo, para la recuperación de espacios naturales deteriorados y que el manejo de los recursos naturales sea sustentable (Constitución Política de Ecuador, 2008).

Por otra parte, Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización, en su artículo 431, encamina a que los Gobiernos Autónomos Descentralizados constantemente instauren normas para una gestión integral de los residuos contaminantes en términos de prevención, control y sanción (COOTAD, 2010).

Asimismo, el artículo 112 de la Ley Orgánica de la Salud exterioriza la obligación de los Gobiernos Autónomos Descentralizados la planificación de monitorear la calidad del aire, con la finalidad de prevención de contaminación de fuentes fijas, móviles y de fenómenos naturales (Ley Orgánica de Salud, 2006).

Por su parte, la Ley de Gestión Ambiental publicada en el Registro Oficial Suplemento 418 el 10 septiembre de 2004, en los artículos 13, 19, 21, 22 y 23 dictamina a los Gobiernos Autónomos Descentralizados, como entidades descentralizadas para gestión ambiental local, es decir con el deber de configurar sus propias políticas ambientales, y estimarán las actividades que provoquen impactos ambientales, además de la realización de evaluaciones ambientales y tareas de mitigación (Ley de Gestión Ambiental, 2004). Adicionalmente, dentro del marco jurídico ecuatoriano, se establecen los niveles máximos para emisiones por fuentes fijas y móviles según el Acuerdo Ministerial Que Contiene Anexos Del Libro VI Del Texto Unificado de Legislación Secundaria Del Ministerio Del Ambiente En Los Recursos: Agua, Suelo, Aire Emisiones y Ruido, (2015).

De igual forma, el país cuenta con una norma técnica del “Programa Ecuador Carbono Cero” con su última reforma publicada en el Registro Oficial 129, del 18 de agosto de 2022, donde se dictamina los lineamientos técnicos basados en la norma internacional ISO 14067, ISO 14044 y el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero para la implantación del programa a nivel

² Sumak kawsay: principio andino del buen vivir.

organizacional que resulta en la primera aproximación de un inventario de emisiones a nivel de empresa (Norma Técnica Del Programa “Ecuador Carbono Cero Con Alcance Organizacional,” 2022).

Finalmente, la organización postulante al programa recibe un Distintivo de Cuantificación Huella de Carbono, si acceden al nivel 1, y reciben la Certificación Reducción Huella de Carbono si aplican al nivel 2. Cabe resaltar que este programa es totalmente opcional sin ninguna relación legalmente vinculante hasta la fecha (Ministerio del Ambiente, 2022).

2. Objetivos del TFE

2.1. Objetivo general

Calcular la huella de carbono tomando en cuenta un emplazamiento dedicado a la fabricación de ladrillos artesanales en la parroquia Sinincay, cantón Cuenca.

2.2. Objetivos específicos

- 2.2.1. Determinar los aspectos e impactos ambientales significativos asociados al proceso de fabricación del ladrillo artesanal.
- 2.2.2. Determinar los focos de emisión de GEI a la atmosfera en el proceso de fabricación del ladrillo artesanal.
- 2.2.3. Cuantificar la contribución de emisiones de las fuentes anteriormente descritas según lo establecido en la UNE-EN ISO 14064-1:2019.
- 2.2.4. Definir un plan de mejoras que especifiquen alternativas para reducción de emisiones de GEI.

3. Hipótesis de trabajo

El cálculo de la huella de carbono es de aplicabilidad para cualquier tipo de organización, comúnmente por referir a escalas mayores, las organizaciones de tipo industriales son las primeras en someterse a este tipo de indicadores, sin embargo, hay actividades manufactureras que, por sus precarias tecnologías y procesos ineficientes, pueden estar emitiendo a la atmosfera cantidades considerables de GEI, en comparación de su volumen de producción y tamaño de emplazamiento.

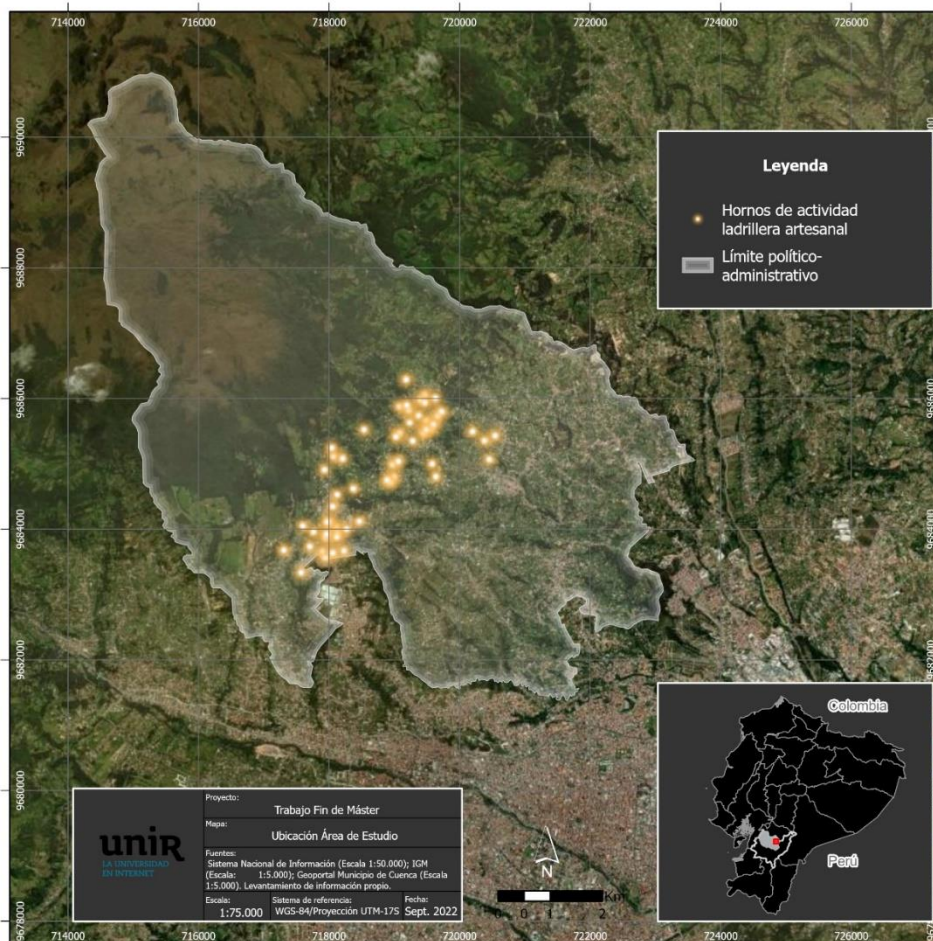
En este sentido, este trabajo de fin de máster procura estimar cuantitativamente las toneladas de CO₂ equivalente en una fábrica artesanal de ladrillos en nivel de alcance 1 y 2 siguiendo la metodología de la norma UNE-EN ISO 14064-1:2019 que, a su vez, permitirá el desarrollo de un plan de mejoras que permita reducir en un 10% las emisiones anteriormente cuantificadas al mediano y largo plazo.

4. Descripción de la organización

4.1. Ubicación de la organización

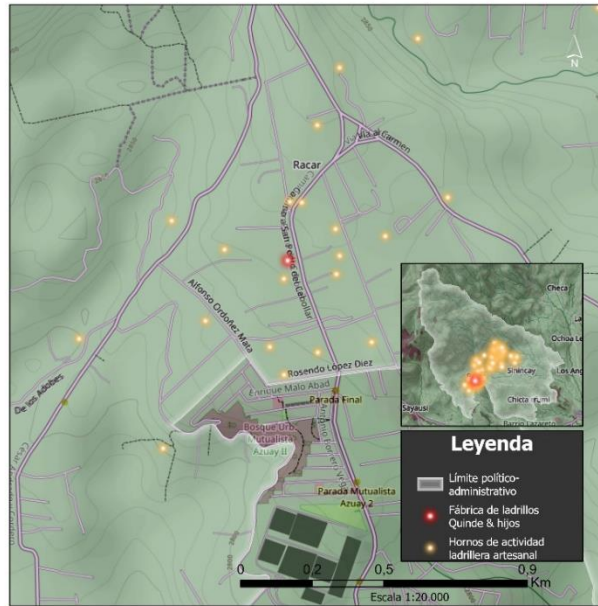
El estudio está delimitado teniendo como referencia que todas las fábricas artesanales de ladrillos cuentan con procesos similares. Por lo cual, se tomará solo un emplazamiento aleatoriamente como referencia para el cálculo de la huella de carbono. La fábrica en estudio está ubicada en el sector de Racar dentro de la parroquia Sinincay, cantón Cuenca, Provincia de Azuay, Ecuador (ver Figura 4, 5 y 6). Con una superficie de 963,84 m², tiene una producción mensual de aproximadamente 30.000 ladrillos.

Figura 4. Ubicación de hornos de fábricas de ladrillos artesanales en la parroquia Sinincay.



Fuente: Elaboración propia con datos cartográficos tomados de Geoportal del Municipio de Cuenca, IGM, 2022.

Figura 5. Ubicación de fábrica artesanal objeto de estudio respecto a otras.



Fuente: Elaboración propia con datos cartográficos tomados del Geoportal del Municipio de Cuenca, IGM, 2022.

Figura 6. Vista ortogonal de área de fábrica artesanal Quinde & Hijos.



Fuente: Elaboración propia con datos cartográficos tomados del Geoportal del Municipio de Cuenca, IGM, 2022.

4.2. Actividad de la organización

La organización fabrica ladrillos, en su mayoría, de tipo *panelón*. A continuación, se describe los procedimientos que se requieren para su elaboración.

4.2.1. Obtención de materia prima

La ubicación de la actividad de fabricación de ladrillos en la parroquia Sinincay se debe a la calidad adecuada de sus suelos para el fin dispuesto ha sido el factor fundamental para el asentamiento de la manufactura (Figura 7). Estos suelos son de características arcillosas con presencia de silicatos como resultado de la meteorización de rocas bauxitas y menor cantidad de cascajo (Cabrera & Faicán, 2019). Sin embargo, para maximizar la producción se ha optado últimamente por traer más tierra con similares características de otras partes de la ciudad. Adicionalmente, se abastecen de leña de maderas como eucalipto y pino (Figura 8 y 9), así como el uso de aserrín y diésel. Es así como, para una producción de 10.500 ladrillos se utiliza 18 m³ de leña (Maza, 2011).

Figura 7. *Arcilla conglomerada.*



Nota: Tomado in situ fábrica Quinde & Hijos, Cuenca, 2022.

Figura 8. *Depósito de leña eucalipto.*



Nota: Tomado en un aserradero a 4 km de la fábrica, Cuenca, 2022.

Figura 9. *Depósito de leña pallets.*



Nota: Tomado in situ fábrica Quinde & Hijos, Cuenca, 2022.

4.2.2. Mezcla – laminación

En una piscina rústica, se vierte la arcilla seleccionada y se ingresa 6 m³ de agua para remojar la tierra. Esta etapa tiene tiempo de espera hasta que todo el material esté con textura suave y posteriormente se procede a la utilización de una yunta para que mulas hagan movimiento circular realizando una especie de batido artesanal. Eventualmente, como se muestra en la Figura 10, las ladrilleras semi mecanizadas, optan por la utilización de una laminadora que tiene mismo objetivo.

Figura 10. *Laminadora.*



Nota: Tomada in situ fábrica Quinde & Hijos, Cuenca, 2022.

4.2.3. Moldeado

El material anteriormente descrito está listo para ingresar en los moldes para conformar geoméricamente el ladrillo. Hay distintos moldes dependiendo del tipo de ladrillo a fabricar (ver Figura 11). Existen dos subprocesos, uno más artesanal para la realización del bloque de ladrillo mediante moldes y otro más mecánico, con la utilización de una cortadora (ver Figura 12) que tiene modelos integrados que va cortando cada cierta medida la tierra laminada en forma de bloques.

Figura 11. *Moldes para ladrillo tipo panelón y hueco.*



Nota: Tomada in situ fábrica Quinde & Hijos, Cuenca, 2022.

Figura 12. *Cortadora.*



Nota: Tomada in situ fábrica Quinde & Hijos, Cuenca, 2022.

4.2.4. Secado

Una vez obtenidos los bloques de ladrillo, se lleva al secadero (ver Figura 13), que utiliza el mismo sistema de un invernadero mediante la utilización de plástico de polietileno de baja densidad PEBD traslúcido que ayuda a mantener el calor producido por la radiación del sol que atraviesa este material y calienta a los ladrillos dispuestos a lo largo de toda la estructura (Pensemos Verde, 2018). Este procedimiento puede llegar a durar de entre 10 hasta 15 días dependiendo del tiempo meteorológico.

Figura 13. *Cuarto de secado.*



Nota: Tomada in situ fábrica Quinde & Hijos, Cuenca, 2022.

4.2.5. Horneado

El horno, fabricado de adobe, es de tipo rústico (ver Figura 14) con unos ductos de ventilación a $3 \frac{m}{s}$ para oxigenar la cámara de quemado (Cabrera & Faicán, 2019), debe

precalentarse a través de la utilización de leña proveniente de madera de pino (*Pinus patula*) y eucalipto (*Eucalyptus globulus*), aserrín, restos de madera en general a una temperatura de entre 700 u 800 °C por un tiempo aproximado de 12 a 14 horas (Gavilanez, 2005). (ver Figura 15)

Figura 14. Interior de horno tipo rústico.



Nota: Tomada in situ fábrica Quinde & Hijos, Cuenca, 2022.

Figura 15. Vista horno tipo rústico.



Nota: Tomada in situ fábrica Quinde & Hijos, Cuenca, 2022.

4.2.6. Almacenamiento

En la fachada principal de acceso a la entrada de la fábrica se encuentra, a manera de mostrador, los ladrillos elaborados para que los potenciales compradores puedan observar los ladrillos fabricados y puedan palpar la calidad de este (Figura 16). Asimismo, aunque la fábrica no cuenta con transporte propio para llevar el material que se ha adquirido, dispone de contactos de transportistas que realizan esa labor para una gran mayoría de manufactureros de ladrillos en la parroquia.

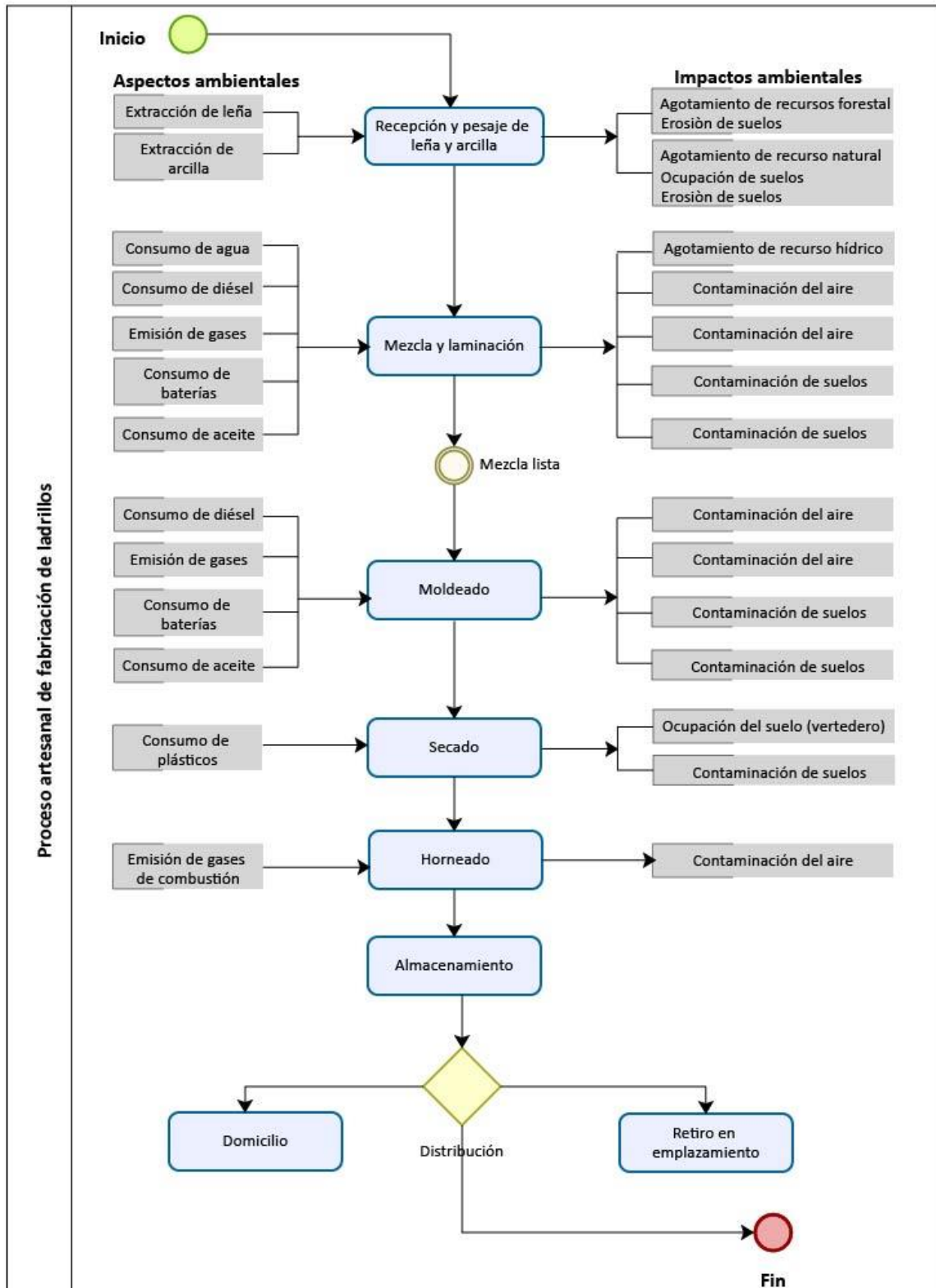
Figura 16. *Depósito de ladrillos para la venta.*



Nota: Tomada in situ fábrica Quinde & Hijos, Cuenca, 2022.

Con los procesos de fabricación anteriormente descritos, se presenta un flujograma de la organización, que permita incorporar y concebir de forma más clara la sucesión de pasos estructurados que se requieren para el desarrollo del proceso en cuestión., donde de manera esquemática se ha añadido los posibles aspectos e impactos ambientales que se desarrollará más adelante (Figura 17).

Figura 17. Diagrama de flujo fabrica artesanal de ladrillo Quinde & Hijos.



Fuente: Elaboración propia con datos de entrevista en planta de producción, 2022.

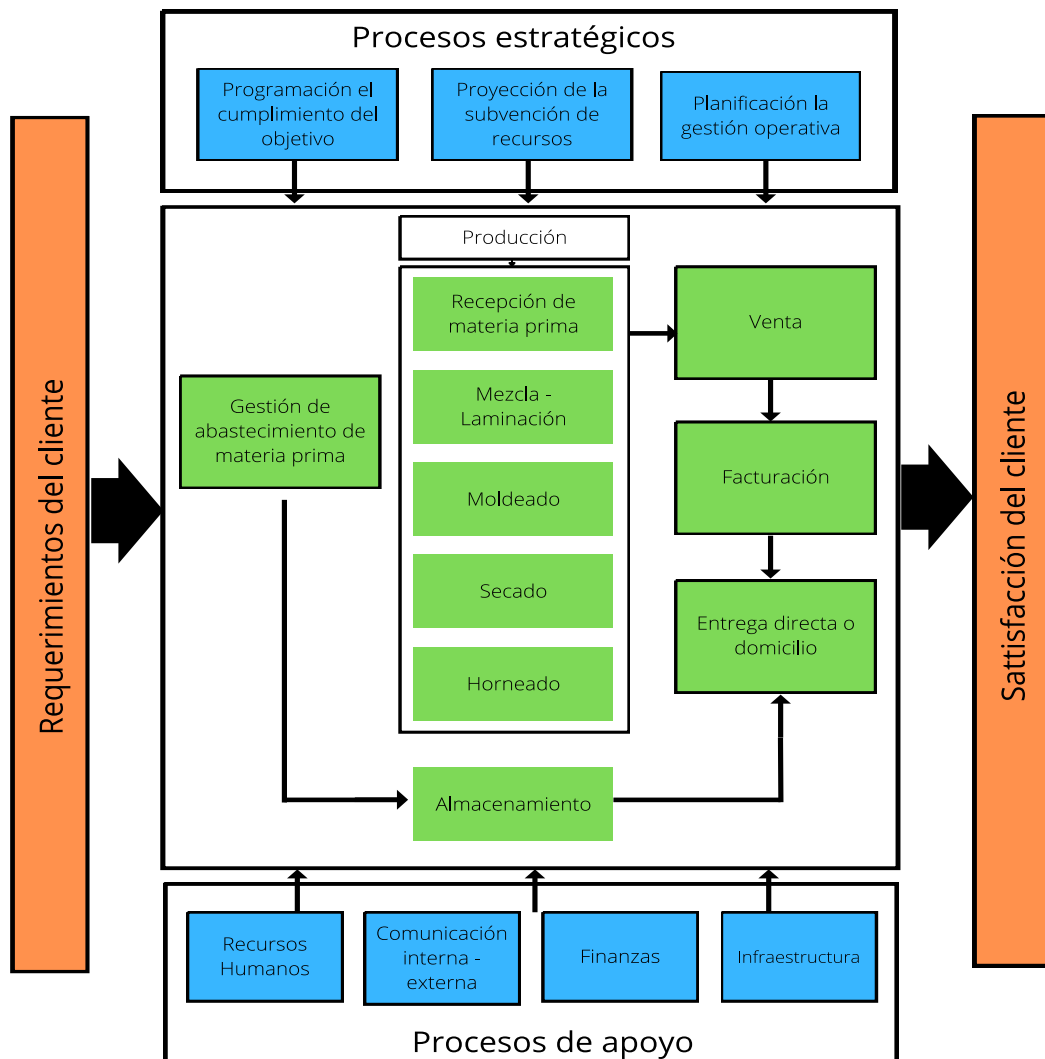
4.3. Número de trabajadores

Las actividades artesanales no tienen un regimiento bajo un departamento de recursos humanos, más bien forman parte del mismo entorno familiar. En este sentido, el número de trabajadores es de 6 personas, todos forman parte de la misma familia y no registran una especial jerarquía entre ellos, pues todos realizan las mismas actividades.

4.4. Procesos de la organización

Aunque por su carácter artesanal, no presentan procesos muy definidos, para fines de explicación se ha realizado un mapa de procesos (Figura 18) donde se describen sus procedimientos principales como parte de su funcionamiento integral.

Figura 18. Mapa de procesos de fábrica de ladrillos artesanal Quinde & Hijos.



Fuente: Elaboración propia.

5. Identificación y evaluación de los aspectos ambientales asociados a la actividad de la organización

Para la realización de la identificación y evaluación de los aspectos ambientales de la organización en cuestión, en primer lugar, se determina los límites de la organización en términos de tiempo y de operación. Seguidamente, según el apartado 5.2.4. de la norma UNE-EN ISO 14064-1:2019, se debe establecer un inventario de categorías de gases efecto invernadero (GEI), en este caso concreto, por el alcance uno *“emisiones y remociones directas de GEI”* y alcance 2, *“emisiones indirectas de gases de efecto invernadero con relación a la generación de electricidad adquirida y consumida por la organización”*. Para el alcance 3, *emisiones indirectas de GEI por transporte*, no aplica para la organización en estudio, puesto que la misma no se encarga de ese rubro sino la misma clientela. Y, correspondiente a las *emisiones indirectas de GEI por productos utilizados por la organización*, se ha incluido dentro del alcance 1.

5.1. Límites organizacionales, operativos y temporales

La organización Quinde & Hijos, dedicada a la fabricación artesanal de ladrillos, tiene el control total de sus emisiones en términos operativos, además, también posee el control financiero y de sus políticas organizaciones internas. Por otra parte, se establece el alcance 1 y 2 para la estimación de la huella de carbono en vista que la fábrica, posee todo el control de sus emisiones, incluido su consumo eléctrico. Para la determinación de un año base, se tomó en cuenta datos caracterizados en una entrevista al dueño la fábrica a principios de 2022. Entre estos datos, destacan producción mensual y cantidad de insumos para la quema en los hornos necesaria para dicha producción, descripción de maquinaria y consumo eléctrico.

5.2. Datos de actividades

5.2.1. Aspectos Ambientales

Se define como aspecto ambiental, en el marco de este trabajo, a los elementos de las actividades de la organización que pueden interactuar con el medio ambiente (Tabla 3). Al mismo tiempo, impacto ambiental está descrito como los cambios que puedan darse en el medio ambiente, y pueden ser de características negativas o positivas (Asociación Española de Normalización y Certificación, 2015).

Tabla 3. Aspectos ambientales en condiciones de normales de funcionamiento.

Actividad	Aspecto ambiental	Impacto ambiental
Obtención materia prima.	Extracción de leña.	Agotamiento de recursos forestal. Erosión de suelos.
	Extracción de arcilla.	Agotamiento de recurso natural. Ocupación de suelos. Erosión de suelos.
Mezcla – laminación.	Consumo de diésel.	Agotamiento de recurso natural.
	Emisión de gases de combustión.	Contaminación del aire.
	Consumo de agua.	Agotamiento de recurso hídrico.
	Uso de baterías.	Agotamiento de recurso natural.
	Consumo de aceite.	Agotamiento de recurso natural.
	Emisión de ruido.	Aumento de niveles de ruido en área de influencia.
Moldeado.	Generación de residuos de envases de sustancias peligrosos.	Ocupación del suelo (vertedero). Contaminación de suelos.
	Consumo de diésel.	Agotamiento de recurso natural.
	Uso de baterías.	Agotamiento de recurso natural.
	Consumo de aceite	Agotamiento de recurso natural.
Secado.	Emisión de ruido.	Aumento de niveles de ruido en área de influencia.
	Generación de residuos de envases de sustancias peligrosos.	Ocupación del suelo (vertedero). Contaminación de suelos.
	Consumo de plásticos.	Ocupación del suelo (vertedero). Contaminación de suelos.
Horneado.	Emisión de gases de combustión.	Contaminación del aire.
	Generación de olores.	Alteración de calidad de vida en zona de influencia.
Iluminación	Consumo de energía eléctrica	Agotamiento de recurso natural.

Fuente: Elaboración propia con datos de entrevista en planta de producción, 2022.

5.2.2. Evaluación de aspectos ambientales

La selección de criterios para la evaluación de los aspectos ambientales identificados es definida por cada organización (Asociación Española de Normalización y Certificación, 2019). De este modo, para fines académicos previo a la realización del cálculo, se definen los siguientes criterios en la Tabla 4 y 5 siguiendo una adaptación de la metodología establecida en la UNE ISO 14001:2015:

Tabla 4. *Criterios de evaluación para aspectos ambientales.*

Cantidad	Sensibilidad del medio	Disponibilidad
Volumen de consumos.	Capacidad de recepción del impacto.	Disponibilidad del recurso necesario.

Fuente: Elaboración propia con datos de Asociación Española de Normalización y Certificación, 2019.

Tabla 5. *Valores asignados a cada criterio.*

Cantidad	Valor
En producción menor a 360.000 ladrillos de producción anual con respecto al periodo anterior.	1
En producción igual a 360.000 ladrillos de producción anual con respecto al periodo anterior.	2
En producción mayor a 360.000 ladrillos de producción anual con respecto al periodo anterior.	3

Nota: Elaboración propia. Se definen 360.000 ladrillos porque la producción mensual de la organización son 30.000 ladrillos mensuales.

Sensibilidad del medio	Valor
Actividad se desarrolla en polígono industrial.	1
Actividad se desarrolla en área rural.	2
Actividad se desarrolla en área urbana.	3

Disponibilidad	Valor
Recurso renovable	1
Recurso no renovable	2

Fuente: Elaboración propia con datos de Asociación Española de Normalización y Certificación, 2019.

Una vez definidos los valores para cada criterio, se establece un valor de significancia para resaltar los aspectos ambientales más significativos.

$$\text{Significancia} = \frac{C+S+D}{A} \quad (3)$$

Dónde:

C = valor de criterio de cantidad

S = valor de criterio de sensibilidad del medio

D = valor de criterio disponibilidad

A = número de aspectos ambientales

Entonces:

Si la *Significancia* > 0,83 representa como aspecto ambiental significativo.

En la Tabla 6, se reemplazan los valores de las Tablas 3 y 4 en la ecuación (3) para cada aspecto ambiental y se realiza el cálculo para conocer su significancia.

Tabla 6. *Significancia de aspectos ambientales.*

Actividad	Aspecto ambiental	Cálculo de valores criterio	Valor de significancia	Significancia
Obtención materia prima.	Extracción de leña.	$\frac{2 + 2 + 1}{6}$	0,83	No significativa
	Extracción de arcilla.	$\frac{2 + 2 + 2}{6}$	1	Significante
Mezcla - laminación.	Consumo de diésel.	$\frac{2 + 2 + 2}{6}$	1	Significante
	Emisión de gases de combustión.	$\frac{2 + 2 + 2}{6}$	1	Significante
	Consumo de agua.	$\frac{2 + 2 + 1}{6}$	0,83	No significativa
	Consumo de baterías.	$\frac{2 + 2 + 2}{6}$	1	Significante
	Consumo de aceite.	$\frac{2 + 2 + 2}{6}$	1	Significante
	Emisión de ruido.	$\frac{2 + 2 + 0}{6}$	0,66	No significativa

	Generación de residuos de envases de sustancias peligrosos.	$\frac{2 + 2 + 2}{6}$	1	Significante
Moldeado.	Consumo de diésel.	$\frac{2 + 2 + 2}{6}$	1	Significante
	Consumo de baterías.	$\frac{2 + 2 + 2}{6}$	1	Significante
	Consumo de aceite.	$\frac{2 + 2 + 2}{6}$	1	Significante
	Emisión de ruido.	$\frac{2 + 2 + 0}{6}$	0,66	No significativa
	Generación de residuos de envases de sustancias peligrosos.	$\frac{2 + 2 + 2}{6}$	1	Significante
Secado.	Consumo de plásticos.	$\frac{2 + 2 + 2}{6}$	1	Significante
Horneado.	Emisión de gases de combustión.	$\frac{2 + 2 + 2}{6}$	1	Significante
	Generación de olores.	$\frac{2 + 2 + 2}{6}$	1	Significante
Iluminación	Consumo de energía eléctrica.	$\frac{2 + 2 + 0}{6}$	0,66	No significativa

Fuente: Elaboración propia basada en Asociación Española de Normalización y Certificación, 2019.

Seguidamente, en la Tabla 7, se especifican los aspectos ambientales que resultaron significativos de acuerdo con el análisis anterior.

Tabla 7. Aspectos ambientales significativos.

Aspecto ambiental	Significancia
Extracción de arcilla	Significante
Consumo de diésel	
Consumo de aceite	

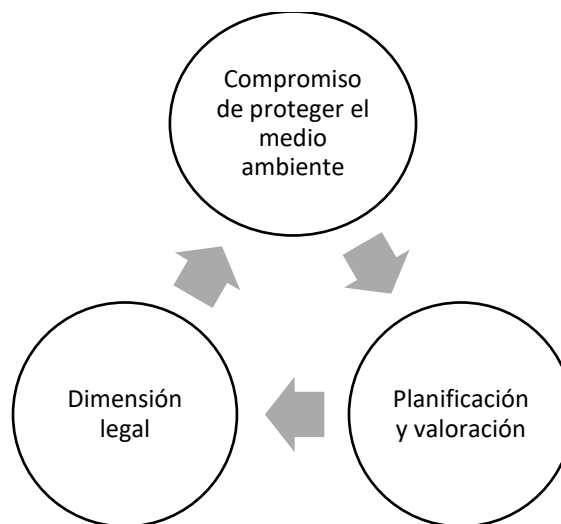
Uso de baterías	Significante
Emisión de gases de combustión	
Generación de residuos de envases de sustancias peligrosos	
Generación de olores	

Fuente: Elaboración propia.

6.3 Gestión de aspectos ambientales

En vista que la organización en estudio, no aplica ningún tipo de gestión de sus aspectos ambientales; para un tratamiento integral de los aspectos caracterizados en el apartado anterior, se sugiere que la gerencia de la organización estructure la fábrica como una empresa que vaya mucho más allá de una actividad familiar. Esto quiere decir que, se establezcan lineamientos organizativos desde la toma de consciencia con responsabilidad y compromiso desde las esferas más altas de la organización (Figura 19) y también la institución de jerarquías de control en lo que corresponde a sus procesos productivos (Figura 20).

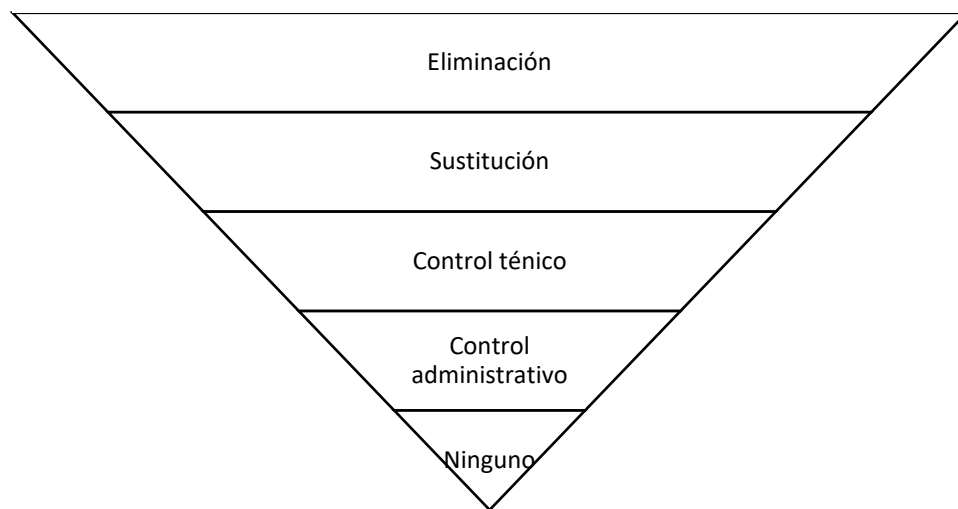
Figura 19. Responsabilidades de la alta dirección.



Fuente: Elaboración propia con datos de AENOR, 2017.

Una vez que los aspectos ambientales se han logrado identificar y están jerarquizados los de mayor relevancia, es importante trazar hoja de ruta en donde se dictaminen una serie de protocolos con la finalidad de afianzar una efectiva gestión (Figura 20) (Asociación Española de Normalización y Certificación, 2015).

Figura 20. *Jerarquía de control de aspectos ambientales.*



Fuente: Elaboración propia con datos de AENOR, 2017.

Esta pirámide invertida representa, en su parte superior, a las mejores y más efectivas acciones de control y en la parte inferior, lo opuesto. En función de aquello, **eliminación** está definida como la eliminación del aspecto ambiental que genera el mayor impacto o, a su vez, la eliminación del proceso que genera un determinado aspecto ambiental significativo.

Sustitución, implica el reemplazo de una cosa o elemento que esté generando un aspecto ambiental significativo por otro que ocasione uno menor.

Control técnico, supone que, aunque los aspectos no son eliminados, sean controlados mediante ingeniería para que los impactos de los aspectos ambientales significativos sean aislados y hagan el menor daño posible al medio ambiente.

Control administrativo, figura como el control del personal y su desempeño con respecto a los aspectos ambientales para precautelar al mínimo su interrelación con el medio ambiente. Por ejemplo, manuales, Instructivos, señalética, registros, etc.

Para la gestión de los aspectos ambientales en los que la organización deberá poner sus esfuerzos de gestión serán los de mayor significancia según la evaluación; extracción de arcilla

(Figura 21), consumo de diésel y aceite (Figura 22 y 23), uso de baterías, emisión de gases de combustión (Figura 24), generación de residuos de sustancias peligrosas, y generación de olores (Figura 25), detallados en la Tabla 8 con su respectiva medida de control aplicable e indicador de seguimiento.

Es importante mencionar que las medidas de control serán incorporadas al plan de mejora para poder gestionar integralmente las medidas correctivas para el desarrollo de la organización.

Tabla 8. *Gestión de Aspectos ambientales significativos.*

Aspecto ambiental	Impacto ambiental	Medidas de control	Indicadores de seguimiento
Extracción de arcilla	Agotamiento de recurso natural	Reforestación una vez realizada la extracción del material.	Área reforestada (Hectáreas/año)
	Ocupación de suelos		
	Erosión de suelos		
Consumo de diésel	Agotamiento de recurso natural	Reducir el consumo de combustibles fósiles. Aumentar consumo de biodiésel y avanzar a la utilización de motores eléctricos.	Volumen de diésel consumido (litros/año)
Consumo de aceite	Agotamiento de recurso natural	Reducir el consumo de derivados del petróleo. Aumentar la utilización de bioaceite pirolítico y avanzar en la utilización de motores eléctricos puesto que no es necesario cambios de aceite.	Volumen de aceite consumido (litros/año)
Uso de baterías	Agotamiento de recurso natural	Reemplazar el uso de batería de plomo – ácido en baterías de litio más eficientes.	Número de baterías usadas /año
Emisión de gases de combustión	Contaminación del aire	Construcción de horno más eficiente. Uso de combustibles menos contaminantes.	Huella de carbono / año
Generación de residuos de envases de sustancias peligrosas	Ocupación del suelo (vertedero). Contaminación de suelos	Correcto almacenamiento para evitar vertidos y entrega a gestores calificados.	Peso de envases vacíos entregados a gestor/ año
Generación de olores	Alteración de calidad de vida en zona de influencia	Limpieza de conductos de chimenea y restos de hollín en el	Percepción de olor por parte de personas que

horno. Utilización de biomasa sin humedad.	habitan la zona de influencia.
-----------------------------------------------	-----------------------------------

Fuente: Elaboración propia con datos de Delgado & Ochoa, 2019.

Figura 21. *Extracción de arcilla.*



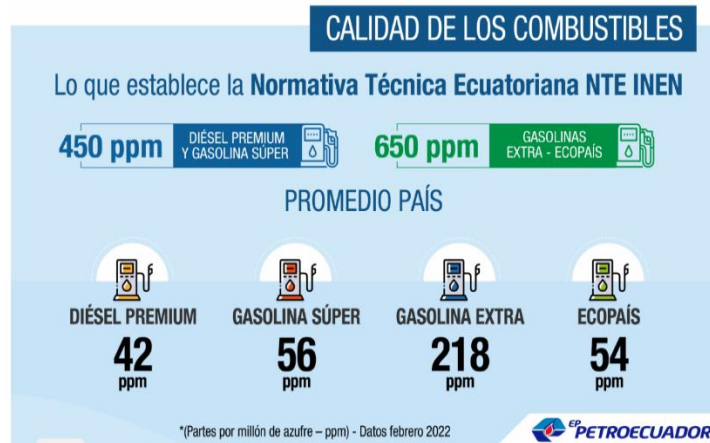
Nota: Tomada in situ fábrica Quinde & Hijos, Cuenca, 2022.

Figura 22. *Tipo de aceite utilizado en motores estacionarios.*



Nota: Tomada en local de abastecimiento de fábrica Quinde & Hijos, Cuenca, 2022.

Figura 23. Características de diésel utilizado en motores estacionarios.



Fuente: PetroEcuador, 2022.

Figura 24. Visualización de emisiones detrás de fábrica Quinde & Hijos.



Nota: Tomada in situ fábrica Quinde & Hijos, Cuenca, 2022.

Figura 25. *Emisión de olores por combustión de leña húmeda en hornos.*



Nota: Tomada in situ en alrededores de fábrica Quinde & Hijos, Cuenca, 2022.

6. Cálculo de la huella de Carbono

6.1. Definición del alcance del estudio

Las orientaciones de la norma *UNE-EN ISO 14064-1:2019*, rescata los siguientes procedimientos generales a la hora del cálculo de la huella de carbono:

- a) Límites de la organización definidos en el Capítulo 6 del presente texto.
- b) Identificación de emisiones revisadas anteriormente en el capítulo 6.
- c) Cálculo de las emisiones

Como se ha mencionado anteriormente, en el apartado 6.1 de este trabajo, el alcance definido para este estudio corresponde a Alcance 1 y 2 es decir, de control total por parte del dueño de la empresa en donde se debe realizar un inventario de categorías de GEI, categoría a. emisiones y remociones directas de GEI.

6.2. Definición de los límites de la organización y operativos

En el presente estudio, se realiza el cálculo de la huella de carbono con datos del año 2022 para que en años posteriores pueda ser tomado como año base en una comparativa futura. Además, en el cálculo se toma en cuenta un enfoque operativo, en vista que solo se va a considerar las instalaciones en donde se tiene control por parte de la dirección. En este sentido, se establece la delimitación a (Alcance 1 y 2) de emisiones directas y haciendo una relación con los aspectos ambientales anteriormente detallados se obtiene lo siguiente descrito en la Tabla 9.

Tabla 9. Datos requeridos para el cálculo de huella de carbono en relación con los aspectos ambientales significativos para el alcance 1 y 2.

Alcance	Fuente de emisión	Actividad	Aspecto ambiental	Requerimiento de datos	Unidades
1	Máquina laminadora	Tratamiento de arcilla	Emisión de gases de combustión	Consumo de combustible	Litros
			Consumo de diésel	Consumo de aceite	

		Consumo de baterías	Energía entregada	kg/kWh
	Máquina moldeadora	Dotación de forma a la arcilla	Emisión de gases de combustión. Consumo de diésel	Consumo de combustible Litros
			Consumo de aceite	Consumo de aceite
			Consumo de baterías	Energía entregada kg/kWh
	Horno	Quema de bloques de arcilla	Emisión de gases de combustión.	Consumo de combustible Kilogramos
2	Focos	Iluminación	Consumo de energía eléctrica	Consumo de energía eléctrica kWh

Fuente: Elaboración propia con datos de Ministerio para la Transición Ecológica, 2020.

6.3. Toma de datos y factor de emisión

En el presente apartado, para el Alcance 1 se toma en cuenta los consumos de la maquinaria utilizada en los procesos de fabricación, tomando en cuenta el factor de emisión asociado a la actividad para el año 2022. Los datos son obtenidos, para fines académicos, por medio de entrevistas in situ y recopilación bibliográfica concreta, que permite su utilización en el presente trabajo y es escalable a las características y volumen de producción de la organización en estudio.

Según el apartado 6.2.1, donde se realizó la identificación de los aspectos con relación a los procesos de fabricación, se detalla la existencia de dos máquinas semi mecanizadas (laminadora y cortadora) que utilizan diésel y una batería de 12 V de plomo-ácido como para su funcionamiento. Mencionada maquinaria utiliza dos motores de tipo estacionario con las características de la Tabla 10.

Tabla 10. Características de motor usado en laminadora y cortadora.

Motor	Diesel
Potencia máxima	14 HP
Potencia continua	13 HP

Revolución máxima por minuto	3600 RPM
Consumo de combustible	2,7 litros/ hora a 3600 RPM
Capacidad de aceite	1,65 litros
Uso continuo	5 horas
Producción diaria	500 ladrillos /hora

Fuente: Elaboración propia con datos de Rasa Motors, 2022.

6.3.1. Consumo de diésel

Con lo anteriormente expuesto, considerando que la producción mensual es de alrededor de 30.000 ladrillos mensuales, se expone que:

Si,

En 1 hora se fabrican 500 ladrillos y,

$$Uso\ continuo\ de\ motor = 5 \frac{horas}{día} \quad (4)$$

Entonces,

$$n^{\circ}\ ladrillos = 2.500 \frac{ladrillos}{día} \quad (5)$$

Además, si

En 12 días distribuidos en un mes se fabrican 30.000 ladrillos mensuales y,

$$Consumo\ combustible\ de\ motor = 2,7 \frac{litros}{hora} \quad (6)$$

$$Uso\ continuo\ de\ motor = 5 \frac{horas}{día} \quad (7)$$

Entonces,

$$Consumo\ combustible\ de\ motor = 162 \frac{litros}{mes} \quad (8)$$

$$Consumo\ combustible\ de\ motor = 1.994 \frac{litros}{año} \quad (9)$$

6.3.2. Consumo de aceite

Para un funcionamiento adecuado del proceso productivo, se deben realizar los mantenimientos periódicos del motor de ambas máquinas. Con esta finalidad, son necesarios

cambios de aceite cada determinado tiempo de uso. En ese caso, el fabricante Rasa Motors, recomienda que cada 50 horas de trabajo se proceda a su sustitución.

Si, 1,65 *litros* equivalen a 50 *horas* de trabajo de motor antes de ser reemplazado, conociendo que el uso del motor es de 5 horas diarias, lo que representan 12 días al mes

Entonces,

$$n^{\circ} \text{ días al año} = 12 \frac{\text{días}}{\text{mes}} \cdot 12 \text{ mes} \quad (10)$$

$$n^{\circ} \text{ días al año} = 144 \text{ días}$$

Y, para dimensionar anualmente:

$$n^{\circ} \frac{\text{horas}}{\text{año}} = 144 \text{ días} \cdot 5 \text{ horas} \quad (11)$$

$$n^{\circ} \frac{\text{horas}}{\text{año}} = 720 \text{ horas}$$

Entonces,

$$n^{\circ} \text{ de cambios de aceite de motor al año} = \frac{720 \text{ horas}}{50 \text{ horas}} \quad (12)$$

$$n^{\circ} \text{ de cambios de aceite de motor al año} = 14,4 \approx 15$$

Finalmente, se calcula los litros necesarios para un año completo de producción:

$$\text{Consumo aceite de motor} = n^{\circ} \text{ de cambios de aceite de motor} \cdot 1,65 \text{ litros}$$

$$\text{Consumo aceite de motor} = 24,75 \frac{\text{litros}}{\text{año}} \quad (13)$$

6.3.3. Consumo de biomasa

El combustible para el proceso de horneado corresponde a la utilización de leña. En la caracterización de los procesos de producción se definió que para una producción de 10.500 ladrillos son necesarios 18 m^3 de leña entre seca y húmeda dependiendo la disponibilidad. Para hacer una equivalencia en kg se va a utilizar un valor referencial en m^3 ($600 \text{ kg}=1 m^3$) que sería igual a una mezcla de leña seca y húmeda (Econoleña, 2022).

Si,

$$18 \text{ m}^3 = 600 \text{ kg}$$

Entonces, para una producción de 30.000 ladrillos corresponde a:

$$\text{biomasa mensual} = 30.857,14 \text{ kg} \quad (14)$$

$$\text{biomasa anual} = 370.285,68 \text{ kg}$$

6.3.4. Uso de baterías

Se ha tomado, para fines académicos, una marca de aleatoriamente para una batería de 12 V que es la necesaria para el funcionamiento del motor. En este caso, se definió el modelo F12N12A-4A-1 de la marca FMX por Bosch con las características de la Tabla 11.

Tabla 11. Características de batería de plomo-ácido.

Tecnología	Standard
Voltaje	12 V
C10 AH	12
CCA -18°C (A)	113
Polaridad	+ -
Ciclos de carga	1.500
Energía entregada por ciclo de carga	$1.035 \frac{\text{kW}}{\text{h}}$

Fuente: Elaboración propia con datos de Bosch Ecuador, 2022.

Además, si con una batería de estas características, se asume la realización de una carga completa cada 30 días, considerando que carece de un sistema de carga inteligente para mantener su batería con carga todo el tiempo. Entonces, *1 ciclo de carga = 30 días y 144 días de producción* para cumplir con la producción de 360.000 ladrillos anuales:

$$n^{\circ} \frac{\text{ciclos de carga}}{\text{año}} = \frac{144 \text{ días} \cdot 1 \text{ ciclo de carga}}{30 \text{ días}} \quad (15)$$

$$n^{\circ} \frac{\text{ciclos de carga}}{\text{año}} = 4,8 \approx 5$$

Después, si $1.035 \frac{\text{kW}}{\text{h}}$ equivale a *1 ciclo de carga*, entonces se tiene que,

$$\frac{\text{energía entregada}}{\text{año}} = \frac{5 \text{ ciclos de carga} \cdot 1.035 \frac{kW}{h}}{1 \text{ ciclo de carga}} \quad (16)$$

$$\frac{\text{energía entregada}}{\text{año}} = 5.175 \frac{kW}{h}$$

Finalmente, según Yudhistira et al., (2022) recoge que una batería standard de plomo-ácido, emite $2 \text{ kg } CO_{2eq}$ por cada $1 \frac{kW}{h}$ de energía entregada, entonces:

$$kg \text{ } CO_{2eq} = \frac{5.175 \frac{kW}{h} \cdot 2 \text{ kg } CO_{2eq}}{1 \frac{kW}{h}} \quad (17)$$

$$kg \text{ } CO_{2eq} = 10.350 \text{ kg } CO_{2eq}$$

Para los datos calculados anteriormente, se extrajeron los datos de factores de emisión y potencial de calentamiento global para cada gas asociado a su combustión, según el Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero de España, en su apartado Factores de Emisión. Registro de Huella de Carbono, Compensación y Proyectos de Absorción de Dióxido de Carbono (MITECO, 2022b) y el Sexto Informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2022) con sus respectivas unidades en la Tabla 12 y 13.

Tabla 12. Factores de emisión para los combustibles usados en la fabricación de ladrillos artesanales.

Año	Tipo de combustible	Dato de actividad	Factor de emisión	
2022	Diesel	1.994 l	CO ₂	2,613 $\frac{kg \text{ } CO_2}{L}$
			CH ₄	0,122 $\frac{g \text{ } CH_4}{L}$
			N ₂ O	0,02442 $\frac{g \text{ } N_2O}{L}$
	Aceite lubricante	24,75 l	CO ₂	2,549 $\frac{kg \text{ } CO_2}{L}$
			CH ₄	0,104 $\frac{g \text{ } CH_4}{L}$
			N ₂ O	0,021 $\frac{g \text{ } N_2O}{L}$
Biomasa (Leña)	370.285,68 kg	CO ₂	0 $\frac{kg \text{ } CO_2}{ud}$	

	CH ₄	4,332	$\frac{g CH_4}{ud}$
	N ₂ O	0,058	$\frac{g N_2O}{ud}$
Baterías plomo-ácido	1 unidad		kg CO ₂ eq

Fuente: Elaboración propia con datos de MITECO, 2022b.

Tabla 13. *Potencial de calentamiento a 100 años global para los gases asociados.*

Tipo de gas	PCG
CO ₂	1
CH ₄	28
N ₂ O	273

Fuente: Elaboración propia con datos de IPCC, 2022.

6.3.5. Iluminación

Dentro del Alcance 2, consumos indirectos, referentes a la energía eléctrica de la organización, según los datos de la empresa eléctrica estatal Centro Sur, quien proporciona energía eléctrica para gran parte de la zona sur del Ecuador, para el medidor N.º 1000465873 correspondiente al emplazamiento de la fábrica artesanal en estudio, se tienen el histórico mensual del último año de consumo reflejado en la Tabla 14 y Figura 26. Este consumo es, en su totalidad, utilizado para iluminación con focos incandescentes.

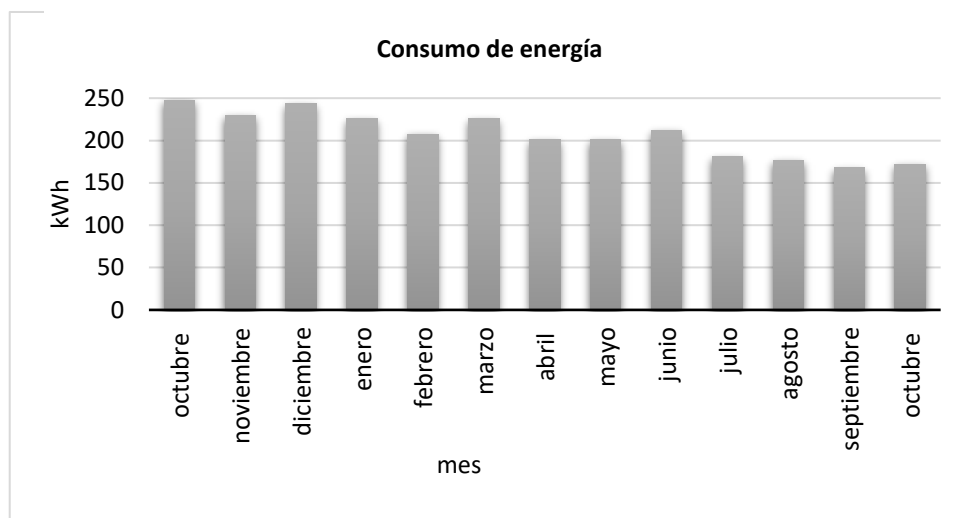
Tabla 14. *Consumo de energía eléctrica mensual.*

Año	Mes	kWh
2021	octubre	247,65
2021	noviembre	229,85
2021	diciembre	243,20
2022	enero	225,40
2022	febrero	207,60
2022	marzo	225,40
2022	abril	200,93
2022	mayo	200,93
2022	junio	212,05
2022	julio	180,90

2022	agosto	176,45
2022	septiembre	167,55
2022	octubre	172,00

Fuente: Elaboración propia con datos de Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A., 2022.

Figura 26. Consumo de energía eléctrica mensual 2021-2022.



Fuente: Elaboración propia con datos de Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A., 2022.

Para obtener el dato anual, se obtiene el promedio de todos los meses, y ese dato es multiplicado por el factor de emisión de CO₂ del Sistema Nacional Interconectado de Ecuador del año 2020, último disponible descrito en la Tabla 15.

Tabla 15. Factor de emisión para consumo eléctrico usado en la fabricación de ladrillos artesanales.

Año	Tipo de consumo	Dato de actividad	Factor de emisión
2022	Eléctrico	2.689,91 kWh	0,3834 ton CO ₂ /mWh

Fuente: Elaboración propia con datos de CENACE, 2020.

6.4. Cálculos

Para realizar el cálculo de las emisiones de CO_{2eq} para la fábrica artesanal de ladrillos Quinde & Hijos se aplica la fórmula:

$$\text{Ton CO}_{2eq} = \sum E / \text{año} \cdot FE \cdot PCG \quad (18)$$

Donde:

$\sum E / \text{año}$ es la sumatoria de las emisiones anuales.

FE es el factor de emisión para cada gas resultante de combustión.

PCG es el potencial de calentamiento global para cada gas resultante de combustión.

En la Tabla 12, descrita anteriormente, se enlista los tipos de combustibles con sus cantidades anuales de consumo; en este tipo de combustión se emiten tres tipos gases que son el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O). A estos, a su vez, se les adjunta un factor de emisión específico para procesos de manufactura y, al mismo tiempo, su respectivo potencial de calentamiento global.

Posteriormente, a este valor del producto de los valores de la *ecuación 18*, se divide para 1.000 en el caso de los kilogramos y para 1.000.000 en el caso de los gramos para su conversión en toneladas y poder realizar una suma de unidades iguales.

En el caso de la batería, en vista que el dato no estaba proporcionado por ninguna de las fuentes vigentes de consulta, se procedió a tomar del estudio de Yudhistira et al. (2022). Mencionada información, se añade a la sumatoria total mediante previa transformación a toneladas.

Es importante mencionar que, lo presentado en la Tabla 16 según la metodología aplicada en el presente estudio, toma la biomasa como factor de emisión cero, por ser de origen biogénico (MITECO, 2022b). Sin embargo, solamente para fines comparativos, lo expuesto en la Tabla 17 también se procedió a hacer el cálculo de la huella de carbono aplicando el factor de emisión de biomasa que corresponde a $1,617 \text{ kgCO}_2/\text{kg}$, asumiendo de manera hipotética que su origen no sería de aprovechamiento sostenible.

Tabla 16. Matriz de cálculo de huella de carbono.

Alcance	Fuente	Tipo	Cantidad	Unidad	Gas	Factor de Emisión kg CO ₂ /L - g CH ₄ /L - g N ₂ O/L -mWh	Potencial de Calentamiento Global 100	Toneladas de CO ₂ eq			Ton CO ₂ eq/año	Total /Fuente	Total Ton CO ₂ eq/año
								CO ₂	CH ₄	N ₂ O			
1	Máquina laminadora	Diesel	1.994	L	CO ₂	2,613	1	5,210322			5,210322	5,230426824	
					CH ₄	0,122	28		0,006811504		0,006811504		
					N ₂ O	0,02442	273			0,01329332	0,01329332		
		Aceite	24,75	L	CO ₂	2,549	1	0,06308775			0,06308775	0,063301714	
					CH ₄	0,104	28		0,000072072		0,000072072		
					N ₂ O	0,021	273			0,000141892	0,000141892		
	Máquina moldeadora	Diesel	1.994	L	CO ₂	2,613	1	5,210322			5,210322	5,230426824	
					CH ₄	0,122	28		0,006811504		0,006811504		
					N ₂ O	0,02442	273			0,01329332	0,01329332		
		Aceite	24,75	L	CO ₂	2,549	1	0,06308775			0,06308775	0,063301714	72,7460439
					CH ₄	0,104	28		0,000072072		0,000072072		
					N ₂ O	0,021	273			0,000141892	0,000141892		
	Horno	Biomasa (leña)	370.285,68	Kg	CO ₂	0	1	0			0	50,7772753	
					CH ₄	4,332	28		44,91417184		44,91417184		
N ₂ O					0,058	273			5,863103457	5,863103457			
	Baterías		1	Unidad						10,35	10,35		
2	Iluminación	Energía eléctrica	2,68991	mWh	CO ₂	0,3834				1,031311494	1,031311494		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17. Matriz de cálculo de huella de carbono considerando factor emisión de CO₂.

Alcance	Fuente	Tipo	Cantidad	Unidad	Gas	Factor de Emisión kg CO ₂ /L - g CH ₄ /L - g N ₂ O/L	Potencial de Calentamiento Global 100	Toneladas de CO ₂ eq			Ton CO ₂ eq/año	Total /Fuente	Total Ton CO ₂ eq/año
								CO ₂	CH ₄	N ₂ O			
1	Máquina laminadora	Diesel	1.994	L	CO ₂	2,613	1	5,210322			5,210322	5,230426824	671,497988
					CH ₄	0,122	28		0,006811504	0,006811504			
					N ₂ O	0,02442	273			0,01329332			
		Aceite	24,75	L	CO ₂	2,549	1	0,06308775			0,06308775	0,063301714	
					CH ₄	0,104	28		0,000072072	0,000072072			
					N ₂ O	0,021	273			0,000141892			
	Máquina moldeadora	Diesel	1.994	L	CO ₂	2,613	1	5,210322			5,210322	5,230426824	
					CH ₄	0,122	28		0,006811504	0,006811504			
					N ₂ O	0,02442	273			0,01329332			
		Aceite	24,75	L	CO ₂	2,549	1	0,06308775			0,06308775	0,063301714	
					CH ₄	0,104	28		0,000072072	0,000072072			
					N ₂ O	0,021	273			0,000141892			
Horno	Biomasa (leña)	370.285,68	Kg	CO ₂	1,617	1	598,751945			598,7519446	649,5292199		
				CH ₄	4,332	28		44,91417184	44,91417184				
				N ₂ O	0,058	273			5,863103457				
	Baterías		1	Unidad						10,35	10,35		
2	Iluminación	Energía eléctrica	2,68991	mWh	CO ₂	0,3834				1,031311494	1,031311494		

Fuente: Elaboración propia

El valor total de la huella de carbono para alcance 1 y 2 en el contexto de la fabricación de ladrillos artesanales en la fábrica Quinde & Hijos resultó en 72,746 toneladas de CO₂ equivalentes para el año 2022, según lo presentado en la Tabla 16. Este valor, fue calculado para una producción promedio mensual de 36.000 ladrillos anuales. Para contextualizar este resultado, por ejemplo, en la ciudad de Sogamoso, en Colombia, la empresa Ladrillos El Sol, de características semejantes en volumen e instalaciones, a la del presente estudio; emitió en el 2014, un total de 184,07 toneladas de CO₂ equivalentes con la única diferencia que utilizan como fuente principal de combustible, el carbón (Jaime, 2018).

Además, se cuentan con antecedentes de cálculo de huella de carbono semejantes también a nivel industrial, específicamente para la Ladrillera Los Cristales, en el mismo país de Colombia, donde se procesan alrededor de entre 615 y 810 ladrillos por hora. Según esta producción, para el año 2016, se emitieron 1478,082 toneladas de CO₂ equivalentes (Wilches & Suárez, 2016).

Lo expuesto por el proyecto EELA en el año 2014 donde se detalla que existen alrededor de 300 ladrilleras artesanales en la parroquia de estudio y 600 a nivel cantonal, se puede hacer una aproximación a gran escala de las emisiones totales de este tipo de actividad de tomando en cuenta el dato obtenido en este trabajo. En el apartado de resultados se desarrollará más a fondo esta postura.

7. Plan de mejora

En el presente apartado se expresa que, mediante el cálculo de la huella de carbono y su objetivo de cuantificación de los GEI de una organización, se puede utilizar los datos resultantes para plantear objetivos de mejora de procesos; haciéndolos cada vez más eficientes para que se puedan traducir en menores emisiones. Precisamente, como se ha mencionado en los objetivos de este trabajo, la intención es poder reducir en un 10% las emisiones totales de la fábrica mediante, la planificación de mejoras, estructuradas en dos partes. La primera, presentando propuestas de gestión adecuada de los aspectos ambientales más significativos; y, segundo, actuando sobre los procesos que inciden directamente en la generación de emisiones.

7.1. Propuestas de mejora de aspectos ambientales significativos

En la Tabla 18 se describen, de manera general, las soluciones de gestión propuestas para los aspectos ambientales significativos, omitiendo la gestión de emisiones de GEI, puesto que se tratará en el apartado 7.3 de manera específica.

Tabla 18. *Planificación de propuestas de mejora de aspectos ambientales significativos.*

Objetivos de propuestas de mejora de aspectos ambientales en la fábrica de ladrillos Quinde & Hijos.	
<ul style="list-style-type: none">• Minimizar los impactos ambientales perjudiciales derivados de las actividades de producción.	
Meta	Fecha
Implementar un sistema integral de gestión de aspectos ambientales.	Hasta 2025
Año de referencia: 2022	
Aspectos ambientales significativos	Impacto ambiental
Extracción de arcilla	Agotamiento de recurso natural Ocupación de suelos Erosión de suelos
Consumo de diésel	Agotamiento de recurso natural

Consumo de aceite		Agotamiento de recurso natural	
Uso de baterías		Agotamiento de recurso natural	
Emisión de gases de combustión		Contaminación del aire	
Generación de residuos de envases de sustancias peligrosos		Ocupación del suelo (vertedero). Contaminación de suelos	
Generación de olores		Alteración de calidad de vida en zona de influencia	
Propuestas para la gestión de aspectos ambientales significativos			
Proyecto	Metodología	Indicador	Fecha de objetivo
Extracción de arcilla			
Recuperación de suelo y reforestación	Recuperación de capa fértil y reforestación con especies nativas.	Área reforestada (Hectárea/año)	Indefinido
Consumo de diésel y aceite			
Reemplazo con motores eléctricos	Avanzar hacia una reducción progresiva de consumo de diésel y posterior cambio de motores eléctricos.	Consumo de diésel y aceite (Litros/año)	Hasta 2025
Uso de baterías			
Uso de baterías de litio	Con motores eléctricos se consigue la utilización de baterías de litio mucho más eficientes.	Número de baterías/año	Hasta 2025
Generación de residuos de envases de sustancias peligrosos			
Instalación de depósito de residuos peligrosos.	Almacenamiento de envases de aceite para entrega a gestores calificados	Envases entregados (Kg /año)	Hasta 2023

Generación de olores			
Mantenimiento e instalación de filtros en chimenea	Limpieza periódica planificada, Instalación de filtro de carbón activado y recuperación de cercas vivas.	Percepción odorífica en zona de influencia	Hasta 2024

Fuente: Elaboración propia.

7.2. Descripción de propuestas de mejora para aspectos ambientales significativos

7.2.1. Recuperación de suelo y reforestación

Tomando en consideración que aproximadamente 200 m² dentro de los 963,84 m² están designados para la extracción de arcilla necesaria para la producción, que cubre una parte de su demanda. Lo restante es adquirida mediante los proveedores cercanos, puesto que la zona es rica en este tipo de suelo. La propuesta corresponde una vez el depósito de suelo arcilloso llegue a su extracción total y se halle más limos y arenas gruesas, típicos de los horizontes edafológicos más cercanos a roca madre (FAO, 2009), se proceda a realizar un proceso de recuperación de los horizontes perdidos por la excavación, mediante relleno con capa de materia orgánica para devolverle su fertilidad.

Posterior a este proceso, se pueden hacer un programa de reforestación a pequeña escala. Este pequeño programa puede constar de reforestación con vegetación arbustiva propia de la zona o insertar especies introducidas de aprovechamiento maderable.

7.2.2. Reemplazo con motores eléctricos con baterías de litio

Como se ha evidenciado, la fábrica cuenta con dos motores de combustión a diésel que se utilizan para el procesamiento del suelo. No obstante, aunque es necesaria un análisis de costo beneficio, lo ideal es dejar progresivamente el uso de combustibles fósiles. Para esto se plantea que hasta finales del año 2025 se pueda hacer el reemplazo con motores eléctricos.

En el mercado nacional, no se halla motores eléctricos con la misma potencia que los de combustión, por lo que se necesitarían adaptar aproximadamente 4 motores (Figura 27) para satisfacer a la demanda en el proceso de producción. El costo por cada uno es

aproximadamente 200 dólares que, incluyendo instalación, podría rondar los 1000 dólares estadounidenses (Agrimáquinas, 2023).

Figura 27. Motor eléctrico de 6 HP – 4Kw – 2800 RPM.



Fuente: Agrimáquinas, 2023.

7.2.3. Instalación de depósito de residuos peligrosos

Otra propuesta, aunque más próxima, hasta finales del año 2023, es la instalación de un depósito para la ubicación correcta de envases vacíos de aceite para motor. El uso intensivo de estos motores hace que el cambio sea periódico y los envases actualmente no tenga un fin adecuado, puesto que se puede encontrarlos en los alrededores de la instalación en contacto directo con el suelo desnudo. En este sentido, es importante construir una superficie elevada que impida infiltraciones con una adecuada capa de impermeabilización, como se muestra en la Figura 28.

Figura 28. Centro de acopio de envases vacíos.



Fuente: Campo limpio, 2022.

7.2.4. Mantenimiento e instalación de filtros en chimenea

Las chimeneas de los hornos tradicionales para la fabricación de ladrillos cuando son utilizadas aparecen manchas laterales llenas de hollín que con el paso del tiempo forman capas que producen una expulsión deficiente del humo de combustión (Desafío Vertical Rehabilitaciones, 2022). Según empresas dedicadas al mantenimiento de instalaciones semiindustriales e industriales, recomiendan hacer un mantenimiento completo anual. Sin embargo, al tratarse de fábricas pequeñas es recomendable que se haga un mantenimiento periódico para evitar que estas capas de hollín se solidifiquen, aún más cuando es de combustión de leña o de pellets (Illescontrol, 2022).

En tal caso, el mantenimiento debe ir acompañado de la instalación de filtros para controlar olores de los gases que se producen en la combustión. Un método sencillo y económico es la instalación de grillas de aluminio con un filtro de carbón activado en el ducto de la chimenea mensualmente (Figura 29). En el mercado interno, dichos filtros no superan los 10 dólares con opción a personalización adaptados a chimeneas con características singulares (CY SPRAY, 2023).

Figura 29. *Filtro de carbón activado.*



Fuente: CY SPRAY, 2023.

7.3. Plan de mejora para reducción de huella de carbono

Para poder establecer medidas de mejora cuantificables, es necesaria la transformación de los resultados del cálculo de la huella de carbono a puntos porcentuales para definir las partes críticas y priorizar el accionar (Tabla 19).

Tabla 19. *Porcentaje de emisiones según su fuente.*

Fuente	Total /Fuente CO ₂ eq/año	Total, Ton CO ₂ eq/año	Porcentaje (%) Emisiones
Laminadora	5,293728538		7,276998523
Cortadora	5,293728538		7,276998523
Horno	50,7772753	72,746	69,80073774
Batería	10,35		14,22757782
Iluminación	1,031311494		1,417687395

Fuente: Elaboración propia.

El mayor desafío ambiental que enfrenta el mundo hoy en día representa el aumento de las temperaturas globales. El cambio climático es causado por la liberación de gases de efecto invernadero (GEI), incluidos dióxido de carbono, metano y otros gases a la atmósfera.

Asimismo, los beneficios de la elaboración y ejecución de un plan de reducción de huella de carbono pueden tener los siguientes resultados (UKUPC, 2021):

- Satisfacción de la clientela al conocer que la organización dispone de avances en materia ambiental.
- Ahorro de recursos y energía, aumentando su competitividad.
- Demostración de buenas prácticas ambientales que genera confianza en clientes y proveedores para crecimiento de la organización.

En este contexto, en la Tabla 20, se recoge la planificación de mejora para la reducción de la huella de carbono en la fábrica Quinde & Hijos.

Tabla 20. Planificación para la reducción de la huella de carbono.

<p>1. Objetivos del plan de mejora de la huella de carbono en la fábrica de ladrillos Quinde & Hijos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reducción de la huella de carbono en 10% para el año 2023. • Reducción de la huella de carbono en 10% para el año 2024. • Producción más limpia. 				
Meta		Fecha		
Alcance 1(directas): 10 % de reducción		Hasta 2024		
Alcance 2 (Indirectas): 10 % de reducción		Hasta 2023		
Elaboración de manual interno de prácticas de producción más limpias.		Hasta 2023		
2. Línea base de emisiones				
Año de referencia: 2022				
Tipo de emisiones		Toneladas de CO ₂ equivalente.		
Alcance 1		X		
Alcance 2		X		
Alcance 3		No aplica.		
Emisiones totales		72,746		
3. Proyectos de reducción de Huella de Carbono				
Proyecto	Metodología	Emisiones actuales	Objetivo % de reducción	Fecha de objetivo
Construcción de horno de tiro invertido.	Obra civil para hacer más eficiente el horno tradicional.	72,746 toneladas de CO ₂ equivalente.	10%	2024
Reemplazo de madera a gas natural.	Construcción de horno adaptado para usar GLP como combustible.		10%	2024

Consumo responsable de energía eléctrica.	Sustitución de bombillas incandescentes por bombillas led.		10%	2023
Producción limpia y capacitación.	Elaboración de manual de producción limpia conforme la Guía de Buenas Prácticas Ambientales del Proyecto Regional Aire Limpio, 2009.	No aplica	No aplica	2023

Fuente: Elaboración propia.

7.4. Descripción de proyectos para reducción de huella de carbono

A continuación, se describirán los proyectos sugeridos dentro de la planificación elaborada anteriormente.

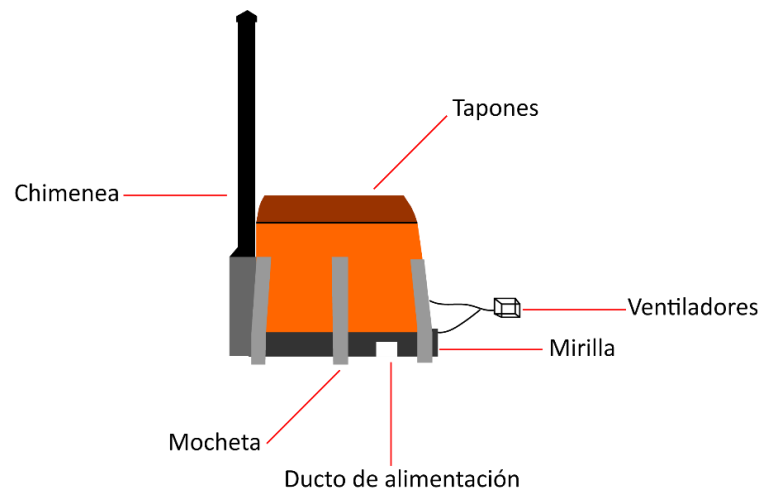
7.4.1. Construcción de horno de tiro invertido

Según el informe del proyecto Eficiencia Energética en Ladrilleras Artesanales elaborado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y Cooperación COSUDE, (2012) y Cabrera & Faicán (2019) detallan que la implementación de un nuevo horno, conocido como de tiro invertido cuyas características constan de paredes de ladrillo construidas con mortero de adobe o cemento, columnas de hormigón y una chimenea de metal.

7.4.1.1. Aspectos técnicos

A diferencia de la mayoría de los hornos convencionales en la parroquia de Sinincay, usados para este propósito, el horno de tiro invertido propuesto se compone de los elementos expuestos en la Figura 30.

Figura 30. Vista lateral: partes de horno de tiro invertido.



Fuente: Elaboración propia con datos de COSUDE, 2012.

La combustión en el horno de tiro invertido se compone por dos huecos de forma abocinada que tienen la función de alimentadores de combustible, además los ductos de aire y ventilador que debe estar a una velocidad promedio de 3 m/s (Gavilanez, 2005). La forma de cúpula que tiene el techo del horno (Figura 31) permite que la emisión de gases tienda a descender y obligan a irse por el conducto de la chimenea, facilitando la mantención del calor en la parte interna del horno (Cabrera & Faicán, 2019).

Lo analizado por Cabrera & Faicán (2019), demuestra que la eficiencia de los hornos de tiro invertido corresponde a 18,1% en comparación al horno tradicional rústico con 8,7%, es decir, siendo 10% menos eficiente este último. Además, los tiempos de cocción con la cantidad de combustible utilizado representa 13,5 horas para 10 m³ de combustible en horno de tiro invertido y para los hornos tradicionales es necesario 15,5 horas de tiempo de cocción para 8 m³ de combustible, es decir para quemar 1 kg de ladrillos se requiere la mitad de combustible en relación con los hornos tradicionales y que, por cada hora, la quema de ladrillos en kg es más del doble.

Figura 31. Horno de tiro invertido.



Fuente: Cabrera & Faicán, 2019.

7.4.1.2. Presupuesto

Según el Manual de construcción del Horno de Tiro Invertido elaborado por el EELA (2013) se requieren los siguientes materiales para la construcción de un horno de tiro invertido descritos en la Tabla 21. Adicionalmente a esto, es necesaria la contratación de apoyo humano (un albañil, un operario y un ayudante). El tiempo considerado para la realización de la obra civil corresponde aproximadamente a 15 días.

Tabla 21. Presupuesto para construcción de horno de tiro invertido.

N.º	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario (\$)	Costo total (\$)
1	Materiales				
1.1	Varilla corrugada de ½ pulgada	12,5 kg	5,328 kg/ 6m	13	39
1.2	Adobe de 50cm x 25cm x 15cm	27000 u	1 unidad	0,10	2.700
1.3	Clavos de 4 pulgadas	1,2 kg	1 kg	5,77	6,93
1.4	Agua	94 l	1 litro	0,00032	0,03
1.5	Cemento	21 u	50 kg/unidad	7,60	159,60
1.6	Combustible	1 galón	1 galón	2,55	2,55
1.7	Perno de ¾ de pulgada de diámetro y 50 cm de largo	10 u	1 unidad	6,38	63,80

1.8	Madera	2,15 m ³	1 m ³	111,11	238,88
1.9	Mezcladora	3,6 h	hora/máquina	6,25	22,5
1.10	Piedra para cimentación - solado con piedras de mano.	0,8 m ³	1 m ³	22,33	17,86
1.11	Mezcla de piedras de ¾, ½ y ¼ de pulgada	2,7 m ³	1 m ³	22,33	60,29
2.	Mano de obra				
2.1	Albañil	15 días	8 h/día	25	375
2.2	Operario	15 días	8 h/día	20	300
2.3	Ayudante	15 días	8 h/día	15	225
Total					\$ 4.211,44

Fuente: Elaboración propia con datos de CCG, 2022.

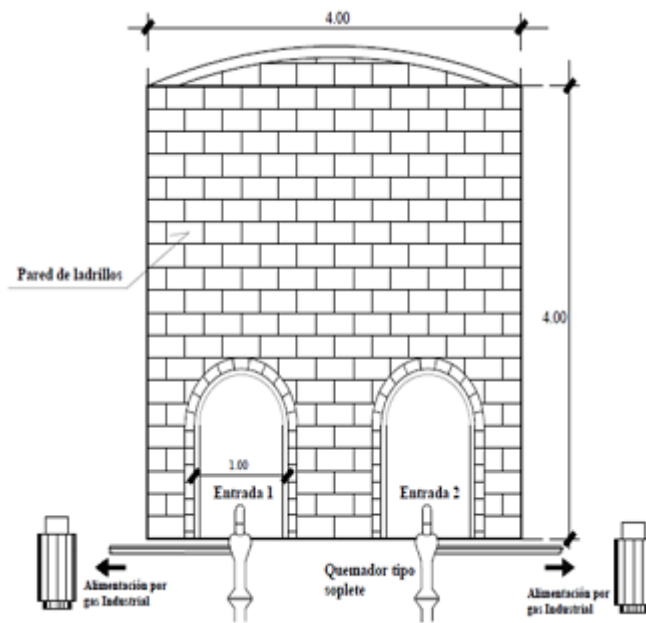
7.4.2. Reemplazo de madera a gas natural o GLP como combustible principal.

El gas natural y GLP son de los gases menos contaminantes de la familia de los combustibles fósiles, principalmente el gas natural acompañado de su precio altamente competitivo y puede ser una alternativa viable para reemplazar a otros derivados del petróleo. En definitiva, el gas origina emisiones menores en comparación que el petróleo y aún menos que la madera (Rossi, 2017).

7.4.2.1. Aspectos técnicos


En efecto, la fabricación de un horno de combustión a gas, como lo expuesto en la Figura 32 para la fabricación de ladrillos, reduciría las emisiones reemplazando la biomasa y tomando GLP o gas natural. En la Tabla 22, se muestra cuáles serían las condiciones de consumo del horno con este tipo de combustible.

Figura 32. Fachada horno de combustión a gas.



Fuente: Zambrano, 2021.

Tabla 22. Características de horno de combustión a gas.

Materiales	Características
Muros de ladrillo de su propia producción.	Cubiertas 4.0 m profundidad x 4.00 m ancho x 4.0 m altura
Mortero de barro o cemento	2 entradas 1 chimenea
Quemadores tipo Venturi	Capacidad 600 ladrillos Tiempo de quema 36 horas
	Combustible GLP
Fuente: (EQA, 2020)	

Fuente: Elaboración propia con datos de Zambrano, 2021.

Entonces, según el diseño de horno descrito previamente, el autor relaciona mediante cuantificaciones que 205.678 kg biomasa equivale a 1890 kg de GLP y escalando a la producción de la fábrica artesanal de este estudio, se tiene que para 360.000 ladrillos se queman 370.285,68 kg de leña, entonces se necesitaría la cantidad 3.402,6 kg de combustible GLP (ver Tabla 23).

Tabla 23. Comparativa GLP y biomasa.

Combustible	Kg para producción anual
Biomasa	370.285,68
GLP	3.402,6

Fuente: Elaboración propia.

7.4.2.2. Presupuesto

En la Tabla 24, se muestran los recursos necesarios para la implementación de este plan de mejora.

Tabla 24. Presupuesto para construcción de horno de gas.

N.º	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario (\$)	Costo total (\$)
1.			Materiales		
1.1	Ladrillos	27000 u	1 unidad	0,31	8.370
1.2	Cemento	21 u	50 kg/unidad	7,60	159,60
1.3	Quemadores venturi	2 u	2 unidades	71,29	142,58
1.4	Agua	94 l	1 litro	0,00032	0,03
1.5	Madera	2,15 m ³	1 m ³	111,11	238,88
1.6	Clavos de 4 pulgadas	1,2 kg	1 kg	5,77	6,93
1.7	Varilla corrugada de ½ pulgada	12,5 kg	5,328 kg/6m	13	39
2.			Mano de obra		
2.1	Albañil	15 días	8 h/día	25	375
2.2	Ayudante	15 días	8 h/día	15	225
2.3	Operario	15 días	8 h/día	20	300
Total					9.857,02

Fuente: Elaboración propia con datos de CCG, 2022.

7.4.3. Sustitución de bombillas incandescentes por bombillas led.

Considerando que para al año 2023 - 2024 se seguiría utilizando la misma maquinaria y se ejecuta el plan de mejora implementando gradualmente la construcción de un nuevo horno,

es necesario orientar el consumo eléctrico hacia consumo responsable para reducir el kWh anual para la producción de 360.000 ladrillos, como parte de las propuestas dentro del plan de mejora.

Esto quiere decir que, será de aplicación los siguientes lineamientos para reducir el consumo operacional de energía eléctrica para iluminación, y aunque si bien es cierto, es un consumo pequeño, siempre hay margen de mejora.

Aunque no se pudo verificar el número real de focos incandescentes instalados, se estima un aproximado de 3 por proceso, por lo observado en la visita técnica al emplazamiento, es decir, 18 focos. Dichas instalaciones son rústicas sin regletas que cubran los cables de conexión. Si 18 bombillas incandescentes consumen en promedio 206,92 kWh mensuales (Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A., 2022) con la implementación de luces led conociendo que se puede ahorrar hasta un 70% en consumo se calcula el consumo con esta implementación (Tabla 25).

Tabla 25. *Relación de consumos bombilla incandescente y bombilla led.*

Año	Tipo de consumo	Focos incandescentes	Consumo	Led	Consumo
2022	Eléctrico	18	206,92 kWh	18	62,08 kWh

Fuente: Elaboración propia con datos de Twenergy, 2019.

En esta misma línea, con el resultado calculado se tiene un promedio de 62,08 kWh mensuales con las nuevas bombillas más eficientes, para el año 2023 correspondería un consumo anual de 744,96 kWh.

7.4.3.1. Presupuesto

En la Tabla 26, se muestran los recursos necesarios para la implementación de este plan de mejora.

Tabla 26. *Presupuesto sustitución de bombillas.*

N.º	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario (\$)	Costo total (\$)
1.			Materiales		
1.1	Bombillas led	18 u	unidad	1,03	18,54
2.			Mano de obra		

2.1	Electricista	1 día	8h/día	25	25
Total					43,54

Fuente: Elaboración propia con datos de CCG, 2022.

7.4.4. Producción limpia y capacitación

La elaboración de un Manual de Buenas Prácticas Ambientales para una producción más limpia se convierte en una invitación para el aprendizaje, enseñanza y concienciación que permitan un equilibrio entre la protección del ambiente y la renta. Aunque no existe gran implicación económica, sin embargo, es necesaria la cooperación y predisposición al cambio (PRAL & COSUDE, 2009).

7.4.4.1. Objetivo

Enfocar los esfuerzos para reducir los costos de producción, brindar un producto de calidad mediante procesos con el menor impacto ambiental.

7.4.4.2. Enfoque de mejoras

Materias primas

- En vista que el área de extracción local de arcilla no abastece en su totalidad para la producción indicada, contar con una fuente de material de calidad con mejores rendimientos en la elaboración de ladrillos para tener como resultado, productos de mejor calidad y de alto rendimiento.
- Preferiblemente, hacer la contratación de un solo flete de 12 a 15 toneladas llenas de material que muchos fletes con poca capacidad. De este modo se produce un ahorro general en pagos periódicos en fletes y reducción de GEI por transporte.
- Tener un lugar específico de descargo de material para evitar amontonamientos de tierra por doquier. Esto permite conocer la cantidad de material que queda para permitirse hacer compras programadas y generar orden en las instalaciones.

Combustible

- De manera primordial, elegir leña seca, puesto que mejora la eficiencia en el horno. Asimismo, si la cantidad de leña no es suficiente, complementar con aserrín de madera o cáscaras de vegetales secas. Nunca complementar con llanas o materiales plásticos.

- El proveedor de la leña debe estar certificado ante la autoridad ambiental competente que se trata de aprovechamiento maderero sostenible.
- Si se avanza hacia la instalación de un horno de GLP, puesto que es un combustible económico y ambientalmente limpio, llegar a un acuerdo con el proveedor cercano para que se realice la instalación de los cilindros y evitar almacenarlos llenos para minimizar riesgos de incendios.
- Establecer sistemas de medición y dosificación de combustible para tener un mejor ahorro del insumo y tener un mejor control de la cocción en los hornos.

Estas prácticas permitirán una combustión más eficiente, no generará altos contenidos de hollín que permitirá, a su vez, menos procesos de mantenimiento de chimeneas.

Procesos

- Dentro del tratamiento de la materia prima es importante realizar un buen proceso de tamizado para eliminar impurezas y facilitar la cocción, lo que se traduce en ladrillos más resistentes a fracturas.
- Permitir mezclas adecuadas de la arcilla con restos de cenizas de cocción, aserrín o cáscaras de arroz y café. Esto facilita el ahorro de materias primas.
- Realizar un cronograma de mantenimiento de equipos para evitar que se atrofien por exceso de suciedad incrustada.
- Servir a la maquinaria con el combustible de mejor octanaje (diésel de 95 octanos en Ecuador) para mejorar el rendimiento de estas y reducir la contaminación atmosférica.
- En proceso de secado es importante mantener el plástico especial de invernadero, protegerlo de que se formen agujeros con materiales cortopunzantes para permitir que los ladrillos se sequen en óptimas condiciones de calor sin presencia de agua.
- Durante el proceso de horneado, utilizar el combustible seco y nunca ingresar el ladrillo con humedad (máximo 13%), puesto que incrementa en gran medida la demanda de combustible en el horno.

Higiene y seguridad en el trabajo

- Implementar instrumentos de protección individual tales como: Guantes de cuero vacuno reforzados para manipulación de ladrillos, guantes de goma flexible para las

fases de preparación de mezclas, casco de protección en zonas de carga y descarga, mascarillas con filtros para material particulado, gafas de protección en todas las fases de producción, calzado industrial. Todos estos implementos, minimizan riesgos laborales y mejoran el rendimiento de los trabajadores.

7.5. Implementación del plan de mejora

Para finalizar el plan de mejora y obtener los porcentajes finales de mejoría que se obtendrían más adelante; se toma el primer proyecto, construcción de un horno de tiro invertido, con un 10% más de eficiencia sobre el horno tradicional, se obtienen con los datos del Apartado 6.

Tabla 27. Relación horno tradicional y horno de tiro invertido.

Horno	Quema (horas)	Leña (kg)	Ladrillos (unidades)
Tradicional	1.195,54	370.285,68	360.000
Tiro invertido	833,14	x	360.000

Fuente: Elaboración propia.

En este sentido, se define la incógnita x , en la ecuación 19, como los kg que son necesarios en el año para la misma producción de 360.000 ladrillos con el horno de tiro invertido (Tabla 27). Entonces,

$$x = \frac{(833,14) \cdot (360.000) \cdot (370.285,68)}{(1.195,54) \cdot (360.000)} \quad (19)$$

$$x = 258.042,23 \text{ kg}$$

En la Tabla 28 se muestran los resultados aplicando la alternativa de mejora construcción de horno de tiro invertido y las mejoras en iluminación.

Del mismo modo, aplicando el segundo proyecto de mejora, construcción de un horno de combustión GLP y con la revisión bibliográfica tomada de MITECO (2022), se seleccionaron los valores de factor de emisión para el gas licuado de petróleo, 1,541 para CO₂; 0,122 para CH₄ y 0,002 para N₂O con su correspondiente PCG 1, 28 y 273 se procede a cuantificar la huella de carbono aplicando el proyecto. En la Tabla 28 muestra que, con la construcción de un horno

de combustión a gas (GLP) en relación con la combustión de biomasa, las emisiones se reducen de 71,71 a 26,19 toneladas CO₂ equivalente anuales.

A su vez, en emisiones indirectas o alcance 2, para el consumo eléctrico aplicando la medida de mejora del proyecto de sustitución de iluminación, las emisiones se reducen de 1,031 a 0,285 toneladas CO₂ equivalente anuales.

Tabla 28. Matriz de Cálculo de Huella de Carbono aplicando plan de mejora construcción de horno de tiro invertido y sustitución de Iluminación.

Alcance	Fuente	Tipo	Cantidad	Unidad	Gas	Factor de Emisión kg CO ₂ /L - g CH ₄ /L - g N ₂ O/L	Potencial de Calentamiento Global 100	Toneladas de CO ₂ eq			Ton CO ₂ eq/año	Total /Fuente	Total Ton CO ₂ eq/año
								CO ₂	CH ₄	N ₂ O			
1	Máquina laminadora	Diesel	1.994	L	CO ₂	2,613	1	5,210322			5,210322	5,230426824	22,24543805
					CH ₄	0,122	28		0,006811504		0,006811504		
					N ₂ O	0,02442	273			0,01329332	0,01329332		
		Aceite	24,75	L	CO ₂	2,549	1	0,06308775			0,06308775		
					CH ₄	0,104	28		0,000072072		0,000072072		
					N ₂ O	0,021	273			0,000141892	0,000141892		
	Diesel	1.994	L	CO ₂	2,613	1	5,210322			5,210322			
				CH ₄	0,122	28		0,006811504		0,006811504			
				N ₂ O	0,02442	273			0,01329332	0,01329332			
	Máquina moldeadora	Aceite	24,75	L	CO ₂	2,549	1	0,06308775			0,06308775		
					CH ₄	0,104	28		0,000072072		0,000072072		
					N ₂ O	0,021	273			0,000141892	0,000141892		
	Horno	Biomasa (leña)	258.042,23	Kg	CO ₂	0	1	0			0		
					CH ₄	0,122	28		0,881472258		0,881472258		
N ₂ O					0,002	273			0,140891058	0,140891058			
Baterías		1	Unidad							10,35	10,35		
2	Iluminación	Energía eléctrica	0,74496	mWh	CO ₂	0,3834					0,285617664	0,285617664	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29. Matriz de Cálculo de Huella de Carbono aplicando plan de mejora construcción de horno GLP y sustitución de Iluminación.

Alcance	Fuente	Tipo	Cantidad	Unidad	Gas	Factor de Emisión kg CO ₂ /L - g CH ₄ /L - g N ₂ O/L	Potencial de Calentamiento Global 100	Toneladas de CO ₂ eq			Ton CO ₂ eq/año	Total /Fuente	Total Ton CO ₂ eq/año
								CO ₂	CH ₄	N ₂ O			
1	Máquina laminadora	Diesel	1.994	L	CO ₂	2,613	1	5,210322			5,210322	5,230426824	
					CH ₄	0,122	28		0,006811504	0,006811504			
					N ₂ O	0,02442	273			0,01329332			
		Aceite	24,75	L	CO ₂	2,549	1	0,06308775			0,06308775		
					CH ₄	0,104	28		0,000072072	0,000072072			
					N ₂ O	0,021	273			0,000141892			
	Máquina moldeadora	Diesel	1.994	L	CO ₂	2,613	1	5,210322			5,210322	26,47996244	
					CH ₄	0,122	28		0,006811504	0,006811504			
					N ₂ O	0,02442	273			0,01329332			
		Aceite	24,75	L	CO ₂	2,549	1	0,06308775			0,06308775		
					CH ₄	0,104	28		0,000072072	0,000072072			
					N ₂ O	0,021	273			0,000141892			
	Horno	GLP	3.402,60	Kg	CO ₂	1,541	1	5,2434066			5,2434066	5,256887701	
					CH ₄	0,122	28		0,011623282	0,011623282			
N ₂ O					0,002	273			0,00185782				
Baterías		1	Unidad							10,35	10,35		
2	Iluminación	Energía eléctrica	0,74496	mWh	CO ₂	0,3834					0,285617664	0,285617664	

Fuente: Elaboración propia

8. RESULTADOS

8.1. Resultados de evaluación de aspectos ambientales significativos

Se definieron que, los aspectos ambientales significativos en el proceso de fabricación de ladrillos artesanales resultaron en extracción de arcilla, consumo de diésel, consumo de aceite, uso de baterías, emisión de gases de combustión, generación de residuos peligrosos y generación de olores. Ante esto, se plantearon propuestas de mejora con la caracterización de cinco proyectos de pequeña escala para contrarrestar los impactos generados hasta el año 2025.

Dentro del aspecto de emisión de GEI, se evidenció que las fuentes físicas de emisión se concentran en la zona de laminado, cortado de la arcilla y en el horno. Puesto que, en las dos primeras, se utiliza combustible diésel para su procesado y en el horno, se utiliza biomasa.

8.2. Resultados del cálculo de huella de carbono para la fábrica artesanal de ladrillos Quinde & Hijos

Los resultados del cálculo de la huella de carbono para el alcance 1, emisiones directas y alcance 2, emisiones indirectas con relación a la generación de electricidad adquirida y consumida por la organización, están resumidos en la Tabla 30, conforme lo establecido en la norma UNE-EN ISO 14064-1:2019.

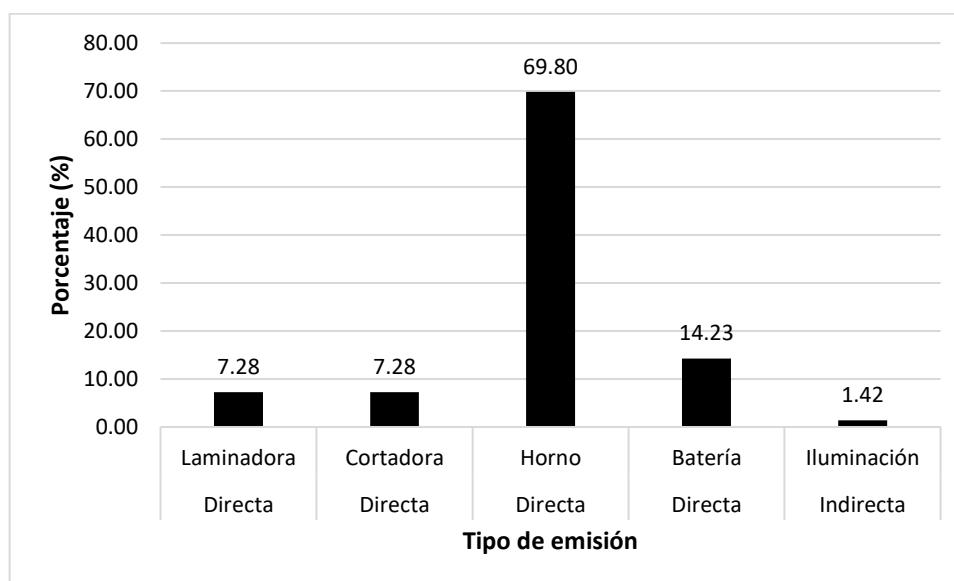
Tabla 30. Resultados de emisiones directas e indirectas.

Alcance	Tipo de emisiones	Emisiones totales (Toneladas de CO ₂ eq)
1	Directas	71,715
2	Indirectas	1,031
1+2	Totales D+I	72,746

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 33, muestra la distribución de las emisiones directas e indirectas según su fuente emisora dentro la fábrica artesanal.

Figura 33. Distribución de emisiones directas e indirectas según fuente.

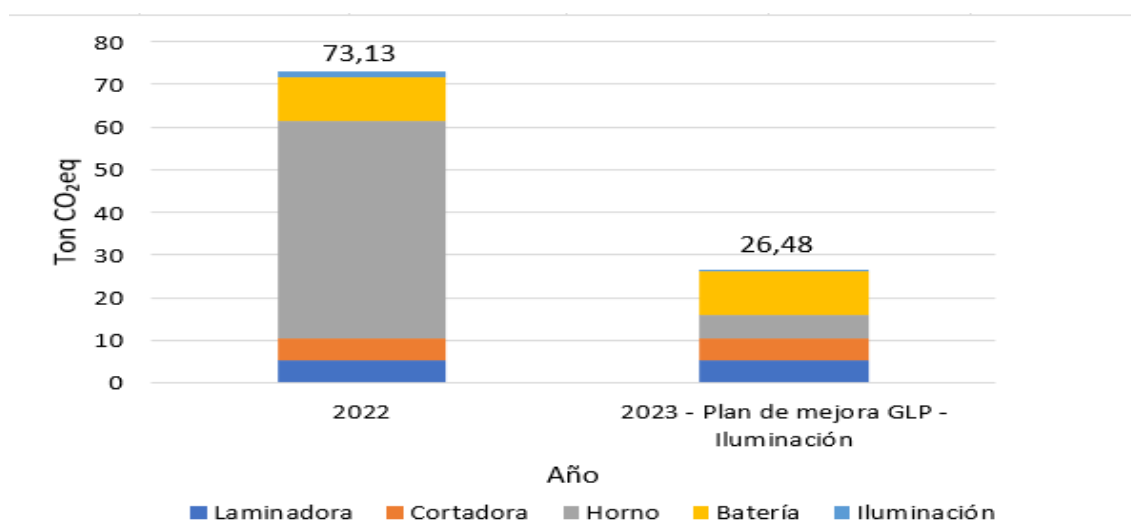


Fuente: Elaboración propia.

8.3. Resultados del cálculo de huella de carbono para la fábrica artesanal de ladrillos Quinde & Hijos aplicando el plan de mejora

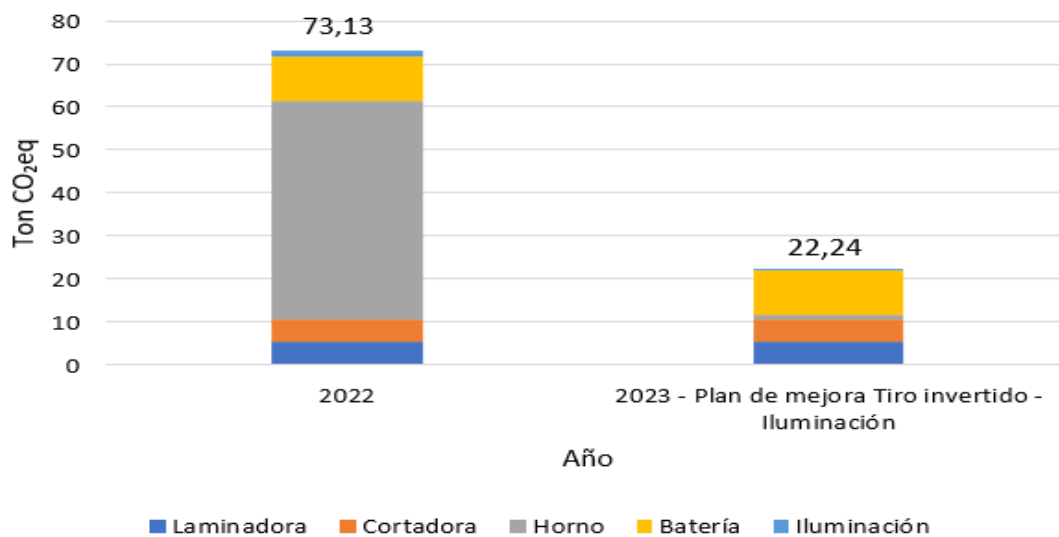
Con la aplicación del plan de mejora descrito en los tres proyectos del apartado 7; el primero, la construcción de un horno más eficiente conocido como horno de tiro invertido; el segundo, la construcción de un horno de combustión a GLP y tercero, sustitución de los tipos de bombillas de iluminación. Estos tres planes están recogidos en dos alternativas, es decir, el primer proyecto se une con el tercero, y el segundo también con el tercero para conformar dos opciones viables y concretas. En este sentido, la Figura 34 muestra el dato del cálculo de huella de carbono actual y en el lado derecho, la aplicación del plan de mejora horno GLP y sustitución de luminarias para el año siguiente. Del mismo modo, la Figura 35 muestra la reducción de toneladas de CO_2 equivalente cuando se aplique la alternativa construcción de horno de tiro invertido en conjunto con el cambio de iluminación.

Figura 35. Comparación huella de carbono 2022 y aplicación de plan de mejora (alternativa Horno GLP e iluminación).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 34. Comparación huella de carbono 2022 y aplicación de plan de mejora (alternativa Horno de tiro invertido e iluminación).



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se evidencia que, para ambas alternativas de mejora, hay reducción de la huella de carbono. Según lo señalado en la Figura 34, existe una reducción de emisiones en un 63,79% y según la Figura 35, la reducción corresponde al 69,59% con viabilidad económica.

Para comparar los resultados obtenidos en el presente trabajo con otras fuentes, se ha utilizado la calculadora de Huella de carbono de una organización. Alcance 1+2 del Ministerio

para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2021). De este modo, se introdujo los datos de consumo de combustibles en instalaciones fijas (Figura 36) y el consumo de electricidad (Figura 37). Es importante resaltar que los datos de consumo de electricidad están dados por los costos del servicio en España.

Los resultados del cálculo de Huella de carbono realizados por la calculadora por medio de los dos ingresos de datos mencionados anteriormente se muestran en la Figura 38.

Figura 38. Resultado del Cálculo de Huella de Carbono según Calculadora del MITECO.

The screenshot shows the 'DATOS GENERALES DE LA ORGANIZACIÓN' section of the MITECO calculator. It includes a dropdown for the calculation year (2022), a table for organization details, a sector selection, and a section for historical data entry.

DATOS GENERALES DE LA ORGANIZACIÓN		
AÑO DE CÁLCULO: 2022		
NOMBRE DE LA ORGANIZACIÓN	C.I.F. / N.I.F.	TIPO DE ORGANIZACIÓN
Fabrica de ladrillos Quinde & Hijos		Pequeña
SECTOR		
C.- Industria manufacturera		
En el caso de haber calculado la huella de carbono de su organización para otros años anteriores, indique a continuación cuáles son y los valores de huella de carbono de alcance 1+2 obtenidos. Comience a introducir los datos por el AÑO 1.		
AÑO 1		HC AÑO 1 t CO ₂ e
AÑO 2		HC AÑO 2 t CO ₂ e
AÑO 3		HC AÑO 3 t CO ₂ e
AÑO de cálculo	2022	HC año de cálculo 62,25 t CO ₂ e

Fuente: MITECO, 2021.

Los resultados obtenidos en el presente estudio y según el método de la calculadora del MITECO (2021), son cercanos, sin embargo, existe una diferencia de 10,88 toneladas de CO₂ equivalente, esto se debe principalmente a que el MITECO (2021) toma el factor de emisión y no el potencial de calentamiento global a 100 años del dióxido de carbono. Adicionalmente a esto, el factor de emisión de la red eléctrica que se presenta en la calculadora del MITECO es específica para España, en contraste para este trabajo, se ha tomado el último factor de emisión calculado específico para la red eléctrica de Ecuador (CENACE, 2020).

Como se mencionó anteriormente, en el apartado de cálculo de huella de carbono, es importante indicar que no hay referencias de estudios similares a escala artesanal, sin embargo, si existen a escala industrial que han sido detallados en aquel apartado.

9. Conclusiones

En el presente trabajo se ha detallado el proceso de manufactura de ladrillos a escala artesanal. En este sentido, se describieron los aspectos ambientales significativos asociados a los procesos de producción, tales como extracción de arcilla, consumo de diésel, consumo de aceite, uso de baterías, emisión de gases de combustión, generación de residuos peligrosos y generación de olores por medio de una valoración de cada aspecto para diferenciar los mayores y menos significativos. Cabe destacar que todos los aspectos significativos están ligados a la obtención de insumos y al proceso de combustión del horno, más no en procesos intermedios.

En lo que, a propuestas de mejora para los aspectos ambientales significativos se refiere, se plantea la ejecución de cinco pequeños proyectos que podrán ser viables si el representante de la fábrica acoge la voluntad de cambio en sus procesos. En vista que, se tiene la voluntad de incrementar la producción y conformar una empresa más constituida y actualmente los procedimientos productivos tienen falencias en su manejo, puesto que prácticamente es inexistente la gestión de aspectos ambientales.

Mediante la aplicación del plan de mejora para la reducción de la huella de carbono, se evidenció que el horno de tiro invertido representa un 10 % más eficiente que el horno convencional, es decir, necesita menos biomasa para producir la misma cantidad de ladrillos, lo que se traduce a una reducción de 69,59 % las emisiones anuales con una inversión de 4.211 dólares en su implementación. En esta alternativa de mejora, se incluye las adecuaciones en iluminación las que muestran un 72,30 % menos consumo eléctrico.

Además, se demostró que con la construcción de un horno con combustible GLP se reducen en 63,79 % las emisiones totales de CO₂ equivalente con una inversión de 9.857 dólares aproximadamente con un horno totalmente nuevo, este costo se reduce drásticamente si al horno existente se le adaptan los quemadores a gas. En esta medida de mejora también se encuentra incluidas las adecuaciones en iluminación.

Finalmente, según lo planteado en la hipótesis de este trabajo relacionado a la reducción de una reducción del 10% las emisiones, cabe destacar la relevancia de que la aplicación de las alternativas de mejora sobrepasa el valor de reducción antes mencionado y su implementación es viable económicamente a corto y mediano plazo.

Para dar continuidad al presente estudio, sería relevante una investigación más integral respecto al alcance 3 dentro del cálculo de huella de carbono. En donde se detallen los procesos de todos los proveedores de la fábrica. Adicionalmente, por la masiva cantidad de fábricas de este tipo poder realizar un estudio macro del impacto de esta actividad en su conjunto dentro la ciudad de Cuenca.

Referencias bibliográficas

- AENOR. (2017). *ISO 14001:2015 para la pequeña empresa* (AENOR Internacional). AENOR Internacional.
- Agrimáquinas. (2023). *Motor 380V Trifásico*. Máquinas Agrícolas. <https://agrimaquinas.com/products/motor-380v-trifasico-55hp-4kw-2800rpm-187000-confirm>
- Aguirrezabala, K. A. (2018). *Cambio Climático y Huella de Carbono*. Universidad del País Vasco.
- Constitución política de Ecuador, Pub. L. No. 449 (2008). https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf
- Ley de Gestión Ambiental, Pub. L. No. 418, Registro Oficial Suplemento (2004). <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-GESTION-AMBIENTAL.pdf>
- Ley Orgánica de Salud, Pub. L. No. 423, Suplemento del Registro Oficial (2006). <https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2017/03/LEY-ORG%81NICA-DE-SALUD4.pdf>
- Asociación Española de Normalización y Certificación. (2015). *Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso (ISO 14001:2015)*. AENOR. <https://tienda.aenor.com/norma-une-en-iso-14001-2015-n0055418>
- Asociación Española de Normalización y Certificación. (2019). *Gases de efecto invernadero. Parte 1: Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero (UNE-EN ISO 14064-1:2019)*. AENOR.
- Banco Mundial. (2019). *Emisiones de gases de efecto invernadero totales (kt de equivalente de CO2)*.
- Bárcena, A., Samaniego, J., Peres, W., & Alatorre, J. E. (2020). *La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe*. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45677/1/S1900711_es.pdf

- Barranzuela, J. (2014). *Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la región de Piura* [Universidad de Piura].
https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1755/ICI_199.pdf?sequence=1&i
- Becerra, M. R., Mance, H., Rodríguez, M., & En, B. (2009). *Cambio climático: lo que está en juego*.
- Bosch Ecuador. (2022). *Batería de Moto 12V 12A*. Batería de Moto 12V 12A.
<https://boschecuador.com/shop/producto?id=13574>
- Cabrera, A., & 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* [Universidad de Cuenca].
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/33391/1/Trabajo-de-titulaci%3b3n.pdf>
- Campo limpio. (2022). *Centros de Acopio Primarios (CAP)* . Centros de Acopio Primarios.
<https://campolimpio.org.mx/centros-de-acopio-primarios-cap/>
- CCG. (2022). *Precios unitarios: Rubros*.
https://www.cconstruccion.net/precios_files/rubros.pdf
- CENACE. (2020). *Factor de emisión de CO₂ del Sistema Nacional Interconectado de Ecuador* .
https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/11/emision_de_co2_del_sistema_nacional_interconectado_de_ecuador_informe_2020.pdf
- CEPAL. (2009). *Metodologías de cálculo de la Huella de Carbono y sus potenciales implicaciones para América Latina*.
https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37288/Metodolog%EDas_calculo_HC_AL.pdf?sequence=1
- CEPAL. (2021). *ODS 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos en América Latina y el Caribe*.
https://www.cepal.org/sites/default/files/static/files/ods13_c1900799_press.pdf

- COSUDE. (2012). *Evaluación de la Fase I del “Programa de Eficiencia energética en ladrilleras artesanales de América Latina para mitigar el cambio climático” - EELA*. <https://ext.d-nsbp-p.admin.ch/NSBExterneStudien/externestudien/252/en/981.pdf>
- CY SPRAY. (2023). *Kitchen Chimney Hood Activated Carbon Filter Universal*. Kitchen Chimney Hood Activated Carbon Filter Universal. <https://cycospray.en.made-in-china.com/product/JwpASNIEvtUL/China-Kitchen-Chimney-Hood-Activated-Carbon-Filter-Universal-Cooker-Hood-Grease-Filters.html>
- Delgado, J., & Ochoa, A. (2019). *Plan de gestión y minimización de residuos peligrosos para Talleres Tomebamba de la Empresa Toyocuena S.A.* [Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17801/1/UPS-CT008424.pdf>
- Desafío Vertical Rehabilitaciones. (2022). *¿Cada cuánto tiempo debemos limpiar la chimenea de nuestra casa?*. Chimeneas y Ventilación. https://www.desafiovertical.es/cada-cuanto-tiempo-debemos-limpiar-la-chimenea-de-nuestra-casa_fb51471.html
- Econoleña. (2022). *¿Por qué vendemos la leña en m3 y no por kilos?* <https://lenaencasa.com/por-que-vendemos-la-lena-en-m3-y-no-por-kilos/>
- EELA. (2013). *Manual de Construcción del Horno de Tiro Invertido*. https://www.academia.edu/9770140/Manual_de_Construcci%C3%B3n_del_HORNO_D_E_TIRO_INVERTIDO_FINAL
- Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. (2022). *Consumo de energía eléctrica*.
- Enerion Renewables. (2021). *Licencia & Método Bilan Carbone*. Licencia & Método Bilan Carbone. <https://es.enerionrenewables.com/servicios/licencia-metodo-bilan-carbone/>
- Envira. (2022). *La norma UNE EN ISO 14064: Mide la huella de tu organización*. Principales Novedades de La Norma UNE EN ISO 14064 -1 2019: Mide La Huella de Tu Organización. <https://envira.es/es/iso-14064/>
- EQA. (2020). *Quemador 93 - Quemadores - Archas, Ind. Vidrio | EQA*. <https://eqa.com.ar/quemador-93/>
- FAO. (2009). *Guía para la descripción de suelos*. <https://www.fao.org/3/a0541s/a0541s.pdf>
- Feandalucía. (2010). *El Efecto Invernadero. Temas Para La Educación*. <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd6985.pdf>

- GAD Sinincay. (2015). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Sinincay*. http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0160027200001_PDyOT%20Sinincay_28-06-2016_09-49-57.pdf
- Gavilanez, S. (2005). *Informe técnico sobre la operación del horno de tiro*.
- GGCS. (2015). *GHG Protocol Scope 2 Guidance: An amendment to the GHG Protocol Corporate Standard*. <http://www.greengas.org.uk/pdf/GGCS-and-GHG-Protocol.pdf>
- GreenFacts. (2022). *Glosario: Potencial de calentamiento global*: Glosario. <https://www.greenfacts.org/es/glosario/pqrs/potencial-calentamiento-global.htm>
- Guallasamin, K., Simón Baile, D., Guallasamin, K., & Simón Baile, D. (2018). Huella de carbono del cultivo de rosas en Ecuador comparando dos metodologías: GHG Protocol vs. PAS 2050. *Letras Verdes, Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 24, 27–56. <https://doi.org/10.17141/LETRASVERDES.24.2018.3091>
- Illescontrol. (2022). *Limpieza de chimeneas*. Deshollinado y Limpieza de Chimeneas. <https://www.illescontrol.com/limpieza-de-chimeneas>
- Inhobe. (2013). *Siete metodologías para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero*. https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/7metodologias_gei/es_def/adjuntos/7METODOLOGIAS.pdf
- IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. https://report.ipcc.ch/ar6/wg2/IPCC_AR6_WGII_FullReport.pdf
- Jaime, D. (2018). *Evaluación de la Huella de Carbono producida por tres importantes empresas alfareras de la ciudad de Sogamoso* [Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. <https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/21044/1/dljaimeg.pdf>
- Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera, Pub. L. No. 275, Boletín Oficial del Estado (2007).
- Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética, Pub. L. No. 121, Boletín Oficial del Estado (2021).

- Loja, F. (2008). *La Legislación Ambiental Ecuatoriana a partir del Protocolo de Kyoto* [Universidad del Azuay].
<https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/981/1/06944.pdf>
- Maza, M. (2011). *Producción más limpia para ladrilleras en la parroquia Sinincay*. Universidad del Azuay.
- Real Decreto 163/2014, de 14 de marzo, por el que se crea el registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono, Pub. L. No. 77, Boletín Oficial del Estado (2014).
- Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, Pub. L. No. 25, Boletín Oficial del Estado (2011).
- Acuerdo Ministerial que contiene Anexos del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente en los recursos: Agua, Suelo, Aire Emisiones y Ruido, Pub. L. No. 387, Registro Oficial (2015).
https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf
- Ministerio del Ambiente. (2016). *Ecuador suscribe Acuerdo de París sobre cambio climático – Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica*. Ecuador Suscribe Acuerdo de París Sobre Cambio Climático – Ministerio Del Ambiente, Agua y Transición Ecológica.
<https://www.ambiente.gob.ec/ecuador-suscribe-acuerdo-de-paris-sobre-cambio-climatico/>
- Ministerio del Ambiente. (2022). *Programa “Ecuador Carbono Cero con Alcance Organizacional.”* <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/08/NT-PECC-PRODUCTO.pdf>
- Norma técnica del programa “Ecuador Carbono Cero con Alcance Organizacional,” Pub. L. No. 129, Registro Oficial (2022). www.zonalegal.net
- Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica. (2021). *Naciones Unidas reconoce a Ecuador como modelo de Desarrollo Sostenible*. Ministerio Del Ambiente.
<https://www.ambiente.gob.ec/naciones-unidas-reconoce-a-ecuador-como-modelo-de-desarrollo-sostenible/>

- Ministerio para la Transición Ecológica. (2020). *Guía para cálculo de la Huella De Carbono y para la Elaboración de un Plan De Mejora de una Organización*. <http://publicacionesoficiales.boe.es/>
- MITECO. (2021). *Calculadoras*. Mitigación: Políticas y Medidas. <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/calculadoras.aspx>
- MITECO. (2022a). *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático*. Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/plan-nacional-adaptacion-cambio-climatico/default.aspx>
- MITECO. (2022b). *Factores de Emisión. Registro de Huella de Carbono, Compensación y Proyectos de Absorción de Dióxido de Carbono*. https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/factoresemision_tcm30-479095.pdf
- Morgan, R. K. (2012). Environmental impact assessment: The state of the art. In *Impact Assessment and Project Appraisal* (Vol. 30, Issue 1, pp. 5–14). <https://doi.org/10.1080/14615517.2012.661557>
- ONU. (1992). *Convención Marco De Las Naciones Unidas Sobre El Cambio Climático*. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
- Pensemose Verde. (2018, enero 16). *¿Cómo funciona un invernadero?. ¿Cómo Funciona Un Invernadero?*. <https://pensemoseverde.com/2018/01/16/como-funciona-un-invernadero/>
- Perevochtchikova, M. (2012). *La evaluación del impacto ambiental y la importancia de los indicadores ambientales*. <https://www.scielo.org.mx/pdf/gpp/v22n2/v22n2a1.pdf>
- Pérez, Y., & Carratalá, A. (2020). *Huella de Carbono de la Universidad de Alicante 2020* [Universidad de Alicante]. <https://web.ua.es/es/ecocampus/documentos/calidad-ambiental-ua/huella-de-carbono/huella-de-carbono-2020.pdf>
- PetroEcuador. (2022). *EP PetroEcuador despacha combustibles con menos contenido de azufre de lo que establece la normativa ecuatoriana*. Noticias. <https://www.eppetroecuador.ec/?p=12484>

- PNUD. (2022). *Objetivos de Desarrollo Sostenible. Los OSD En Acción.* <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>
- PRAL, & COSUDE. (2009). *Guía de Buenas Prácticas para Ladrilleras Artesanales.*
- COOTAD, Pub. L. No. 303, Registro Oficial Suplemento (2010). <https://www.cpccs.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/cootad.pdf>
- Protocolo de Gases Efecto Invernadero. (2014). *Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte.* https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/protocolo_spanish.pdf
- Rasa Motors. (2022). *Motor Estacionario Hi-earns Diésel 14 Hp.* Motores Estacionarios. <https://tienda.rasa.cl/motor-estacionario-hi-earns-diesel-14-hp-partida-electrica>
- Román Rodríguez, M. (2021). *Metodología y cálculo de la huella de carbono para productos agroalimentarios* [Universidad de La Coruña]. <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/29232>
- Rossi, E. (2017). *El gas natural: beneficios, costos y riesgos.* Opinión. <https://www.catorce6.com/opinion/columnistas-invitados/11765-el-gas-natural-beneficios-costos-y-riesgos>
- Russell, S. (2011). *Corporate Greenhouse Gas Inventories for the Agricultural Sector: Proposed Accounting and Reporting Steps.*
- Schneider, H., & Samaniego, J. (2010). *La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios.* https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3753/S2009834_es.pdf
- Suárez, J. (2019). *Evaluación de huella de carbono en la producción pecuaria de una granja a pequeña escala, ubicada en la comunidad de Soldados del cantón Cuenca* [Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/32051/3/Trabajo%20de%20titulaci%C3%B3n.pdf>
- Twenergy. (2019). *Diferencias entre bombillas LED y de bajo consumo: ¿cuál es mejor? Iluminación Eficiente.* <https://twenergy.com/eficiencia-energetica/iluminacion-eficiente/diferencias-bombillas-led-y-bajo-consumo/>

- UKUPC. (2021). *Developing a carbon reduction action plan. 1.* https://www.ukupc.ac.uk/pdf/UKUPC_Developing_a_carbon_reduction_plan_for_SME%27s.pdf
- Universidad Externado de Colombia. (2021). *Ley 7 de 20 de mayo de 2021, de cambio climático y transición energética de España. Una mirada normativa y presupuestal a la propuesta de transición energética. - Derecho del Medio Ambiente.* Blog Departamento de Derecho Del Medio Ambiente. <https://medioambiente.uexternado.edu.co/ley-7-de-20-de-mayo-de-2021-de-cambio-climatico-y-transicion-energetica-de-espana-una-mirada-normativa-y-presupuestal-a-la-propuesta-de-transicion-energetica/>
- Valderrama, J. O., Espíndola, C., & Quezada, R. (2011). Huella de Carbono, un Concepto que no puede estar Ausente en Cursos de Ingeniería y Ciencias. *Formación Universitaria*, 4(3), 3–12. <https://doi.org/10.4067/s0718-50062011000300002>
- Vidal de los Santos, E., & Franco López, J. (2019). *Impacto Ambiental. Una Herramienta para el desarrollo sustentable.* AGT Editor.
- Wiedmann, T., & Minx, J. (2007). *A Definition of "Carbon Footprint."* www.censa.org.uk
- Wilches, F., & Suárez, C. (2016). *Evaluación de la huella de carbono en la producción de bloque de arcilla en Ladrillera "Los Cristales"* [Universidad Libre de Colombia]. <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10399/Claculo%20HDC%20Los%20Cristales.pdf>
- Wintergreen, J., & Delaney, T. (2007). ISO 14064, International Standard for GHG Emissions Inventories and Verification. *6th Annual International Emissions Inventory Conference.* https://gaftp.epa.gov/AIR/nei/ei_conference/EI16/session13/wintergreen.pdf
- Yudhistira, R., Khatiwada, D., & Sanchez, F. (2022). A comparative life cycle assessment of lithium-ion and lead-acid batteries for grid energy storage. *Journal of Cleaner Production*, 358, 131999. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2022.131999>
- Zambrano, Á. (2021). *Diseño de horno a gas para quema de ladrillo, para minimizar la utilización de madera del bosque en el cantón Catamayo, provincia de Loja* [Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/53464/1/ANGEL%20ZAMBRANO%20BECILLA.pdf>

