

**“IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES DE
TRANSFORMACIÓN PRODUCTIVA PARA MEJORAR EL
DESEMPEÑO AMBIENTAL DE LA LADRILLERA INALVERSOG
S.A.S EN EL MUNICIPIO DE SOGAMOSO – BOYACÁ”**

Giann Axel Leguízamo Jordán

Diego Alejandro Gutiérrez Díaz



UNIVERSIDAD EL BOSQUE

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA INGENIERÍA AMBIENTAL

BOGOTÁ

2019-1

Identificación de oportunidades de transformación productiva
para mejorar el desempeño ambiental de la ladrillera
Inalversog S.A.S en el municipio de Sogamoso – Boyacá

Giann Axel Leguízamo Jordán
Diego Alejandro Gutiérrez Díaz

**“IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES DE
TRANSFORMACIÓN PRODUCTIVA PARA MEJORAR EL
DESEMPEÑO AMBIENTAL DE LA LADRILLERA INALVERSOG S.A.S
EN EL MUNICIPIO DE SOGAMOSO – BOYACÁ”**

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de

Ingeniero Ambiental

Director

John Fredy Arias Duque

Línea de Investigación

Gestión Ambiental

Área de Investigación

Gestión y Productividad Sustentable

UNIVERSIDAD EL BOSQUE

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA INGENIERÍA AMBIENTAL

BOGOTÁ

2019-1

Identificación de oportunidades de transformación productiva
para mejorar el desempeño ambiental de la ladrillera
Inalversog S.A.S en el municipio de Sogamoso – Boyacá

Giann Axel Leguízamo Jordán
Diego Alejandro Gutiérrez Díaz

Nota de Salvedad de Responsabilidad Institucional

La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia.

Dedicatoria

Esta monografía está dedicada a nuestros padres ya que gracias a ellos podemos estar en esta linda institución y poder aportar con nuestros conocimientos.

También queremos agradecer a todos nuestros maestros, pues ellos nos enseñaron a valorar los estudios y a superarnos cada día, a nuestro director por acompañarnos en este proceso y dar todo de sí.

Y queremos dedicar también a un amigo muy especial que es nuestro Dios con el hacemos todo y está con nosotros en las buenas y en las malas, en las noches más frías y por eso se lo debemos todo a Él. A pesar de nuestros errores en esta vida él supo perdonarnos para comenzar de nuevo.

Tabla de contenido

RESUMEN	15
1. INTRODUCCIÓN	17
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	19
4. JUSTIFICACIÓN	20
5. OBJETIVOS	21
5.1. OBJETIVO GENERAL.....	21
5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
5.2.1. <i>Diagnosticar las condiciones actuales de la Ladrillera Inalversog S.A.S del municipio de Sogamoso – Boyacá.</i> 21	
5.2.2. <i>Identificar las oportunidades de producción más limpia.</i>	21
5.2.3. <i>Formular proyecto (s) para aprovechar las oportunidades de transformación productiva y su desempeño ambiental.</i>	21
6. MARCO DE REFERENCIAS	22
6.1. MARCO DE ANTECEDENTES	22
6.1.1. <i>Internacional</i>	22
6.1.2. <i>Nacional</i>	23
6.1.3. <i>Regional</i>	26
7. MARCO TEORICO	29
7.1. PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA – PML.	30
7.2. LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA COMO ESTRATEGIA DE LA GESTIÓN AMBIENTAL EMPRESARIAL.	33
<i>Manejo de residuos.</i>	34
7.3. LADRILLO ECOLÓGICO.	34
7.4. ECO MAPA.....	35
7.5. ECO - BALANCE.....	36
7.6. EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	37
8. MARCO CONCEPTUAL	39
8.1. BUENAS PRÁCTICAS OPERATIVAS	39
8.2. VENTILADOR PARA HORNO LADRILLERO	45

<i>Transferencia de calor</i>	45
8.3. OPORTUNIDADES DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA.....	45
8.4. EVALUACIÓN DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA.....	46
8.5. PROCESO PRODUCTIVO.....	46
8.6. LA RESPONSABILIDAD AMBIENTAL.....	46
<i>Fuente de Emisión</i>	46
<i>Fuente Fija</i>	46
<i>Emisiones</i>	46
<i>Contaminantes</i>	47
<i>Chircal</i>	47
<i>Bloque</i>	47
9. MARCO GEOGRÁFICO.....	47
9.1. UBICACIÓN.....	47
9.2. GEOGRAFÍA.....	50
9.3. HIDROGRAFÍA.....	50
<i>Río Chicamocha</i>	50
<i>Río Monquirá</i>	50
<i>Río Chiquito</i>	51
<i>Vertiente Oriental o del Río Cusiana</i>	51
<i>Quebrada Hato Laguna (Cintas)</i>	51
<i>Cuenca del Lago de Tota</i>	51
9.4. ECONOMÍA.....	51
9.5. ECOSISTEMAS.....	52
10. MARCO LEGAL Y NORMATIVO.....	52
CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA.....	54
DECRETO LEY 2811.....	54
LEY 9.....	55
LEY 99.....	55
LEY 164.....	55
DECRETO 948.....	55
RESOLUCIÓN 619.....	56
LEY 629.....	56
RESOLUCIÓN 1377.....	57
RESOLUCIÓN 2267.....	58
RESOLUCIÓN 760.....	58

PROCOLO PARA EL CONTROL Y VIGILANCIA DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA GENERADA POR FUENTES FIJAS.....	58
RESOLUCIÓN 610.....	59
DECRETO 1076.....	59
LEY 1715.....	59
RESOLUCIÓN 2254.....	59
DECLARACIÓN DE ESTOCOLMO.....	60
CONVENIO DE VIENA PARA LA PROTECCIÓN DE LA CAPA DE OZONO.....	60
PROCOLO DE MONTREAL RELATIVO A LAS SUSTANCIAS AGOTADORAS DE LA CAPA DE OZONO.....	60
11. MARCO INSTITUCIONAL.....	61
11.1. CAR.....	61
11.2. GOBERNACIÓN DE BOYACÁ.....	61
11.3. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE.....	61
11.4. CORPOBOYACA.....	61
11.5. INALVERSOG S.A.S.....	62
11.6. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA.....	62
11.7. ADMINISTRACIÓN MUNICIPAL DE SOGAMOSO.....	62
11.8. IDEAM.....	62
11.9. CAEM.....	63
11.10. SISAIRE.....	63
12. MARCO METODOLÓGICO.....	64
<i>Enfoque y alcance</i>	64
<i>Método</i>	65
<i>Unidad de análisis</i>	66
<i>Variables y aspectos</i>	66
<i>Informantes</i>	66
13. MATRIZ METODOLÓGICA.....	68
14. FASES DE LA INVESTIGACIÓN.....	70
FASE 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	70
FASE 2. COMPENDIO DE LA INFORMACIÓN.....	70
FASE 3. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	71
FASE 4. IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS DE PML.....	71
FASE 5. FORMULACIÓN DE PROYECTOS PARA LA TRANSFORMACIÓN PRODUCTIVA.....	71
FASE 6. DISEÑO DE ESTRATEGIAS PARA LA TRANSFORMACIÓN PRODUCTIVA.....	71

FASE 7. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	71
FASE 8. ENTREGA DOCUMENTO FINAL.....	71
15. PLAN DE TRABAJO	72
16. RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.....	73
<i>OBJETIVO 1. DIAGNOSTICAR LAS CONDICIONES ACTUALES DE LA LADRILLERA INALVERSOG S.A.S DEL MUNICIPIO DE SOGAMOSO – BOYACÁ.</i>	74
<i>Entrevista realizada a una de las administradoras de la empresa Inalversog S.A.S.</i>	74
<i>Descripción del proceso productivo.</i>	75
- 1. <i>Extracción de materia prima.</i>	75
- 2. <i>Almacenamiento de materia prima</i>	76
- 3. <i>Transporte de arcilla.</i>	76
- 4. <i>Humectación y amasado</i>	77
- 6. <i>Corte del material</i>	77
- 7. <i>Transporte del material al área de secado</i>	77
- 8. <i>Secado del material</i>	78
- 9. <i>Transporte del material al horno</i>	78
- <i>Almacenamiento del carbón.</i>	79
- <i>Transporte de carbón a horno</i>	80
- 10. <i>Cocinado del bloque</i>	81
- 11. <i>Enfriamiento o secado del bloque</i>	82
- 12. <i>Separación del producto terminado</i>	82
- 13. <i>Despacho del producto</i>	82
- <i>Producto en mal estado.</i>	82
<i>Características técnicas y productivas.</i>	83
<i>Información Ambiental y Energética.</i>	84
17. OBJETIVO 2. IDENTIFICAR LAS OPORTUNIDADES DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA.....	88
<i>Matriz – lista de chequeo.</i>	88
<i>Análisis de Procesos y Operaciones</i>	89
<i>Árbol de Problemas</i>	92
<i>Análisis de la Matriz Leopold</i>	94
<i>Análisis de la Matriz DOFA</i>	96
<i>Cuantificación de las emisiones de gases contaminantes (Pm, SO2, NOx) producidas por las ladrillas ubicadas en el Sector el Plan.</i>	103
18. IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA.....	111
<i>Análisis de Oportunidades de PML</i>	111

<i>Análisis de Alternativas</i>	112
<i>Alternativa 1. Mejora de aislamiento térmico para el horno</i>	112
<i>Alternativa 2. Ventilador mecánico</i>	113
19. OBJETIVO 3. FORMULAR PROYECTO (S) PARA APROVECHAR LAS OPORTUNIDADES DE TRANSFORMACIÓN PRODUCTIVA Y SU DESEMPEÑO AMBIENTAL.....	113
MEJORÍA DE AISLAMIENTO TÉRMICO	113
<i>CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES AISLANTES</i>	114
<i>VENTAJAS Y BENEFICIOS DEL AISLAMIENTO TÉRMICO</i>	114
<i>LA FIBRA CERAMICA COMO AISLAMIENTO TERMICO Y REFRACTARIO PARA ALTA TEMPERATURA</i>	115
<i>FIBRA CERÁMICA SOBRE REFRACTÁRIOS VENTAJAS</i>	115
<i>LOS LADRILLOS AISLANTES</i>	117
VENTILADOR MECÁNICO.....	118
DATOS DEL VENTILADOR	119
<i>Actividades de limpieza y mantenimiento</i>	119
<i>Instrucciones de funcionamiento</i>	120
<i>Beneficios de la implementación del ventilador</i>	121
<i>Priorización de alternativas</i>	122
<i>Análisis Ecológico</i>	123
<i>Reducción de emisiones</i>	123
<i>Reducción de residuos sólidos</i>	124
<i>Análisis Socioeconómico</i>	125
<i>Costos</i>	126
<i>Costos.</i>	128
<i>Ingresos.</i>	129
<i>Aislador térmico</i>	131
<i>Combustible</i>	133
<i>Horas de trabajo</i>	134
<i>Calidad del producto.</i>	137
20. CONCLUSIONES.....	138
21. RECOMENDACIONES	140
22. BIBLIOGRAFÍA	141
23. ANEXOS.....	149
<i>Formato entrevista</i>	149

<i>Formato matriz metodológica</i>	150
<i>Formato matriz DOFA</i>	151
<i>Formato matriz Leopold</i>	152
<i>Formato Matriz de Chequeo</i>	153
<i>Eco mapa</i>	154
<i>Eco Balance</i>	155
<i>Ventilador</i>	155
<i>Imágenes fotográficas</i>	156

Lista de Tablas

Tabla 1. Descripción de las fases	33
Tabla 2. Descripción y operación del horno Hoffman.	38
Tabla 3. Datos generales de la ubicación del municipio de Sogamoso – Boyacá	48
Tabla 4. Normatividad Nacional.	54
Tabla 5. Normatividad Internacional.	60
Tabla 6. Actividades, técnicas e instrumentos.	68
Tabla 7. Plan de trabajo.	72
Tabla 8. Área carbonífera de Sogamoso - Jericó.	85
Tabla 9. Composición promedio para diferentes carbones del país.	86
Tabla 10. Características del combustible usado para la cocción.	86
Tabla 11. Requerimientos ambientales para la empresa Inalversog S.A.S.	86
Tabla 12. Matriz – lista de chequeo.	88
Tabla 13. Matriz Leopold.	95
Tabla 14. Matriz DOFA.	97
Tabla 15. Cruce de estrategias.	98
Tabla 16. Materia prima del ladrillo con un volumen de 2208 cm ³ .	99
Tabla 17. Materia prima para el proceso de cocción.	100
Tabla 18. Composición del carbón.	100
Tabla 19. Cantidad del aire.	102
Tabla 20. Exceso de aire.	102
Tabla 21. Factores de emisión.	104
Tabla 22. Factor de Emisión Pm10.	105
Tabla 23. Factor de Emisión NOx.	105
Tabla 24. Factor de Emisión Pm SO2.	106
Tabla 25. Datos de consumo de combustible y emisiones por pieza de ladrillo.	106
Tabla 26. Datos promedio del consumo de combustible y las emisiones producidas.	107
Tabla 27. Cantidad de residuos sólidos.	107
Tabla 28. Entradas y salidas.	107
Tabla 29. Eficiencia del proceso.	108
Tabla 30. Ineficiencia del proceso.	109
Tabla 31. Eficiencia global.	109
Tabla 32. Ineficiencia global.	109
Tabla 33. Comparativo de priorización de alternativas.	122

Tabla 34. Bloque en buen y mal estado.	126
Tabla 35. Producción de ladrillos.	127
Tabla 36. Costos.	128
Tabla 37. Valor anual	128
Tabla 38. Total, costos anuales.	129
Tabla 39. Ingresos de venta ladrillos en buen estado.	129
Tabla 40. Ingresos de venta ladrillos en mal estado.	130
Tabla 41. Ingresos.	130
Tabla 42. Total ingresos	130
Tabla 43. Ganancia	131
Tabla 44. Costo aislador térmico.	131
Tabla 45. Valor anual con aislador térmico.	132
Tabla 46. Total, costos anuales	132
Tabla 47. Total ingresos.	132
Tabla 48. Ganancia	132
Tabla 49. Consumo de combustible en promedio anual.	133
Tabla 50. Producción por línea sin aislador térmico.	133
Tabla 51. Producción por quema con aislador térmico.	133
Tabla 52. Ganancia con el aislador térmico por línea producida.	134
Tabla 53. Ganancia con el aislador térmico por línea producida al año.	134
Tabla 54. Horas promedio de cocción de ladrillos.	134
Tabla 55. Producción de ladrillos por año.	135
Tabla 56. Ingreso Real con 15% de ineficiencia.	135
Tabla 57. Ingreso Ideal con 5% de ineficiencia.	135

Lista de Ilustraciones.

Ilustración 1. Fases de un proyecto de producción más limpia	32
Ilustración 2. Localización geográfica.	48
Ilustración 3. Vereda Buena Vista.	49
Ilustración 4. Ladrillera Inalversog S.A.S	49
Ilustración 5. Fases de investigación	70
Ilustración 6. Tiempo del proceso productivo	74
Ilustración 7. Proceso productivo	75
Ilustración 8. Almacenamiento de materia prima.	76
Ilustración 9. Transporte y área de secado.	77
Ilustración 10. Secado del material en la parte superior del horno.	78
Ilustración 11. Transporte de material.	79
Ilustración 12. Almacenamiento de carbón.	79
Ilustración 13. Transporte del carbón hacia el horno.	80
Ilustración 14. Cocinado del bloque.	81
Ilustración 15. Producto terminando.	82
Ilustración 16. Producto en mal estado.	83
Ilustración 17. Características generales del horno Hoffman.	83
Ilustración 18. Tecnología de Horno Hoffman.	84
Ilustración 19. Eco mapa	91
Ilustración 20. Árbol de problemas.	93
Ilustración 21. Ecobalance del proceso de cocción de bloque.	110
Ilustración 22. Fibra cerámica	115
Ilustración 23. Comparativo de eficiencia térmica.	116
Ilustración 24. Ladrillos aislantes.	117
Ilustración 25. Mejoramiento del aislamiento térmico.	118
Ilustración 26. Ventilador	121
Ilustración 27. Precio de venta de ladrillo en buen estado.	126
Ilustración 28. Precio de venta del ladrillo en mal estado.	127

Resumen

El trabajo de investigación se propone encontrar alternativas de producción más limpia para lograr una transformación productiva en la empresa ladrillera Inalversog S.A.S, a través de la implementación de herramientas de la producción más limpia como el ecomapa, el ecobalance y los costos de ineficiencia. La aplicación sucesiva de tales herramientas permitió la priorización de una oportunidad de producción más limpia evaluando su viabilidad de implementación dentro de la empresa.

Este trabajo realizó un diagnóstico del proceso productivo de la empresa mediante encuestas, talleres y revisión bibliográfica, identificando el estado actual a nivel económico y ecológico de la empresa, posteriormente se determinaron y priorizaron las oportunidades de producción más limpia (PML) y las deficiencias que se encuentran en el proceso productivo reflejadas con una eficiencia del 71% con respecto a la materia.

Para finalizar, se definieron las alternativas de transformación productiva para mejorar el desempeño ambiental, las cuales se centraron en el planteamiento de un ventilador para horno ladrillero como solución dado a que el ventilador reduciría el uso de carbón, menos tiempo de quemado, reducción de emisiones aproximadamente un 30 % y reducción de residuos sólidos aproximadamente 10%. A partir del análisis y comparación de los resultados obtenidos en cuanto a eficiencia energética, generación de emisiones, tiempo de retorno de la inversión y costos de implementación se concluyó que es la propuesta de mayor viabilidad.

Palabras clave: Producción más limpia, Oportunidades, Desempeño ambiental, Transformación, Productividad

Abstract

The research work aims to find cleaner production alternatives to achieve a productive transformation in the Inalversog S.A.S brickworks company, through the implementation of cleaner production tools such as ecomap, ecobalance and inefficiency costs. The successive application of such tools allowed the prioritization of a cleaner production opportunity evaluating its viability of implementation within the company.

This work made a diagnosis of the productive process of the company through surveys, workshops and bibliographic review, identifying the current status at the economic and ecological level of the company, later the opportunities for cleaner production (PML) and the deficiencies that were determined and prioritized were determined. they are in the productive process reflected with an efficiency of 71% with respect to the matter.

Finally, productive transformation alternatives were defined to improve environmental performance, which focused on the approach of a brick kiln fan as a solution given that the fan would reduce the use of coal, less burning time, reduction of emissions approximately 30% and reduction of solid waste approximately 10%. Based on the analysis and comparison of the results obtained in terms of energy efficiency, emission generation, investment return time and implementation costs, it was concluded that it is the proposal of greater viability.

Keywords: Cleaner production, Opportunities, Environmental performance, Transformation, Productivity.

1. Introducción

El presente trabajo diagnostica y analiza la actividad de fabricación de ladrillos en Inalversog S.A.S ubicado en el municipio de Sogamoso (Boyacá). Enfocado a la propuesta de estrategias de producción más limpia, que sean acordes al funcionamiento actual de la empresa y puedan ser implementadas y desarrolladas con éxito.

Para la determinación de las estrategias se estudió y analizo el proceso productivo, se identificaron los puntos críticos desde el punto de vista ambiental y se relacionaron con la actividad económica que permita organizar y desarrollar un mejoramiento continuo que permita el desarrollo sostenible

Por lo tanto, el estudio contiene bases fundamentales para orientar a los propietarios a continuar con sus actividades de extracción y transformación bajo condiciones que incluyen la disminución de costos tanto productivos como en la recuperación del medio ambiente.

Las estrategias formuladas se sintetizan en la empresa Ladrillera Inalversog S.A.S ubicada en la Vereda Buena Vista en el municipio de Sogamoso - Boyacá. Teniendo en cuenta el contexto económico, productivo y social en el que se encuentra la actividad ladrillera en este municipio, es posible inferir que ésta puede ser catalogada como la actividad predominante de la región y por ende la que mayor cantidad de problemas a nivel ambiental, social y económico ha presentado, principalmente debido al desarrollo del proceso productivo de las ladrilleras en esta zona del país (Arango Ordoñez & Rodríguez Moreno, 2017).

Los principales problemas del sector ladrillero se pueden clasificar en ambientales, sociales y productivos. Los problemas ambientales se refieren los causados por las emisiones generadas en los procesos de quema de los lotes de ladrillos, estando cerca de poblaciones, en este caso el sector de Buena Vista, lo que ha provocado ciertos problemas con los habitantes en términos de salud, tales como problemas respiratorios y cardíacos. En términos sociales están asociados con la presencia de adolescentes en las fábricas y en algunos casos han dejado sus estudios por ser partícipes de la actividad. Por último, Los problemas relacionados con la parte productiva se deben principalmente con

la pérdida de producción de bloque que supera el 15% y a la pérdida de combustible por la combustión ineficiente

Una vez identificada la realidad de la zona se realizan algunas recomendaciones que se deben aplicar en el sector ladrillero para alcanzar el gran objetivo de estrategias de Producción más Limpia y así mejorar la calidad de vida de este sector vulnerable.

2. Planteamiento del Problema

La producción de ladrillos en Sogamoso, es una actividad que ha pasado de generación en generación por más de 100 años y que la ha llevado a ser, junto al comercio, la principal actividad económica para el municipio (Univio Lizcano, 2017). Tal trascendencia en dicha actividad, ha generado que Sogamoso sea reconocida a nivel nacional por el gran desarrollo de su sector siderúrgico, por este motivo las entidades regionales, han estado fijando como meta reconfortar el sector de producción de ladrillos, a partir de las fortalezas de la misma actividad. Así, (Univio Lizcano, 2017) citando a (Pavo 2007), hace hincapié en la importancia que tienen las ladrilleras para el desarrollo económico y territorial del municipio. Actualmente, en el municipio se registran 403 hornos de ladrillo, compuestos por caleras ubicadas en pequeñas zonas, conocidas como chircales artesanales (Alcaldía municipal de Sogamoso, 2018).

Teniendo en cuenta la alta actividad industria artesanal en Sogamoso, los procesos de los hornos ladrilleros están presentando un considerable aporte a la contaminación. Los datos de la contaminación atmosférica, son registrados por estaciones de monitoreo instaladas por la autoridad ambiental competente (CORPOBOYACÁ, 2007), la estación “El Recreo” hasta la fecha, como única estación en el municipio, ha permitido hacer seguimiento a los contaminantes atmosféricos, sin embargo, una estación no es suficiente para monitorear la calidad del aire en todo el valle de Sogamoso, así lo manifestó (Univio Lizcano, 2017) siguiendo de nuevo a (Alvarado, 2014).

La problemática que está generando la actividad ladrillera, también está derivando en diferentes aspectos socio ambientales, a partir de su pertinencia en áreas ecológicas y teniendo en cuenta la alta

generación de enfermedades e infecciones respiratorias en la población circundante a los chircales. (Secretaría de Salud de Sogamoso, 2012).

Es por esto que se establece que hay una fuerte incidencia de la actividad ladrillera sobre el territorio en Sogamoso, teniendo en cuenta los datos mencionados, se evidencia que la ocupación desencadena diferentes efectos sobre factores del territorio. A partir de esto, tal como lo indican (Uribe Barón & Suárez Araque, 2009), surge la importancia de identificar los efectos, a fin de definirlos como impactos y así conocer su relación e importancia directa con el sistema territorial de Sogamoso. Por lo tanto, el reto es ayudar a que los alfareros, o como también se les conoce “chircaleros”, hagan rentable su actividad, sin lastimar y afectar el ambiente del municipio, permitiendo así un desarrollo territorial amigable para el ambiente y para los mismos habitantes del municipio.

3. Pregunta de Investigación

¿Qué oportunidades de producción más limpia y transformación productiva se pueden indicar en la ladrillera INALVERSOG S.A.S?

4. Justificación

El presente trabajo surge de la importancia que la industria ladrillera en el municipio de Sogamoso - Boyacá representa en cualquier proceso edificador y constructor del municipio. En Sogamoso la producción de ladrillo es muy grande, por ende, pensar en un desarrollo industrial para este sector compromete el estudio e investigación para la industria, no solamente en términos de crecimiento económico, sino también en la reducción de los impactos ambientales, así como la inclusión de nuevas estrategias de producción que garanticen la sostenibilidad del sector. (Administración Municipal de Sogamoso, 2016).

El desarrollo industrial futuro basado en la Producción Más Limpia acercaría la actividad industrial al encuentro con el criterio de desarrollo industrial ambientalmente sostenible, ya que ambos reducirían las cargas contaminantes e incrementaría la eficiencia en la utilización de la energía y materias primas (Maldonado, 2006). La aplicación de Producción Más Limpia en ladrilleras es una opción mucho más sostenible y atractiva que eliminar o mitigar la contaminación una vez que esta sea producida. Porque tratar los residuos después de generados aumenta los costos en las industrias y el problema no disminuye (Ministerio de Vivienda, Ambiente y Desarrollo Territorial, Resolución 909, 2008).

La identificación de oportunidades y la transformación productiva evita la contaminación industrial al reducir la generación de residuos en cada etapa del proceso de producción con el fin de minimizar o eliminar residuos antes que se generen contaminantes potenciales. También es más costo efectivo que el control de la contaminación. (Lira Rodríguez, 2016) (pág. 54) señala que “al minimizar o prevenir la generación de los residuos, los costos de tratamiento y disposición de los residuos es menor”.

La prevención sistemática reduce las pérdidas en los procesos e incrementa tanto la eficiencia como la calidad del producto. Debido a inconvenientes de tipo ambiental que vienen ocurriendo en ladrilleras y chircales mecanizados surge la idea de realizar este proyecto, con el objeto de identificar

oportunidades de transformación productiva para mejorar el desempeño ambiental de la empresa Inalversog S.A.S. (Administración Municipal de Sogamoso, 2016).

5. Objetivos

5.1. *Objetivo General*

Identificar las oportunidades de transformación productiva para mejorar el desempeño ambiental de la Ladrillera Inalversog S.A.S en el Municipio de Sogamoso – Boyacá a través de la aplicación de herramientas de la producción más limpia.

5.2. *Objetivos Específicos*

- 5.2.1. Diagnosticar las condiciones actuales de la Ladrillera Inalversog S.A.S del municipio de Sogamoso – Boyacá.**
- 5.2.2. Identificar las oportunidades de producción más limpia.**
- 5.2.3. Formular proyecto (s) para aprovechar las oportunidades de transformación productiva y su desempeño ambiental.**

6. Marco de Referencias

A continuación, se presenta el marco referencial del proyecto "Identificación de oportunidades de transformación productiva para mejorar el desempeño ambiental de la ladrillera Inalversog S.A.S. en el municipio de Sogamoso – Boyacá". Dicho marco se desarrollará bajo los siguientes lineamientos: Marco de antecedentes, Marco teórico conceptual, Marco legal y Marco metodológico.

6.1. Marco de Antecedentes

La construcción del estado de los antecedentes se realizó a través de la revisión de diferentes documentos (Tesis, informes, artículos y repositorios de universidades nacionales e internacionales) con el fin de establecer una línea base que permitió analizar las metodologías que se han venido aplicando en lo que respecta a la identificación de oportunidades para una transformación productiva.

Además de esto se tuvo en cuenta los procesos realizados por organizaciones a nivel nacional e internacional en la industria ladrillera, los cuales aportaron datos fundamentales para la investigación para la optimización de todo el proceso productivo.

6.1.1. Internacional

Energy efficiency and emissions of artisanal brick kilns in Peru. Este artículo desarrollado por medio de la universidad de ciencias aplicadas y artes noroeste escuela suiza de ingeniería se plantea que la contaminación atmosférica generada por la por los hornos para la elaboración de ladrillo es un problema central para los países que se encuentran en vía de desarrollo, esto a raíz del alto consumo energético que se requiere en este ciclo productivo.

Siendo así dicha universidad junto con la iniciativa a nivel latinoamericano que estableció la red de ladrilleras con su proyecto de Eficiencia Energética en Ladrilleras (EELA) elaboro este estudio con el objeto de realizar una recolección de datos e investigación de 3 diferentes tipos de hornos (hornos con ventilador, hornos sin ventilador y hornos tipo colmena) lo cual también permite evaluar la eficiencia energética calculada a través del análisis de la relación entre el consumo energético y la temperatura alcanzada por cada uno de los hornos.

Como conclusiones sobresalientes fue determinado que el horno sin ventilador fue el que mayor cantidad de emisiones de monóxido de Carbono (CO) producidas. Asimismo, cabe resaltar como un factor significativo de la investigación realizada a los hornos es la cantidad de agua y falta de oxígeno que se presenta en el secado de los ladrillos, sin embargo, también plasman la mayor limitación para el desarrollo del estudio, fue el no poder determinar cómo el uso de un ventilador puede afectar tanto la eficiencia como el calor generado en los hornos (Fuchs, 2016).

6.1.2. Nacional

Oportunidades para reducir las emisiones contaminantes SLCPs en el subsector de producción de ladrillos en Colombia. Este proyecto realizado a través de un convenio específico de colaboración entre la universidad Autónoma Metropolitana de México y la Corporación Ambiental Empresarial - CAEM de Colombia, el cual tuvo como objeto desarrollar un perfil del sector ladrillero en Colombia, su contribución a las emisiones de SLCPs, identificar los proyectos existentes para mejorar la producción de ladrillo reduciendo emisiones contaminantes, e identificar las barreras y oportunidades para reducir dichas emisiones (Corporación Ambiental Empresarial - CAEM, 2013).

Además de esto el proyecto brinda información vital en cuanto a la infraestructura tecnológica básica para el proceso de producción de ladrillo en las industrias grandes, medianas y aun en algunas pequeñas empresas. Sin embargo, en el proceso de cocción u horneado aún se evidencian significativas ineficiencias teniendo en cuenta que se registra un inventario importante de hornos tipo, fuego dormido, pampa, árabes y colmena, los cuales son reconocidos por su baja eficiencia térmica y altas emisiones contaminantes.

Otra parte fundamental de lo expuesto en el documento es el planteamiento de diversas técnicas que permitirán mejorar la producción de ladrillo y/o reducir las emisiones producidas en el proceso productivo, basados en la reglamentación planteada por el gobierno nacional. Dichas técnicas apuntan a la operación más eficiente de los procesos de transformación de la arcilla derivados en el ladrillo, y ello hace que cada vez más los proyectos para la industria ladrillera tomen más fuerza y apunten a mejorar la calidad de su producto terminado ligado a la reducción de emisiones (Corporación Ambiental Empresarial - CAEM, 2013).

Por otra parte a nivel Nacional se encuentran estudios de ladrilleras con base a la producción limpia donde se busca resolver la problemática de la contaminación atmosférica en la publicación presentada por (PORTAFOLIO, 2010) encuentran: “Que las Ladrilleras de Cundinamarca tendrán producción más limpia a partir de la Eficiencia Energética en Ladrilleras de Nemocón (EELA)”, es el programa que se pondrá en marcha, el próximo semestre, con el fin de capacitar, desarrollar e implementar nuevas tecnologías en la producción de 130 ladrilleras de este municipio cundinamarqués, uno de los más contaminados en Colombia. El propósito es orientar al personal que labora en ellas para lograr eficiencia energética en el uso del carbón, disminuyendo considerablemente su consumo.

De otro lado, (Galindo Rodríguez, 2015) (pág. 6), siguiendo (Claro Gerardino & Trespalacios Nova, 2009), señala que también se encuentran lineamientos normativos y minero - ambientales para el montaje y operación de ladrilleras a base de minerales arcillosos en el municipio de Girón Santander donde se busca como objetivo principal formular lineamientos normativos y minero - ambientales para la legalización de las actividades mineras a base de minerales arcillosos realizada por los miembros de la asociación de mineros de arcilla de Santander (AMAS) ubicados en el municipio de Girón.

Otro aporte significativo, en cuanto a la investigación con base a la contaminación por ladrilleras en Colombia encontramos que según el proyecto investigativo respecto de la contaminación atmosférica en el Valle de Sogamoso realizada por (Guzmán Ruíz & Buitrago Sierra, 2013) quienes tomando lo expuesto por (Espinosa 2001), plantean que el caso del material particulado generado en la fabricación de ladrillo y cal donde se busca principalmente estimar las propiedades físicas, la composición química, el comportamiento y los procesos de formación del material particulado emitido por la pequeña industria en el valle de Sogamoso, y establecer las técnicas de medición posibles para medir dichas características.

Caracterización de la contaminación atmosférica en Colombia. Este estudio realizado por la universidad de los Andes con colaboración de (University College of London & Universidad de los Andes, 2013) (págs. 20 – 21), se plasma un diagnóstico de la contaminación atmosférica actual en el país, en este se establece que esta es causada principalmente por el uso de combustibles fósiles, ya sea por fuentes de emisiones móviles, fijas o aéreas. El 41% del total de las emisiones se genera en las principales ciudades del país donde Bogotá lidera, seguida por Medellín y Cali. Las mayores emisiones de material particulado menor a 10 micras (PM10), de óxidos de nitrógeno (NOx) y monóxido de carbono (CO) son ocasionadas por fuentes móviles (vehículos, motocicletas, trenes, aviones, barcos, etc.) que son los que utilizan fuentes fósiles de energía mientras que las partículas suspendidas totales (PST) y los óxidos de azufre (SOx) son generados por las fuentes fijas como establecimientos industriales y termoeléctricos, 2 1 principalmente. La participación de los distintos sectores en la contaminación del aire es: 86% en el transporte terrestre, 8% en la industria, 3% termoeléctricas, 2% en los sectores residencial y comercial y 1% en el transporte aéreo.

Según el (CONPES 3344, 2005), señalan que la contaminación del aire es una de las mayores preocupaciones para los colombianos ya que es el mayor generador de costos sociales después de la contaminación del agua y de los desastres naturales. Estos costos han sido estimados en el 2004, como 1.5 billones de pesos anuales y están relacionados con efectos sobre la salud pública, mortalidad y morbilidad. En el mismo documento, se identifica que el contaminante monitoreado de mayor interés, dado sus efectos nocivos sobre la salud humana es el material particulado (PM10 y PST), ya que con frecuencia las concentraciones de este contaminante superan los estándares ambientales de la regulación vigente (pág. 5). Por lo tanto, se ha identificado que el aporte más importante de emisión de contaminantes a la atmósfera proviene principalmente de las industrias y el rodaje del parque automotor, para lo cual se han establecido algunas medidas.

En cuanto a las instituciones y regulación ambiental el (CONPES 3344, 2005), se identificó que la estructura institucional vigente resultaba adecuada para el desarrollo de una gestión descentralizada de prevención y control de la contaminación del aire, con las regulaciones y lineamientos de política definidos por el Gobierno Nacional. Sin embargo, dado que existen enormes diferencias entre las autoridades ambientales en cuanto a su capacidad institucional, el fortalecimiento de las más débiles sería condición necesaria para implementar con éxito políticas de calidad del aire; por otro lado, se evidenció una discontinuidad vertical con la política establecida a nivel nacional, ya que las autoridades

ambientales habían desarrollado instrumentos normativos y de política general construidos de manera aislada sin obedecer a los lineamientos de política entre las entidades del orden ambiental y sectorial (University College of London & Universidad de los Andes, 2013).

6.1.3. Regional

Reconversión tecnológica en el sector productivo artesanal de hornos de ladrillo y cal para reducir la contaminación atmosférica en el valle de Sogamoso (Boyacá, Colombia). Parafraseando a (Gómez Ángel, Carreño Dueñas, & Rojas Torres, 2015), quienes plantean en el artículo, cómo la industria alfarera ubicada en el valle de Sogamoso por más de 100 años, se ha convertido progresivamente en el principal centro de producción artesanal de ladrillo del departamento de Boyacá, este método de producción cuenta con hornos que afectan drásticamente la calidad del aire ya que los hornos no cuentan con sistemas de control de emisiones atmosféricas, por lo que se ha calculado que un 56% de la contaminación del valle ha sido generada por los métodos artesanales de fabricación de ladrillo dándole las características necesarias para ser considerado como el cuarto corredor industrial con mayor generación de emisiones atmosféricas de material particulado del país, después de Bogotá, Medellín y la ciudadela industrial de norte de Santander. Sin embargo, se han venido generando proyectos por parte de la corporación autónoma de Boyacá que han permitido implementar una serie de medidas que reducen el impacto ambiental que esta práctica genera, como lo refleja la estrategia de reconversión tecnológica.

Por otra parte, los autores señalan que son aludidos y se conocen los diversos problemas que trae consigo la tradición artesanal ya que emplea sistemas productivos ineficientes que, por un lado, necesitan de una cantidad desmedida de distintos combustibles como; leña, carbón, incluso basura, entre otros, que generan gases en cantidades superiores a las permisibles. Por otro, estas tecnologías limitan la competitividad por aspectos de calidad y variedad de productos es desde este punto que surge la necesidad de aplicar propuestas encaminadas al mejoramiento de los procesos que se dan en las ladrilleras mediante la utilización de la reconversión tecnológica es indispensable tener en cuenta la implementación del control de calidad, la seguridad industrial y ergonómica del personal de la planta, así como la preservación y cuidado del medio ambiente.

Por último, como resultado sobresaliente se establece que la aplicación de la normatividad emitida por Corpoboyacá tendiente a regular la actividad industrial de la producción de ladrillo y cal del valle de Sogamoso ocasionó la reconversión tecnológica con estructuras tipo Hoffman de 280 hornos de ladrillo, tecnificando la actividad convirtiendo de esta manera a artesanos comunes en empresarios involucrados en la preservación del ambiente, (Gómez Ángel, Carreño Dueñas, & Rojas Torres, 2015).

Estudio de análisis del ciclo de vida de ladrillos y bloques de concreto. Este estudio desarrolla del Análisis de Ciclo de Vida comparativo de los ladrillos artesanales y mecanizados, producidos en el distrito de San Jerónimo, departamento de Cusco. El Análisis del Ciclo de Vida (ACV), denominado en inglés *Life Cycle Analysis* (LCA), es una herramienta que cuantifica el impacto ambiental de un producto, tomando en cuenta las etapas desde la obtención de materia prima, producción, distribución, uso hasta su disposición final. Esto con el objeto de cuantificar y evaluar los impactos ambientales generados a lo largo de la fabricación de ladrillos artesanales comparados con los que usan métodos mecanizados a través de inventarios de emisiones que serán un apoyo fundamental para la toma de decisiones tanto de productores como entes gubernamentales.

Teniendo en cuenta la aplicación de esta metodología se establecieron unos parámetros específicos para para la producción de ladrillo por medio de un inventario que permite identificar la producción anual y el número de quemas que se requería para obtener el producto final y los impactos generados en las diferentes fases del proceso de fabricación de ladrillo.

Como conclusiones sobresalientes se tiene que, desde la obtención de los materiales hasta la construcción de un metro cuadrado de pared, se tiene que 1 m^2 de pared construido con ladrillos artesanales impacta al ambiente en un 26% más que 1 m^2 de pared construido con ladrillos mecanizados, debido a que, la cantidad de ladrillos artesanales que se requiere para construir 1 m^2 es 3.3 veces más que la cantidad de ladrillos se requiere para construir 1 m^2 de ladrillos mecanizados. Razón por la cual es de suma importancia que se evalúen alternativas de hornos que presenten una mayor eficiencia energética y reduzcan la producción de emisiones contaminantes al ambiente (Pontificia Univesidad Católica del Perú, 2012).

Análisis de las emisiones de contaminantes asociados a la fabricación de ladrillos y propuesta de reconversión tecnológica Nemocón – Colombia. Por su parte, (Arango Ordoñez &

Rodríguez Moreno, 2017), exponen que su trabajo buscó determinar mejoras tecnológicas en el proceso de fabricación de ladrillos en una vereda del Municipio de Nemocón ubicado en el departamento de Cundinamarca, los autores buscaron disminuir las emisiones de material particulado a la atmósfera, de esta manera obteniendo un impacto positivo en la salud de las personas que se ven afectadas directa o indirectamente por esta actividad.

Como parte inicial de la realización del estudio se efectuó una medición de material particulado en dos hornos uno de Cámara Semicontinua y otro de Fuego dormido, con este estudio se logró cuantificar la concentración en las emisiones generadas por la fabricación de ladrillos, con el fin de establecer si la mejora tecnológica realizada disminuye las concentraciones de este contaminante criterio; posterior a esto se practicaron encuestas a los pobladores de la vereda para identificar si la calidad del aire tiene una relación directa en su salud. Así lo han expuesto (Arango Ordoñez & Rodríguez Moreno, 2017).

Asimismo realizaron encuestas a los pobladores de la vereda para identificar si la calidad del aire tiene una relación directa en la salud, dentro de los resultados que obtuvieron determinaron que la mejora de la tecnología que fue propuesta disminuyó concentraciones de material particulado PST, PM-10 y PM-2.5 en las emisiones producidas por estas fábricas, aunque no se encontró una relación clara con enfermedades respiratorias agudas, si se presentan enfermedades como gripa e irritación de las mucosas.

De las conclusiones más relevantes en este trabajo se pudo identificar que el empresario que aún posee procesos productivos dentro de chircales desconoce su negocio, su posición frente al mercado, las tecnologías y las posibles afectaciones al medio ambiente por su actividad. Pese a esto la implementación del horno cámara semicontinua tiene un potencial importante en el gremio ladrillero, ya que permitiría mayor acceso a capital para los empresarios, incrementando sus ingresos económicos y a su vez dando cumplimiento a la normativa ambiental colombiana minimizando los impactos negativos a niveles ecológicos. (Arango Ordoñez & Rodríguez Moreno, 2017).

7. Marco Teorico

El marco teórico busca abarcar la identificación de oportunidades de transformación productiva en la industria del ladrillo, cerámico y afines. Donde se toma como referencia, la eficiencia, tecnología, costos e impacto ambiental del proceso productivo.

Se enmarca la teoría y la práctica del proceso productivo desde la explotación de la arcilla hasta la elaboración final del producto en la Ladrillera Inalversog S.A.S, recopilando los resultados que entregan las herramientas, usadas para el diagnóstico ambiental, la identificación de oportunidades de transformación productiva y la formulación de proyectos para un mejor desempeño ambiental.

Específicamente, “la actividad ladrillera hace referencia al proceso por el cual, mediante técnicas que incorporan principalmente agua y arcilla, se obtienen ladrillos para la construcción u otro tipo de actividades, la preparación se realiza directamente sobre el suelo” así fue expresado por (Univio Lizcano, 2017) (pág. 24), siguiendo a (Corral y Alba, 2003). Además, este tipo de industria transformadora, involucra procesos de fabricación tales como la extracción manual de arcillas y la cocción en hornos, por lo que a esta actividad industrial también se le puede referir y como es normalmente llamada; “industria artesanal” (Herrera Cuéllar, Rodríguez Silva, & López Arboleda, 2011).

El horno en el proceso industrial para producir hornos cerámicos, se diferencia de los procesos de fabricación no sólo en el uso de maquinaria para el proceso de moldeado sino en el empleo de hornos más sofisticados para la fase de cocción, logrando una mayor eficiencia en la producción de unidades de arcilla con una mejor calidad final. (Herrera Cuéllar, Rodríguez Silva, & López Arboleda, 2011).

De nuevo citando a (Univio Lizcano, 2017), quien a su vez cita a por García M (2004), señala que estos hornos, se ubican en medianas ladrilleras y son definidos como: “lugar donde se fabrican tejas y ladrillos, utilizando procesos con una reconversión tecnológica moderna como el horno Hoffman” (pág. 24). Durante sus inicios, hasta la fecha, la actividad ladrillera ha sido conocida como “actividad artesanal” debido a la alta informalidad de sus procesos, teniendo en cuenta que las plantas de fabricación están representadas básicamente por el horno y un espacio de terreno como patio de labranza. Las ladrilleras artesanales emplean; hornos fijos de fuego directo y de techo abierto para la cocción, también denominada quemado o simplemente quema de ladrillos (Ministerio de la Protección - Perú, 2010). La zona industrial en Sogamoso, posee diferentes tipos de hornos; hornos de fuego dormido, hornos colmena, hornos Hoffman, hornos de túnel, 25 hornos de cal, entre otros. Los hornos más utilizados para esta actividad industrial, son los de fuego dormido, los cuales son de diseño circular en la que se forma una especie de bóveda abierta. La quema del material es poco homogénea y de combustión incompleta, la cual genera una contaminación elevada. (Ministerio de la Protección - Perú, 2010).

De tal forma los desechos industriales generados por industrias y hornos son emisiones generadas en la combustión del horno, las cuales tienen la capacidad intrínseca para producir daños en un organismo (Maldonado, 2006). De igual manera expone el autor que tales sustancias son nocivas para las personas ya que pueden entrar al organismo por diferentes medios, tales como: ingestión, inhalación y absorción. La toxicidad, depende de factores como el tiempo de exposición a la sustancia, el número de veces que se ha estado expuesto y la vía de ingesta (Maldonado, 2006).

7.1. Producción Más Limpia – PML.

Tomando como referencia el libro “Producción Más Limpia, paradigma de Gestión ambiental” (Van Hoof, Monroy, & Saer, 2008) y *de* acuerdo con el Manual de Gestión Ambiental Sector Ladrilleras, 2006, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA y parafraseando a Fernando Sánchez Sánchez, se define la Producción Más Limpia (PML) como: “La aplicación continua de estrategias ambientales preventivas integradas a los procesos, productos y servicios ofrecidos por una organización, con el objetivo de reducir los riesgos inminentes en el ser

humano y el medio ambiente” (Sánchez Sánchez, 2009). Este concepto implica acciones de mejoramiento continuo del desempeño ambiental de una empresa, con un enfoque preventivo orientado hacia el control de la emisión de contaminantes en la fuente, disminuyendo al máximo su producción y su descarga al ambiente.

Por otra parte, los procesos productivos pueden ser más limpios realizando cambios en los materiales, insumos, innovaciones tecnológicas y el mejoramiento de las prácticas operacionales. Igualmente, a los productos se les puede hacer un análisis de ciclo de vida, enfocado en la reducción de los impactos negativos sobre los recursos naturales, desde la extracción de las materias primas hasta la disposición final del producto, una vez finalizada su vida útil. (Betancur Vélez, Gómez, & Bustamante Moreno, 2011).

En consecuencia, la Producción Más Limpia consiste en observar el aspecto ambiental como una estrategia de competitividad empresarial encaminada a reducir las ineficiencias en los procesos productivos, logrando hacer más con menos; La producción más limpia implica un cambio de lenguaje en torno a la variable ambiental, iguala la contaminación las ineficiencias en los procesos, por lo tanto es posible hablar de un incremento en la eficiencia de los procesos, término más atractivo para los empresarios, en lugar de controlar la contaminación, término que les genera resistencia. Por ello para desarrollar proyectos enfocados a la Producción Más Limpia se deben llevar a cabo las siguientes etapas, planteamiento expuesto según memorias presentadas por (Universidad del Bosque, 2018).

Etapas 1. Organizar el programa de producción más limpia

- Designar el equipo para la implementación
- Determinar los procesos del sistema productivo
- Identificar en cada proceso las etapas generadoras de residuos y pérdidas

Etapas 2. Analizar las etapas de cada proceso

- Hacer la distribución en planta de los procesos del sistema
- Preparar diagramas de flujo de los procesos
- Definir balances de materia y energía
- Asignar costos a las corrientes de residuos
- Revisar analíticamente el proceso e identificar las causas de generación de desechos

Etapa 3. Identificar opciones de mejora

- La identificación de oportunidades de eliminación de residuos
- Minimización de pérdidas
- Ahorro de materias primas
- Neutralizar las causas que originan los problemas

Etapa 4. Seleccionar las opciones de mejora viables

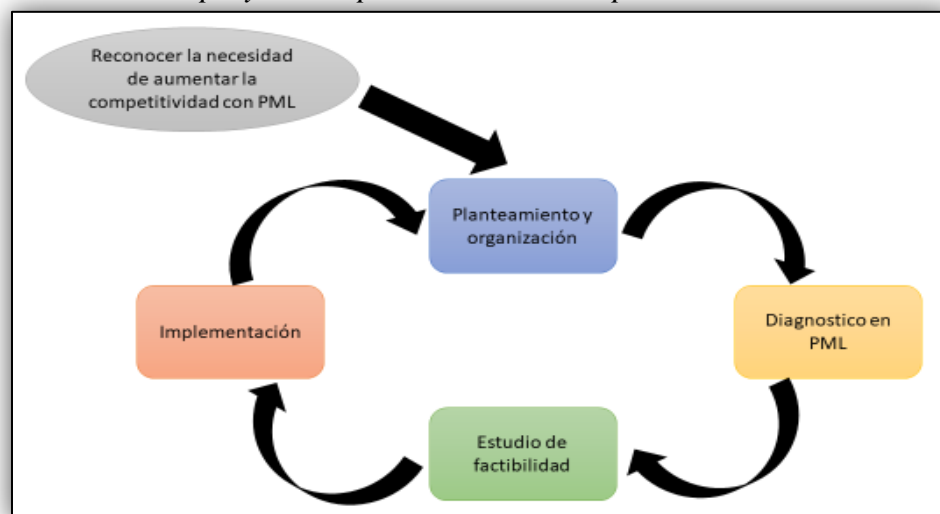
- Evaluar viabilidad técnica
- Evaluar viabilidad económica
- Evaluar el logro ambiental
- Seleccionar las soluciones para implementación

Etapa 5. Implementar las opciones de mejora seleccionadas

Etapa 6. Mantener el programa de producción limpia

- Con la implementación de las mejoras se podría considerar que la minimización de pérdidas está completa y el programa ha concluido y continuar en el proceso de mejora continua
- Se debe establecer programas de mantenimiento de mejoras y búsqueda de nuevas oportunidades

Ilustración 1. Fases de un proyecto de producción más limpia



Fuente: Construcción de los autores. Con base en datos obtenidos de Arias (2017).

Tabla 1. Descripción de las fases

<p>Planteamiento y organización</p> <p>Obtener compromiso de la gerencia</p> <p>Establecer la organización de la evaluación</p> <p>Superar barreras</p> <p>Proponer objetivos generales</p> <p>Iniciar estudio preliminar</p>	<p>Diagnostico en PML</p> <p>Datos de compañía y sus procesos</p> <p>Flujos de materiales, desechos y emisiones</p> <p>Crear grupos de trabajo</p> <p>Generar opciones de PML</p>
<p>Estudio de factibilidad</p> <p>Evaluación organizacional</p> <p>Evaluación técnica</p> <p>Evaluación económica</p> <p>Evaluación ambiental</p> <p>Selección de opciones</p>	<p>Implementación</p> <p>Monitoreo</p> <p>Ejecutar</p> <p>Medir</p> <p>Preparación técnica detallada</p> <p>Oportunidad para la ejecución</p>

Fuente: Construcción de los autores (2019).

7.2. La producción más limpia como estrategia de la gestión ambiental empresarial.

La sustentabilidad empresarial, que se refleja en el nivel de la competitividad empresarial, depende del equilibrio de tres variables: manejo adecuado de recursos, manejo social de los empleados y la comunidad, y el desarrollo económico de la empresa. El manejo entre estas tres variables se logra a través de un proceso de mejora continua que busca garantizar un mayor valor agregado para los actores interesados. La Producción más Limpia es una estrategia empresarial para alcanzar el objetivo general del desarrollo sostenible. Igual que sus sinónimos Prevención de la Contaminación y Producción más Limpia, la Producción más Limpia se define como una estrategia ambiental preventiva e integrada,

enfocada hacia procesos productivos, productos y servicios, a fin de reducir costos, incentivar innovaciones tecnológicas y reducir los riesgos relevantes al ser humano y al medio ambiente. (Aristizabal Casallas, Avendaño Cortes, & Ruíz Martínez, 2018).

Manejo de residuos.

Según (ICONTEC & Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2013), respecto de la información para el manejo al final de la vida útil, señalan que la organización suministra la información relacionada con el reciclaje, aprovechamiento, reutilización y disposición del producto como el chamote ya que es reutilizado para volver a incorporarse en el proceso de pulverización y de más. (pág. 8).

7.3. Ladrillo ecológico.

Entre los materiales ecológicos se encuentra el "ladrillo ecológico", el cual es un buen aislante de calor exterior, por lo que permite significativas disminuciones de costos en el mantenimiento térmico de viviendas y edificios, y principalmente gasta menos energía. También es económico, como un elemento resistente a los agentes naturales, durable y capaz de soportar cargas muy pesadas (Parnisari, S/A).

Por otra parte, el ladrillo ecológico es similar en tamaño y textura al ladrillo convencional con la diferencia de que este último es perjudicial para el medio ambiente ya que para su fabricación se requiere alcanzar temperaturas muy elevadas con el uso de combustibles, que al quemarse liberan a la atmósfera CO₂. Es por ello que las ladrilleras deberían estar ubicadas lejos de casas o barrios, ya que pueden provocar enfermedades respiratorias o dermatológicas (El “ladrillo ecológico” como nuevo material para la construcción sustentable, S/A) (pág. 9).

Según el documento publicado por National Science Foundation, el presidente de la compañía Freight Pipeline, (Liu, 2007), señala que ha estado trabajando desde 2004 en el desarrollo del ladrillo ecológico a partir de ceniza de carbón con el apoyo del programa de Investigación para la Innovación en Pequeños Negocios (SBIR) de la Fundación Nacional de la Ciencia.

Cada año, aproximadamente 25 millones de toneladas de ceniza fina, que son de las plantas generadoras de energía, las cuales funcionan a base de carbón, convirtiéndose en aditivos para materiales de construcción tales como el hormigón, pero existen 45 millones de toneladas que pasan a formar parte de la basura. Los ladrillos ecológicos son un modo de aprovechar parte de la ceniza fina, al fabricarlos a temperatura ambiente se conserva energía. Además, son más baratos de producir, más ligeros y manejables para el trabajador, agilizando el tiempo de construcción y disminuyendo los gastos. (Liu, 2007).

Pero no solamente existen los ladrillos de ceniza de carbón, sino que también están los ladrillos fabricados con cáñamo, los cuales aíslan la temperatura exterior, por lo que el gasto de energía en aire acondicionado y calefacción es menor. A pesar de aparentar fragilidad, su dureza es semejante a los ladrillos convencionales, y es utilizado por muchas empresas españolas. Hace nueve años, la arquitecta alemana Monika Brümmer montó en Guadix (Granada, España) la empresa Cannabric, donde fabrica ladrillos de cáñamo formados por fibras vegetales de cáñamo industrial, cal hidráulica natural y una mezcla de minerales, además de tierra procedente de las cuevas de Guadix. La arquitecta anteriormente mencionada establece que "el costo de material es algo más elevado que en la construcción habitual, pero es un costo que se amortiza en pocos años con el gran ahorro energético que conlleva su empleo". (Elmundo.es, 2003).

7.4. Eco mapa.

Según (Agostinho, 2007), el Eco mapa, es una herramienta de identificación y localización de áreas o puntos críticos o de alto riesgo de contaminación, visualizadas mediante el uso de planos y de figuras que contienen en general todas las instalaciones de la industria, donde se demarcan los puntos de interés, indicando el componente ambiental intervenido.

El ecomapa es una herramienta sencilla y de fácil aplicación que permite hacer un inventario rápido de prácticas y problemas de múltiples variables mediante el uso de figuras.

Dentro de las ventajas asociadas al uso de ecomapas está el hecho de que cualquier persona de la compañía puede utilizarlos como apoyo a su trabajo y entrenamiento, y hacerlo sin necesidad de procedimientos complicados que dificulten su aplicación.

En cada uno de estos mapas se identifican las entradas y salidas, los peligros potenciales, y si existe un problema de particular interés se elabora un mapa específico para este problema. De esta manera pueden existir diferentes tipos de ecomapas, dependiendo por ejemplo del recurso estudiado; entre los principales se encuentran:

- Mapa de vecindario
- Mapa de agua
- Mapa de residuos sólidos y peligrosos
- Mapa de energía

Una vez hechos los ecomapas y consignado la información que de este proceso se recopile, se debe diseñar un programa de trabajo en donde se planteen soluciones a los problemas indicados en cada mapa. La elaboración de los ecomapas ayuda, al igual que la revisión ambiental inicial, a tener una idea inicial de las prioridades ambientales de la empresa.

7.5. Eco - balance.

Este concepto, se define como un balance aplicado a procesos involucrados con el medio ambiente. Este término se utiliza en los análisis de ciclo de vida para dar una introducción a lo que finalmente se conoce como el análisis de inventario, el cual es simplemente la recopilación y cálculo de cada uno de los flujos que se obtuvieron durante todo el análisis de ciclo de vida. (López Rodríguez , 2013) (pág. 9).

La función principal del ecobalance es recopilar y organizar datos para evaluar estrategias de Producción más Limpia, reducción de costos y administración ambiental y financiera, así como identificar las áreas del proceso productivo que requieren intervención para mejorar el desempeño ambiental. El ecobalance es un método estructurado para reportar los flujos, hacia el interior y el exterior, de recursos, materias primas, energía, productos, subproductos y residuos que ocurren en una organización en particular y durante un cierto período.

Para llevar a cabo con éxito el desarrollo del ecobalance se deben tener en cuenta los siguientes elementos

Los manuales y estudios anteriores con que cuenten las empresas pueden ayudar en la obtención de los datos. Para cualquier dato es importante que se cite la fuente, ya sean datos suministrados por la empresa, a través de la experiencia de los trabajadores/operadores, etiquetas de productos, informes históricos (control de calidad, administración), cuentas de energía, agua, especificaciones de máquinas, órdenes, licencias, listados de especificaciones, diseños, entre otros, o información suministrada por los proveedores, por los clientes, por los competidores, por manuales o artículos de Internet, por instituciones gubernamentales, cámaras industriales o empresas consultoras en general.

Los ecobalances analizan todas las entradas y las salidas de un proceso específico; sin embargo, existen casos en que es necesario conocer el comportamiento de una sola sustancia durante su paso por diferentes procesos. Para poder realizar un análisis de este tipo se debe hacer un análisis de flujo de sustancias, el cual se describe a continuación.

Además, los ecobalances permiten la construcción de indicadores, necesarios para establecer líneas base para poder medir los impactos positivos de la medida de PML implementadas.

7.6. Eficiencia energética.

La eficiencia energética se ha abordado a través del tiempo por medio de diferentes teorías, sin embargo, con base a la delimitación que tiene el proyecto el cual se fundamenta en la fabricación de ladrillo, donde se tomó como principal referente teórico lo planteado en el Programa de Eficiencia Energética en ladrilleras de América Latina para mitigar el cambio climático (pág. 6) (EELA, 2015).

En este programa se ha definido la eficiencia energética como la relación que se establece hacia el uso óptimo de los recursos energéticos sin que se vea afectada la producción en la industria ladrillera, esto mediante la búsqueda de diversas posibilidades para la reducción del consumo energético que a su vez represente ventajas tanto a nivel económico como ambiental. Dichas posibilidades o medidas de aplicación para la eficiencia energética pueden ser simples y de bajo costo como lo es el engrosamiento de las paredes del horno y de alto costo como se refleja en el cambio a hornos continuos que posean una alta eficiencia.

Debido a lo anterior estimar cuan eficiente es una empresa ladrillera se puede determinar conociendo el consumo específico de energía en el proceso productivo, el que se clasifica según el

consumo de combustible y el consumo de energía eléctrica. Teniendo en cuenta esto se determina que el consumo específico de energía está dado por la relación entre el consumo de energía y la producción reportada de ladrillos lo que genera como resultado un indicador que abre la posibilidad de definir si la empresa hace un uso eficiente o no de la energía (EELA, 2015).

Horno Hoffman

El horno Hoffman es un horno de quema de movimiento continuo en el que el fuego está ardiendo y moviéndose siempre a través de ladrillos apilados en un circuito cerrado, de forma circular, elíptica o rectangular, y tiene un techo arqueado. El movimiento del fuego es causado por el tiro proveniente de una chimenea, aparte este es el tipo de horno implementado en la empresa Inalversog S.A.S de Sogamoso – Boyacá.

Tabla 2. Descripción y operación del horno Hoffman.

<p>1. En un horno Hoffman, la llama se mueve a través de los ladrillos en un circuito anular elíptico o rectangular (perímetro central 80 - 90 m) que está cubierto con un techo arqueado.</p> <p>Por lo general la estructura del horno está cubierta con un protector para guarecerla de la lluvia</p>	<p>4. Toma de aire: el aire ingresa al horno desde el extremo posterior de la zona de enfriamiento, que se mantiene abierta para mantener la entrada de aire. Posee un sello para guiar los gases de salida: La parte frontal de la zona de pre quema está sellada para guiar los gases de salida a la chimenea a través del ducto de gases de salida.</p> <p>El horno está conectado con el ducto de gases central a través de aberturas que se encuentran en la parte interior de la pared, justo antes del sellado.</p>
--	--

<p>2. El movimiento del fuego es causado por el tiro proveniente de una chimenea (25 - 35 m de altura) que está ubicado en un lado del horno. A veces se utiliza también un ventilador para aumentar el tiro. La chimenea está conectada al ducto central de gases del horno través de un ducto subterráneo.</p>	<p>5. Existen hoyos de alimentación que están en el techo del horno para abastecer de combustible. Un solo fogonero, que se encuentra parado, se encarga de echar los combustibles sólidos (principalmente leña o carbón) a través de los hoyos. El combustible es alimentado a un intervalo de cada 15 - 20 minutos y cada alimentación de combustible dura aproximadamente 5 - 10 minutos.</p>
<p>3. Existen 3 zonas distintas en un horno Hoffman:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La zona de quema de ladrillos, donde se produce la alimentación de combustible y la combustión. - La zona de pre quema, (frente a la zona de quema) donde se apilan los ladrillos pre quemados por los gases de salida. - Zona de enfriamiento de ladrillos (detrás de la zona de quema), donde los ladrillos quemados son enfriados por el aire frío que ingresa al horno. 	<p>6. El fuego viaja a una distancia de 10 m en 24 horas, y quema de 10,000 a 20,000 ladrillos. Los ladrillos quemados cada día son descargados desde el extremo posterior de la zona de enfriamiento de ladrillos y se carga un lote equivalente de ladrillos crudos adelante de la zona de pre quema de ladrillos.</p>

Fuente: Redladrillera (2019).

8. Marco Conceptual

Con el objeto de generar un acercamiento más profundo al marco conceptual que abarca la investigación y que tiene una estrecha relación con el proceso de elaboración de bloque que resaltan a continuación los conceptos más relevantes a lo largo de la investigación.

8.1. Buenas prácticas operativas

Las buenas prácticas operativas son medidas básicas que se deben implementar con el objetivo de alcanzar mejores rendimientos en los procedimientos operacionales, buenas condiciones de trabajo para los empleados o un buen desempeño administrativo de la industria. En este sentido, significa mejorar los controles de las operaciones, sustituir procesos ineficientes, efectuar cambios o modificaciones en los equipos o tecnologías que permitan incrementar las ganancias y reducir la generación de impactos en el ambiente (EELA, 2013).

a) Extracción de materia prima. La calidad de las materias primas define de gran manera la calidad de los productos, es por esto que se recomienda (EELA, 2013):

- Identificar yacimientos de mayor rendimiento y calidad de la **arcilla** para la producción de ladrillos, permitiendo así conseguir ahorros económicos y beneficios ambientales, gracias a productos de calidad.

- Evaluar las características de rendimiento de la **arcilla**, la cual debe tener la siguiente composición química para la elaboración de un ladrillo:

- ✓ Contenido de Álcalis y Ácidos: menor del 0.2%. Puede causar eflorescencia con un porcentaje mayor.

- ✓ Sustancias solubles (Sales: sulfato sódico, sulfato de magnesio): menor al 0.04%. Igual al anterior produce eflorescencias con un porcentaje mayor.

- ✓ Piritas (Sulfuros de Hierro). Su exceso puede producir una deposición sulfúrica, en el momento de la cocción, ocasionando coloraciones indeseables y cuarteaduras sobre el material.

- ✓ Contenido de Aluminio: 20% - 30%: Imparte plasticidad a la arcilla, y un exceso provoca contracciones altas en el secado.

- ✓ Contenido de Sílice: 50% - 60%: Da baja contracción, previene el agrietamiento, imparte formas uniformes al ladrillo. Asociada con la durabilidad. Su exceso disminuye la cohesión entre partículas.

- ✓ Óxidos de Hierro: Imparte coloración rojiza a la cerámica, previene que la cal produzca la función de la arena. Su exceso produce una coloración azul oscura.

- ✓ Cal: Debe estar dispersa (diámetro 0.2 mm), es decir cal viva más agua. Es un fundente que permite bajar la temperatura de fusión de la sílice. Si hay un exceso puede fundir demasiado provocando agrietamiento y deformación de la pieza.

- ✓ MgO: Imparte coloración amarilla a la cerámica. Ayuda a decrecer la deformación. Su exceso produce deterioro por expansión de la superficie.

- ✓ Además, la arcilla debe tener un bajo contenido de material orgánico para que en el proceso de la cocción no queden espacios vacíos por el consumo de este material.

- La construcción de taludes en la extracción de arcillas es objeto de un diseño minero particular para cada zona de explotación, lo que depende de la geología local, la topografía y el análisis de suelos, cuya información permite realizar el estudio de estabilidad y poder calcular las dimensiones

apropiadas, así mismo teniendo en cuenta el uso final que se le va a proporcionar a los terrenos después de cesada la explotación. Con esa finalidad, para el caso de las arcillas se pueden considerar las siguientes dimensiones de referencia: **Altura:** No mayor a 5 metros; **Angulo de Inclinación:** No mayor a 40° (Área Metropolitana del Valle Aburrá, 2006).

- La construcción de bermas entre los taludes debe tener un ancho no menor a 5 metros, por lo tanto las bermas así como el patio de secado deben tener una inclinación de 3 a 5° hacia el pie de los taludes para garantizar el flujo de las aguas de escorrentía hacia las cunetas que allí se sitúen.

- El material no útil, lo mismo que los residuos del proceso de fabricación de ladrillo se pueden emplear en el relleno de cárcavas resultantes de la explotación o para el afirmado de las vías de acceso, de transporte interno o de los patios.

- Es necesaria la construcción de obras fundamentales que permitan el manejo y conducción de las aguas de escorrentía o superficiales provenientes de la mina, tales como:

- ✓ Zanja de coronación en la parte alta del talud a 5 m del borde de la cresta del mismo, de profundidad 0.5 m y ancho de 0.6 m.

- ✓ Zanja perimetral, la cual se implementará con un recubrimiento en piedra del fondo de la misma para restarle velocidad al flujo y lograr una mayor sedimentación de las partículas, de 0.4 m de ancho x 0.5 m de profundidad.

- ✓ Cunetas en el pie de los taludes, con longitud igual a la de los mismos, profundidad de 0.4 m y ancho de 0.3 m.

- ✓ Pozos sedimentadores (reservorios) de 6 y 5 m de largo en promedio, 5 y 3 m de ancho y 2.5 m de profundidad en los patios o áreas aledañas.

- Después de cesada la actividad extractiva se debe hacer colocación de capa de suelo seguida de capa de césped, con estaca de soporte, en el máximo de área de las zonas afectadas. Al mismo tiempo, en linderos y zonas previamente adaptadas se debe efectuar la reforestación con especies arbóreas nativas, arbustivas y finalmente la siembra de una cerca viva como barrera de protección.

- En caso de transportar la materia prima, hacerlo en vehículos de mayor capacidad con el fin de obtener ahorros en el pago de fletes, pues se reduce el costo por Tonelada transportada.

- Adecuar áreas específicas para el almacenamiento por separado de la materia prima, combustibles, herramientas, productos y residuos, así como adoptar medidas de orden y limpieza en estas áreas.

- Establecer sistemas de registro y medición de las cantidades de materia prima e insumos utilizados por cada lote de producción, entorno a programar oportunamente la frecuencia de las compras (EELA, 2013).

b) Maduración y preparación de la arcilla. A continuación, se presenta las buenas prácticas operativas que se pueden implementar durante el proceso de maduración y preparación de la *arcilla*, buscando así productos de alta calidad (EELA, 2013).

- Determinar la cantidad de insumos necesarios para la elaboración de una mezcla adecuada, teniendo en cuenta las propiedades de plasticidad y el contenido de arenas con el fin de cumplir con determinadas condiciones dentro de la cocción.

- Tamizar la materia prima para eliminar piedras, raíces, madera u otros elementos que puedan afectar la calidad de la mezcla y la consistencia final del ladrillo.

- Utilizar agua no potable en el proceso de preparación de la arcilla, pues la mezcla conformada no requiere de agua con parámetros de calidad.

- Implementar otros materiales dentro de la mezcla, como por ejemplo las cenizas de carbón recuperadas del proceso de cocción, lo que permite aumentar la resistencia del ladrillo. Las cantidades deben ser establecidas de acuerdo con la calidad de las arcillas y por cada lote cocido, inicialmente agregar el 1% de este material en la mezcla.

- Trabajar el mezclado manual de una forma que la materia prima quede homogénea, apretando y golpeando constantemente para deshacer los terrones gruesos de arcilla y eliminar el aire.

- Medir la cantidad de materiales e insumos utilizados para el proceso de preparación de la mezcla por cada lote de producción y llevar un registro, buscando el control u optimización de los insumos.

- Registrar y controlar el uso y consumo de materia prima e insumos midiendo las cantidades de arcilla, tierra, agua y demás utilizadas dentro de la mezcla por cada lote de producción, de manera que permita conocer la composición real de cada una y poder comparar los resultados, buscando así el mejor beneficio para los siguientes lotes a producir (EELA, 2013).

c) Moldeo o Extrusión. Con el fin de obtener un proceso de moldeo eficiente de los productos, se deben seguir las siguientes recomendaciones (EELA, 2013):

- Estandarizar las medidas de los moldes para elaborar ladrillos con las mismas dimensiones y lo más uniformes posibles, teniendo en cuenta la normatividad técnica nacional establecida para la fabricación de ladrillos en Colombia.

- Observar periódicamente el desgaste de los moldes para evitar tiempos muertos, que se producen por el reemplazo de estos durante el proceso de producción

- Proteger los moldes de las condiciones climáticas cambiantes, cubriéndolos con mantas o adhiriendo pintura especial para disminuir su deterioro.

- Utilizar un espacio con las condiciones aptas del terreno (nivel, relleno) para realizar las actividades de moldeado y labranza.

- Guiar cuidadosamente con las manos la mezcla mecanizada expulsada por la extrusora hasta que se posicione adecuadamente en la zona de corte.

d) Secado de las Piezas. En el proceso de secado de las piezas se deben efectuar los siguientes consejos prácticos operativos (EELA, 2015).

- Manipular las piezas con precaución durante su transporte a los patios de secado, logrando evitar mutilaciones de los bordes o afectando la uniformidad de los ladrillos.

- Vigilar frecuentemente la condición de los ladrillos mientras se encuentran en el proceso de secado, volteando diariamente los ladrillos.

- Adecuar un espacio de tipo invernadero con el objetivo de mejorar las condiciones de temperatura, permitiendo así un flujo de calor constante y evitando la humedad proveniente de factores externos.

- En caso de no poder realizar lo anterior, cubrir las piezas con mantas plásticas para protección de las lluvias.

- Cumplir con el tiempo necesario para el secado de las piezas de ladrillo, este estará completamente seco cuando no muestre señales de humedad en ninguna de las caras. Se recomienda un 13% de humedad aproximadamente, que puede ser calculada mediante la siguiente relación:

$$\begin{aligned} \% \text{ Humedad} &= \frac{(\text{Peso inicial antes del Secado} - \text{Peso final despues del secado})}{(\text{Peso inicial antes del Secado})} \\ &\times 100 \end{aligned}$$

Este porcentaje se logra después de cinco a siete días de secado, dependiendo de los factores meteorológicos de la zona.

- Mantener nivelado el suelo del área dispuesta para el secado, buscando el secado uniforme de todas las caras del ladrillo.

e) Cocción. La cocción es considerada la etapa principal del proceso de elaboración del ladrillo, convirtiendo de esta forma al horno en el componente tecnológico más importante para el éxito del proceso productivo, y de esta forma se proponen las siguientes prácticas operativas.

- Operar los hornos a la máxima capacidad (EELA, 2013).
- Evitar cargar piezas húmedas al horno, pues requiere de mayor consumo energético en el proceso de cocción. En efecto debido a los cambios desequilibrados de temperatura, los ladrillos pueden presentar averías o grietas.
- Utilizar combustibles limpios que permitan reducir los impactos ambientales durante el proceso de cocción de ladrillos.
- Comprobar la calidad del carbón considerando la brillantez como parámetro de evaluación, pues entre más brillante su calidad es superior y entre más opaco su calidad disminuye, lo que concede un alto rendimiento de transferencia calorífica durante la cocción.
- Esparcir carbón entre 3 y 5 mm de espesor sobre cada hilada de ladrillos armada, y en los bordes de hasta 8 mm, permitiendo de esta forma proporcionar la temperatura adecuada dentro del horno.
- Controlar la pérdida de calor que se puede presentar por fugas entre las uniones de ladrillo, buscando sellarlas con empastado de arcilla u otro material.

- Evaluar y controlar la temperatura dentro de los hornos, implementando medidores como termocuplas o termómetros (EELA, 2013).

8.2. Ventilador para horno ladrillero

El proceso de quema eficiente mediante el uso del ventilador y buenas prácticas en la preparación de las materias primas de uso cerámico a fin de que los productores de ladrillos obtengan calidad superior en sus productos terminados, reducción de costos de combustible, desde que se enciende el horno, cambiando la forma tradicional en el quemado y aplicar el uso de un ventilador que permite una reducción del consumo entre un 30 a 50%. Lo anterior, según lo señala (EELA, 2015).

Transferencia de calor

Tomando como referencia el documento - mecanismos de transferencia de calor - (S/A, S/A), se extrae que las leyes de la Termodinámica tratan de la transferencia de energía, pero solo se refieren a sistemas que están en equilibrio. Por ello, permiten determinar la cantidad de energía requerida para cambiar un sistema de un estado de equilibrio a otro, pero no sirven para predecir la rapidez con que puedan producirse estos cambios. La transferencia de calor complementa la primera y la segunda ley, proporcionando los métodos de análisis que pueden utilizarse para predecir esta velocidad de transmisión.

8.3. Oportunidades de Producción Más Limpia.

Parafraseando a (Varela Rojas, S/A), las oportunidades de producción más limpias son aquellas que surgen a partir de una serie de análisis de operaciones y procesos, teniendo en cuenta variables como la tecnología, la materia prima y los procedimientos que se llevan a cabo dentro de los mismos. Esto con el fin de determinar cuáles son las oportunidades más viables a nivel ambiental, social y económico que generarían resultados a corto o largo plazo. (pág. 2).

8.4. Evaluación de Producción Más Limpia.

Estas se pueden definir como procedimientos planeados sistemáticos con el objetivo de identificar formas de reducir o eliminar la generación de residuos y emisiones. Idealmente, las evaluaciones de PML contribuyen al inicio de un programa de desarrollo de PML, catalizando el esfuerzo corporativo para alcanzar mejoramientos ambientales sostenidos (Varela Rojas, S/A).

8.5. Proceso Productivo.

Se refieren a la secuencia de actividades requeridas para elaborar un producto, Pero la selección cuidadosa y la organización espacial de cada uno de sus pasos y la secuencia de ellos nos ayudará a lograr los principales objetivos de producción (Gestión.org, S/A). Aunque a simple vista el proceso productivo no parece un tema sobre arquitectura, Realmente parte de la eficacia en proceso productivo tiene que ver con la disposición y carterista espaciales de la planta industrial.

8.6. La responsabilidad ambiental.

“Es la imputabilidad de una valoración positiva o negativa por el impacto ecológico de una decisión. Se refiere generalmente al daño causado a otras especies, a la naturaleza en su conjunto o a las futuras generaciones, por las acciones o las no-acciones de otro individuo o grupo. La responsabilidad ambiental recae tanto en los individuos, como en las empresas, países y en la especie humana en su conjunto, parte de esta responsabilidad recae en las Plantas industriales, como principales fuentes de contaminación ambiental.” (Claro Gerardino & Trespalacios Nova, 2009).

Fuente de Emisión. Es toda actividad, proceso u operación, realizado por los seres humanos, o con su intervención, susceptible de emitir contaminantes al aire. (Decreto 948, 1995).

Fuente Fija. Es la fuente de emisión situada en un lugar determinado e inamovible, aun cuando la descarga de contaminantes se produzca en forma dispersa. (Decreto 948, 1995).

Emisiones. Se definen las emisiones como las descargas de sustancias o elementos al aire, en estado sólido, líquido o gaseoso, o en alguna combinación de estos, provenientes de una fuente móvil o fija natural o artificial. (Decreto 948, 1995).

Contaminantes. Son fenómenos físicos, o sustancias, o elementos en estado sólido, líquido o gaseoso, causantes de efectos adversos en el medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana que, solos, o en combinación, o como productos de reacción, se emiten al aire como resultado de actividades humanas, de causas naturales, o de una combinación de éstas. (Decreto 948, 1995).

Chirca. Area donde se realizan las actividades para la elaboración de bloque, la cual se caracteriza por generar grandes impactos ambientales negativos.

Bloque. El bloque es un material de construcción, resultante de la propiedad plástica de la materia prima empleada, la arcilla, que, al moldearse con agua, una vez seca y tras su posterior cocción adquiere una gran dureza y resistencia (Bianucci, 2009).

9. Marco Geográfico

A continuación, se delimita la ubicación y se presentan las características generales de aspectos geográficos, hidrográficos, económicos y ecosistémicos de la zona de estudio para el desarrollo del proyecto.

9.1. Ubicación.

El municipio de Sogamoso se encuentra situado en el centro-oriente del departamento de Boyacá, ubicada en la parte oriental del antiguo Valle de Sogamoso, en la región del Alto Chicamocha. La ciudad limita al norte, con los municipios de Nobsa y Tópaga; al oriente, con los municipios de

Tópaga, Monguú; al sur, con Aquitania, Cuitiva e Iza y al occidente, con Tibasosa, Firavitoba e Iza. Posee coordenadas entre: N = 1.109.000 – 1.130.000 m: E = 1.122.000 – 1.145.000 m. La división política del municipio, se conforma por 18 veredas y 74 barrios. Respecto a su demografía, el municipio de Sogamoso registra una población total de 158.647 habitantes, correspondientes al 9.5% de la población del departamento de Boyacá, de los cuales el 79.16% viven en el área urbana que corresponde a 125.585 habitantes, el 20.84% restantes, viven en el área rural con 33.062 habitantes. (Administración Municipal de Sogamoso, 2016).

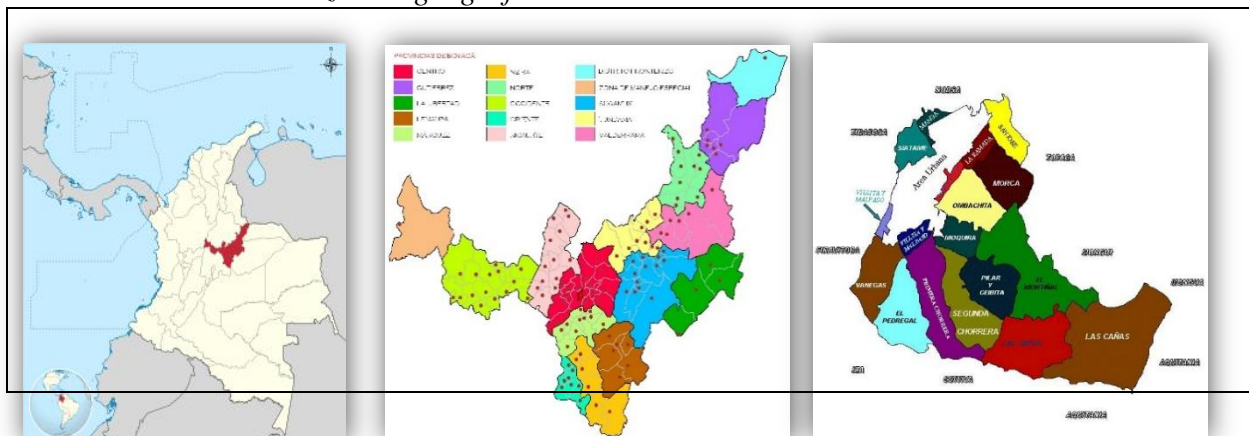
La altitud del municipio oscila entre los 2.500 y los 4.000 m, la ciudad posee dos ríos principales; el Rio Monquirá y Rio Chiquito, y está bordeado por una cadena montañosa que forma parte de la Cordillera Oriental de los Andes, donde su geomorfología está constituida por paisajes contrastantes como lo son: montañas, valles y altiplanos. (Bautista, 2005).

Tabla 3. Datos generales de la ubicación del municipio de Sogamoso – Boyacá

Aspecto	Descripción
Altitud	2.569 m.s.n.m
Temperatura	17 °C
Extensión total	208,54 Km2
Extensión urbana	30,54 Km2
Extensión rural	178 Km2

Fuente: Construcción de los autores, con base en la información obtenida de la (Alcaldía Municipal de Sogamoso, 2016).

Ilustración 2. Localización geográfica.

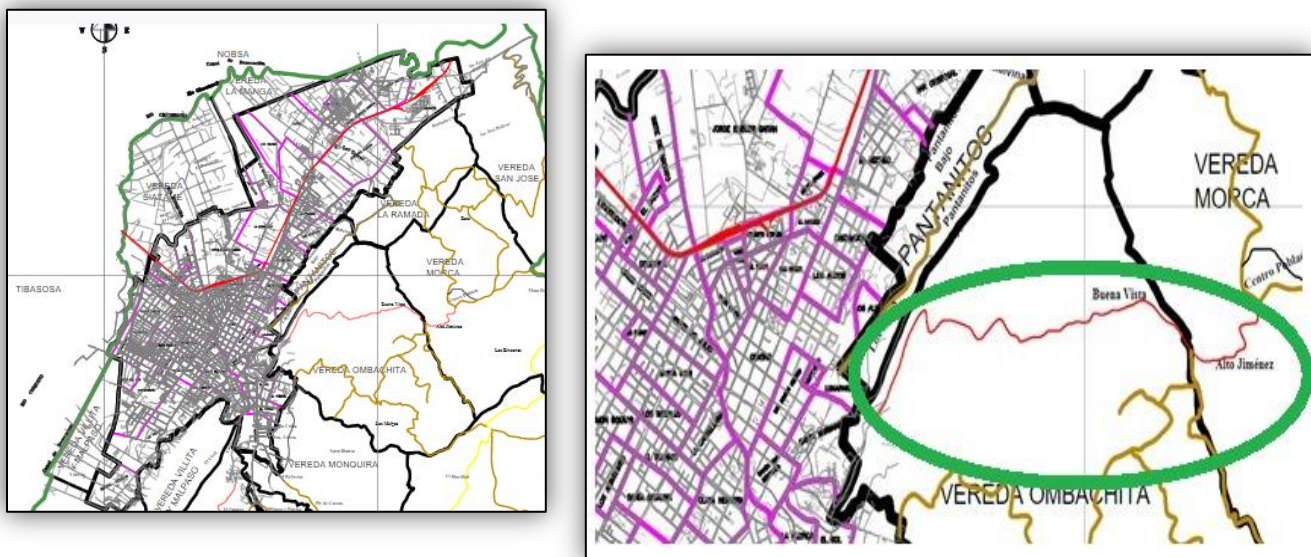




Fuente: Mapa de localización geográfica del municipio de Sogamoso en el contexto Nacional y Departamental. Datos obtenidos de Alcaldía Municipal Sogamoso (2016).

Sin embargo, la zona de estudio se limita con la vereda Buena Vista, localizada dentro del municipio de Sogamoso, departamento de Boyacá. La vereda Buena Vista (ver Figura 2), con un área aproximada de 115Km², donde en su totalidad la vocación del suelo es minera, lo que permite la explotación de arcilla como materia prima para la producción de ladrillo, bloque, pisos y teja de barro. (Administración Municipal de Sogamoso, 2016).

Ilustración 3. Vereda Buena Vista.



Fuente: Localización Geográfica de la vereda Buena Vista. Datos obtenidos de Alcaldía Municipal Sogamoso (2016).

Ilustración 4. Ladrillera Inalversog S.A.S



Fuente: Construcción de los autores (2019).

9.2. Geografía.

En la franja tropical, con un clima moderado en razón de su altura sobre el nivel del mar, Sogamoso se encuentra en la parte oriental del antiguo Valle de Sogamoso, ubicado en la región del Alto Chicamocha, en las estribaciones del ramal oriental de la Cordillera de los Andes, la riega el río Chicamocha. Los puntos más sobresalientes en el área urbana son el Cerro de Chacón, al sur, y el cerro de Santa Bárbara, al oriente. (Administración Municipal de Sogamoso, 2016).

9.3. Hidrografía.

Conforme al plan de desarrollo de Sogamoso, este municipio, posee una riqueza hídrica considerable, el sistema hidrográfico hace parte de dos grandes cuencas la del Río Magdalena (vertiente norte) y la del Rio Orinoco (vertiente oriental) En la vertiente Norte o del Rio Magdalena se encuentran los Siguiete ríos y quebradas:

Río Chicamocha: Se localiza en la Cordillera Oriental, en los departamentos de Boyacá y Santander, con una superficie aproximada de 9.600 Km², en ella se ubican 72 cabeceras municipales, de las cuales 53 corresponden al departamento de Boyacá, La cuenca satisface la necesidad de abastecimiento de agua potable de 17 municipios; sostiene los procesos productivos de 6 grandes industrias, 76 medianas industrias y 583 pequeñas industrias que constituyen el corredor industrial de Boyacá y también sostiene la demanda de los procesos productivos de más de 36.000 Has de cultivos agrícolas (Administración Municipal de Sogamoso, 2016).

Río Monquirá: Es la cuenca más importante del Municipio, su recorrido es corto de sur a norte y sus afluentes principales las quebradas Honda, El Hatillo, El Vino, La Chorrera y Ombachita, además

de otras corrientes menores; finalmente y luego de pasar por el área urbana de Sogamoso entrega sus aguas al río Chicamocha.

Río Chiquito: El área que ocupa dentro del municipio de Sogamoso es pequeña, debido a que esta corriente recorre el Municipio en una corta longitud al occidente con dirección sur – norte hasta desembocar en el río Chicamocha.

Quebrada Las Torres Corriente a la cual llegan los vertimientos de la mayoría de las explotaciones de carbón del área de Morcá. De igual forma se ubica como una de las corrientes más importantes dentro del municipio de Sogamoso. Tiene un recorrido aproximado de 6 kilómetros de oriente a occidente.

Vertiente Oriental o del Río Cusiana: Las corrientes más importantes afluentes del río Cusiana son: Quebrada Iglesia, Quebrada Las Cañas Quebrada Melgarejo, Dichas quebradas tienen su nacimiento en el páramo a la altura de las cuchillas de Soriano, El Temblador y Cerro El Salitre. El nacimiento de la quebrada Iglesia se da en la Laguna Siscunsi, aproximadamente a los 3.800 m.s.n.m.

Quebrada Hato Laguna (Cintas): El municipio de Sogamoso aporta agua mediante la quebrada Las Cintas, la cual nace en el alto de Melgarejo con un recorrido de norte a sur hasta entregar sus aguas al Lago de Tota. Las quebradas Cintas, Hato Laguna y Carnerón son afluentes de la Laguna de Tota que a su vez es el punto de partida del Río Upía.

Cuenca del Lago de Tota: Posee una extensión cercana a las 22.700 hectáreas, incluido el río Olarte (2.600 hectáreas) y el espejo de agua (6.000 hectáreas). El volumen de almacenamiento es de 1.920.000.000 de m³, con un volumen de desembalse cercano a los 120.000.000 m³. En la cuenca tienen jurisdicción los municipios de Aquitania, Tota, Cuitiva y Sogamoso.

Los datos que corresponden al acápite de la hidrografía, son extraídos del Plan de Desarrollo Municipal, (Administración Municipal de Sogamoso, 2016).

9.4. Economía.

La economía de Sogamoso se basa en la industria siderúrgica y de materiales de construcción, y en la explotación de calizas, mármol y carbón y la agricultura y arcilla para fabricar ladrillos y en el

comercio regional con el centro de Colombia y los Llanos orientales. Actualmente concentra el 10,98% de la economía del departamento y su valor agregado es de 2.4 Billones de pesos. (Administración Municipal de Sogamoso, 2016).

9.5. Ecosistemas.

Aspectos bióticos: en la mayor parte del municipio de Sogamoso, la vegetación se ha transformado casi en su totalidad, debido al predominio del minifundio y a la sobre-explotación de las tierras por la ganadería, la agricultura y la minería sin embargo, todavía se encuentran algunos relictos de bosques en las micro cuencas de la parte media y alta de las veredas del Mortiñal, Ceibita, Morca, Cañas y Cintas de Sogamoso, donde las principales especies presentes son: aliso, en senillo, arrayan, cucharo, raque, juco, tumo, esmerado, cordoncillo, cucubo, mora, siro, chilco, bejuco pencoso y curuba nativa. De unos años a esta época, los cultivos de pinos y eucaliptos han reemplazado a muchas de las especies nativas, provocando una alteración seria y profunda de los sistemas hídricos que enriquecían los caudales de quebradas y ríos nacidos en la alta montaña. Respecto de los Ecosistemas presentes, en Sogamoso los ecosistemas son múltiples y están dominados por los terrestres, luego los acuáticos como lagunillas, charcas, humedales, quebradas y ríos. De otro lado, el componente de la flora paramuna y andina, se considera que la flora de los páramos ha tenido un doble origen. De una parte, están los elementos extra tropicales tanto australes como boreales, pre - adaptados a las bajas temperaturas y, de la otra, están los elementos de origen tropical originados en los pisos mesotérmicos de la media montaña tropical adaptados a las bajas temperaturas. Finalmente, la fauna y la vida animal en los páramos dependen de los alimentos, las condiciones climáticas y de los substratos habitados por los animales. En los páramos la fauna es menos variada y rica; no obstante, los animales se desplazan y buscan condiciones favorables. (Administración Municipal de Sogamoso, 2016).

10. Marco legal y normativo

Las condiciones sociales a causa de los problemas contaminantes, llevaron a la corporación autónoma regional de Boyacá, en 2013, a elaborar la resolución 618 del 30 de abril, donde se adoptan medidas de control ambiental para el sector artesanal de producción de cal, ladrillo y teja. Esta resolución, acoge tres principios fundamentales para el control de contaminación; el primero determina que solo podrán continuar hornos dentro de la zona que establece el plan de ordenamiento territorial, el segundo sugiere que los hornos cambien de combustible de carbón a coque, y por último se incorpora que solo podrán continuar, aquellos hornos que construyan los sistemas de ductos y chimeneas que permitan la dispersión de gases de manera adecuada y garanticen el cumplimiento de la norma de emisión (Decreto 1076, 2015).

También se tiene en cuenta que la actividad minera del país, está regulada por la Ley 685 de 2001, cuyo propósito consta en Fomentar la exploración técnica y la explotación de los recursos mineros estatales y privados, de tal forma que haya aprovechamiento de los recursos mineros dentro del concepto integral de desarrollo sostenible y fortalecimiento económico y social del país (Ley 685, 2001).

Teniendo en cuenta a la explotación minera de arcillas y carbono, dentro del marco de la actividad ladrillera, se tiene que es la fase de la misma con mayor normatividad, debido a las consecuencias que derivan de este proceso sobre el territorio. Teniendo en cuenta esto, es fundamental precisar algunas de las normas que creo que el ministerio de minas y energía junto a la ANM, a través de SIGM (sistema integral de gestión minera), la cual manifiesta en su finalidad N° 34: orientar y fortalecer la gestión, direccionar, articular y alinear conjuntamente los requisitos de la Norma Estándar de Control de los procesos de explotación minera. (ANM, 2016).

Para finalizar con esta parte normativa, se menciona a continuación algunas normas respecto al seguimiento y control de regalías que produce la actividad ladrillera y también sobre los procesos directos de la minería.

La Ladrillera Inalversog S.A.S funciona con carbón como combustible, presentan emisiones atmosféricas que deben regirse por la normatividad ambiental vigente como lo son, Decreto 02/82 donde se estipula la norma de calidad de aire, el Decreto 948/95 donde se establece el reglamento de protección y calidad del aire.

Tabla 4. Normatividad Nacional.

Norma	Datos generales	
	Año	Promulga
<i>Constitución Política de Colombia</i>	1991	Asamblea Nacional Constituyente
	Descripción	
<p>Es la carta de navegación del país, en donde se especifican los principales derechos y deberes de los ciudadanos, además de definir la estructura y organización del Estado. La constitución política de Colombia establece en varios de sus artículos la importancia del cuidado del medio ambiente y el uso de los recursos naturales, los cuales priman por encima de cualquier actividad. Los siguientes artículos están relacionados con los recursos naturales y el ambiente:</p> <p>Art. 8 - Obligación del Estado de proteger las riquezas naturales de la Nación;</p> <p>Art. 49 - Consagra como servicio público la atención de la salud y el saneamiento ambiental y ordena al Estado la organización, dirección y reglamentación de los mismos;</p> <p>Art. 58 - Establece que la propiedad es una función social que implica obligaciones y que, como tal, le es inherente una función ecológica;</p> <p>Art. 63 - Determina que los bienes de uso público, los parques naturales, las tierras comunales de grupos étnicos y los demás bienes que determine la Ley, son inalienables, imprescriptibles e inembargables;</p> <p>Art. 79 - Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines;</p> <p>Art. 80 - El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Asimismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas;</p> <p>Art. 88 - Consagra acciones populares para la protección de derechos e intereses colectivos sobre el medio ambiente, entre otros, bajo la regulación de la Ley. (Constitución Política de Colombia, 1991).</p>		
<i>Decreto Ley 2811</i>	Año	Promulga
	1974	Presidencia de la Republica
Descripción		

	<p>Se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, en el cual se establece que el ambiente es patrimonio común, y por eso el Estado y los particulares deben participar en su preservación y manejo, que son de utilidad pública e interés social. Además, está fundado en el principio de que el ambiente es patrimonio común de la humanidad y necesario para la supervivencia y el desarrollo económico y social de los pueblos, teniendo por objeto: 1. Lograr la preservación y restauración del ambiente y la conservación, mejoramiento y utilización racional de los recursos naturales renovables; 2. Prevenir y controlar los efectos nocivos de la explotación de los recursos naturales no renovables sobre los demás recursos; 3. Regular la conducta humana, individual o colectiva y la actividad de la administración pública, respecto del ambiente y de los recursos naturales renovables. (Decreto Ley 2811, 1974).</p>	
<i>Ley 9</i>	Año	Promulga
	1979	Congreso de la República
	Descripción	
	<p>Conocido como el Código Sanitario, en donde se dictan las medidas del sector que tienen como objeto para la protección del Medio Ambiente establecer las normas generales que servirán de base a las disposiciones y reglamentaciones necesarias para preservar, restaurar y mejorar las condiciones sanitarias en lo que se relaciona a la Salud Humana, además de los procedimientos y las medidas que se deben adoptar para la regulación, legalización y control de los descargos de residuos y materiales que afectan o pueden afectar las condiciones sanitarias del Ambiente. (Ley 9, 1979).</p>	
<i>Ley 99</i>	Año	Promulga
	1993	Congreso de la República
	Descripción	
	<p>Catalogada como la norma base para la Gestión Ambiental en el país, y por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y se dictan otras disposiciones en cuanto hace referencia al apoyo y función de estas instituciones. (Ley 99, 1993).</p>	
<i>Ley 164</i>	1994	Congreso de la República
	Descripción	
	<p>Por medio de la cual se aprueba la "Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", realizada en Nueva York el 9 de mayo de 1992. (Ley 164, 1994).</p>	
<i>Decreto</i> 948	Año	Promulga
	1995	Ministerio del Medio Ambiente

	Descripción	
	<p>Por el cual se reglamentan, parcialmente, la Ley 23 de 1973, los artículos 33, 73, 74, 75 y 76 del Decreto - Ley 2811 de 1974; los artículos 41, 42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire. Asimismo, contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire, mediante el cual se establecen las normas y principios generales para la protección atmosférica, los mecanismos de prevención, control y atención de episodios por contaminación del aire generada por fuentes contaminantes fijas y móviles, las directrices y competencias para la fijación de las normas de calidad del aire o niveles de inmisión, las normas básicas para la fijación de los estándares de emisión y descarga de contaminantes a la atmósfera, las de emisión de ruido y olores ofensivos, se regulan el otorgamiento de permisos de emisión, los instrumentos y medios de control y vigilancia, el régimen de sanciones por la comisión de infracciones y la participación ciudadana en el control de la contaminación atmosférica. En el capítulo VII, Permisos de Emisión para Fuentes Fijas; Artículo 73. Casos que requieren permiso de emisión atmosférica, se establece la actividad ladrillera como parte del Literal H. Procesos o Actividades susceptibles de producir emisiones de sustancias tóxicas, debido a los gases contaminantes que esta emite. (Decreto 948, 1995).</p>	
Resolución n 619	Año	Promulga
	1997	Ministerio del Medio Ambiente
	Descripción	
	<p>Se establecen parcialmente los factores a partir de los cuales se requiere permiso de emisión atmosférica para fuentes fijas. Por lo tanto, la actividad de elaboración de ladrillo se incorpora en el Artículo 1. Industrias, obras, actividades o servicios que requieren permiso de emisión atmosférica, numeral 2.13. Plantas de preparación o beneficio de minerales o materiales cerámicas o silicocalcareos: Cuando la capacidad de molienda sea superior a 5 Ton/día. (Resolución 619, 1997).</p>	
Ley 629	Año	Promulga
	2000	Congreso de la República
	Descripción	
	<p>Por medio de la cual se aprueba el "Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", realizado en Kyoto el 11 de diciembre de 1997. (Ley 629, 2000).</p>	

	Año	Promulga																
	2015	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible																
	Descripción																	
Resolución n 1377	<p>ARTÍCULO 2°. El artículo 33° de la Resolución 909 de 2008 el cual quedará así:</p> <p>“Artículo 33. Temperatura de los gases emitidos por las industrias de fabricación de productos de cerámica refractaria, no refractaria y de arcilla. La temperatura de los gases emitidos por las industrias de fabricación de productos de cerámica refractaria, no refractaria y de arcilla para hornos continuos no debe exceder 180 oC. Para el caso de hornos discontinuos la temperatura no debe exceder 250 oC durante la etapa de máximo consumo de combustible.</p> <p>PARÁGRAFO. Para los procesos de vitrificación de productos de cerámica refractaria, no refractaria y de arcilla en los que se demuestre a través de mediciones directas de las emisiones, que el contenido de cloro (Cl) y flúor (F) de las materias primas e insumos utilizados en el proceso, no generan emisiones detectables de compuestos orgánicos que contengan cloro (Cl), ácido clorhídrico (HCl) y ácido fluorhídrico (HF), el rango de temperatura de los gases emitidos será hasta 400 oC durante la etapa de máximo consumo de combustible.” (Resolución 1377, 2015).</p>																	
	Estándares de Emisión Admisibles																	
	<p>Estándares adicionales de emisión admisibles de contaminantes al aire para equipos de combustión que realicen aprovechamiento energético de residuos y/o desechos no peligrosos a condiciones de referencia (25 oC, 760 mm Hg) con oxígeno de referencia al 11%*.</p> <table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center; padding: 5px;">Contaminante(s)</th> <th style="text-align: center; padding: 5px;">Estándar(mg/m3)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">HCl</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">10</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">HF</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">Hg</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">0,05</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">COT</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">10</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">Cd + Tl</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">0,05</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">Metales</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">0,5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">Dioxinas y furanos</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">0,1</td> </tr> </tbody> </table>		Contaminante(s)	Estándar(mg/m3)	HCl	10	HF	1	Hg	0,05	COT	10	Cd + Tl	0,05	Metales	0,5	Dioxinas y furanos	0,1
Contaminante(s)	Estándar(mg/m3)																	
HCl	10																	
HF	1																	
Hg	0,05																	
COT	10																	
Cd + Tl	0,05																	
Metales	0,5																	
Dioxinas y furanos	0,1																	

Resolución n 2267	Año	Promulga
	2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
	Descripción	
	<p>Modifica la Resolución No. 909 de 2008 mediante la cual se establecieron los estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas.</p> <p>Cambia algunas condiciones para la temperatura de los gases emitidos por las industrias de fabricación de productos de cerámica refractaria no refractaria y de arcilla. Adicionalmente agrega dos literales al artículo 102 el cuales establece los residuos permitidos para el tratamiento térmico en instalaciones de incineración de residuos y/o desechos peligrosos y hornos cementeros que realicen coprocesamiento los cuales son:</p> <p>a) Residuos de sustancias clorofluorocarbonadas - CFC hidroc fluorocarbonadas - HCFC e hidrof luorocarbonadas - HFC en estado sólido líquido o gas bien sea puro o como parte de mezclas únicamente en hornos rotatorios que cuenten con un sistema de control de alimentación enlazado y dependiente del sistema de monitoreo continuo de emisiones y del sistema de control de la operación del horno; y siempre y cuando se registre la cantidad de cloro que ingresa al horno durante la alimentación de los residuos.</p> <p>b) Los demás que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible establezca con base en los estudios técnicos que indiquen la necesidad de controlar otras emisiones” (Resolución 2267, 2018).</p> <p>Por último, modifica estándares de emisión admisible para actividades industriales en relacionadas con los procesos de producción de ferróníquel así como la tabla de frecuencias de monitoreo de contaminantes para hornos crematorios donde se realice producción de níquel para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas de las Resolución 760 de 2010.</p>	
Resolución n 760	Año	Promulga
	2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
	Descripción	
	Se adopta a nivel nacional el Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas. (Resolución 0760, 2010).	
Protocolo para el control y vigilancia de la	Año	Promulga
	2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

contaminación atmosférica generada por fuentes fijas	Descripción	
	Tiene como objetivo establecer los procedimientos de evaluación de emisiones, según lo dispuesto en el artículo 72 de la Resolución 909 del 5 de junio de 2008 o la que la adicione, modifique o sustituya. Estos procedimientos de evaluación incluyen medición directa, balance de masas y factores de emisión. Durante la evaluación de emisiones contaminantes, se puede emplear una única metodología o se pueden emplear dos o más de ellas para determinar la confiabilidad de la información obtenida en la cuantificación de las emisiones. (Resolución 0760, 2010).	
Resolución n 610	Año	Promulga
	2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
	Descripción	
	Se modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006, en la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia. (Resolución 610, 2010).	
Decreto 1076	Año	Promulga
	2015	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
	Descripción	
	Se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible que tiene por objetivo compilar y racionalizar las normas de carácter reglamentario que rigen en el sector y contar con un instrumento jurídico único para el mismo. (Decreto 1076, 2015).	
Ley 1715	Año	Promulga
	2014	Congreso de la Republica
	Descripción	
	Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. (Ley 1715, 2014).	
Resolución n 2254	Año	Promulga
	2017	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
	Descripción	

	Por la cual se adopta la Norma de Calidad del Aire Ambiente y se dictan otras disposiciones. (Resolución 2254, 2017).
--	---

Fuente: Recopilación elaborada por: los autores del proyecto de investigación, con base en las referencias citadas al interior de la tabla (2019).

Tabla 5. Normatividad Internacional.

Norma	Año	Promulga	Descripción
<i>Declaración de Estocolmo</i>	1972	Organización de las Naciones Unidas	Fue el resultado emitido por la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano, en donde 113 países se reunieron a debatir por primera vez la creciente problemática del medio ambiente haciendo resaltar la importancia de este sobre la calidad de vida del ser humano; convirtiéndose así en la “Carta Magna” del Derecho Internacional Ambiental, que contiene 26 principios y un Plan de Acción con 109 recomendaciones (ONU, 1972).
<i>Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono</i>	1985	Organización de las Naciones Unidas	Este convenio presentó el marco de trabajo para promover la cooperación entre los países a través de las observaciones sistemáticas, investigaciones e intercambio de información sobre el impacto que generan las actividades humanas en la capa de ozono y así ejecutar medidas preventivas sobre la producción y las emisiones de las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono (SAO), en busca de proteger la salud humana y el medio ambiente (PNUMA, 2001).
<i>Protocolo de Montreal relativo a las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono</i>	1987	Organización de las Naciones Unidas	Nace como resultado concreto de los objetivos planteados por el convenio de Viena, mediante la adopción de medidas preventivas que controlan equitativamente las emisiones mundiales totales, con el fin de reducir y finalmente eliminar la producción y el consumo de numerosas sustancias que son responsables del agotamiento de la capa ozono (ONU, 1987).

Fuente: Recopilación elaborada por: los autores del proyecto de investigación, con base en las referencias citadas al interior de la tabla (2019).

11. Marco Institucional

11.1. CAR

Ejercer como máxima autoridad ambiental en su jurisdicción, ejecutando políticas, planes, programas y proyectos ambientales, a través de la construcción de tejido social, para contribuir al desarrollo sostenible y armónico de la región. (CORPOBOYACÁ, 2019).

11.2. Gobernación de Boyacá

Es la máxima entidad departamental, institución del orden público, encargada de ejecutar el plan de desarrollo 2016 – 2019 denominado: “Creemos en Boyacá, tierra de paz y libertad”. El plan de Desarrollo Departamental cuenta con un componente dedicado al medio ambiente. (Gobernación de Boyacá, 2016).

11.3. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia (Minambiente) es responsable del desarrollo de políticas y regulaciones ambientales nacionales. Promueve la conservación, protección, manejo, uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables y del medio ambiente para asegurar el desarrollo sostenible del país en tierra y mar. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019).

11.4. CORPOBOYACA

Corporación Autónoma Regional de Boyacá. Es una entidad encargada de la planificación que mediante un proceso técnico y metodológico permita evaluar técnica, ambiental y financieramente los proyectos de inversión que se presenten a la entidad a fin de expedir el aval técnico ambiental. (CORPOBOYACÁ, 2019).

11.5. INALVERSOG S.A.S

Es una industria alfarera construida desde el año 2013, ubicada a 3 km de Sogamoso en la vereda Buena Vista. Empresa comprometida con el ambiente, cuenta para la producción de ladrillos con un horno tipo Hoffman no cuenta con un título minero, pero si cuentan con un permiso especial de minería.

11.6. Ministerio de Minas y Energía

Ministerio encargado de formular y adoptar políticas dirigidas al aprovechamiento sostenible de los recursos mineros y energéticos para contribuir al desarrollo económico y social del país. (Ministerio de Minas y Energía, 2019).

11.7. Administración Municipal de Sogamoso

Convertir a Sogamoso en una ciudad segura y sostenible; vinculada estratégicamente a la región, teniendo como fundamento del desarrollo, el bienestar social de sus habitantes, soportado en el fortalecimiento y la modernización de los sectores institucional, agroindustrial y turístico, con una educación y salud incluyentes, moderna y pertinente, con una economía que distribuya en forma equitativa y con responsabilidad social, sus beneficios y desarrollar el bienestar social de sus habitantes. (Administración Municipal de Sogamoso, 2016).

11.8. IDEAM









El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales es una entidad del gobierno de Colombia dependiente del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Se encarga del manejo de la información científica, hidrológica, meteorológica y todo lo relacionado con el medio ambiente en Colombia. (IDEAM, 2019).

11.9. CAEM

Corporación ambiental empresarial. El Carbono Negro menudo referido a menudo como carbono elemental, es un componente del material particulado (PM_{2.5}). Es un residuo resultante de la combustión incompleta o ineficiente generada por diversas fuentes (transporte, biomasa, industrias del sector energético), que forma partículas de diferentes tamaños que, a pesar de que permanecen durante poco tiempo en la atmósfera, son responsables en gran parte de la mala calidad del aire que respiramos y que tiene un importante impacto sobre la salud. (CAEM, 2015).

11.10. SISAIRE

El Sistema de Información sobre Calidad del Aire es un sistema para la captura, almacenamiento, transferencia, procesamiento y consulta de información. También permite la generación de información unificada de las redes de calidad del aire del país. (SISAIRE, 2019).



Fuente: Imágenes tomadas de internet a través del buscador Google (2019).

12. Marco Metodológico

Se procedió a realizar una revisión general de la empresa Ladrillera Inalversog S.A.S para tener una visión global de todo el sistema, conociendo la dispersión espacial o sectorización de la misma; luego, se efectuó un diagnóstico de los componentes ambientales, una evaluación del impacto ambiental general y específico de la empresa, se realizó también el análisis del proceso productivo mediante el cual se facilitó la identificación de puntos críticos durante el funcionamiento y los impactos ambientales generados al interior y exterior de la industria. Posteriormente se formuló la identificación de oportunidades lo que determinó las alternativas de transformación productiva para mejorar el desempeño ambiental para la Ladrillera Inalversog S.A.S en Sogamoso - Boyacá. Por último, se finalizó con la formulación de proyectos para la transformación productiva para mejorar el desempeño ambiental, con ayuda de los indicadores de emisiones; a) Maquinas con mayores emisiones b) Maquinas con mayor generación de material particulado c) Análisis de emisiones d) Número de inconformidades en los análisis.

Para obtener la información de los problemas que afectan al sector ladrillero, se realizó utilizando fuentes primarias, aplicando una entrevista a productores de ladrillo de las comunidades de la vereda Buena Vista. Este instrumento de recolección de información, se abordó a partir de 28 preguntas dirigidas al dueño de la fábrica o persona que tiene los mayores conocimientos de la actividad. Esto se logró a través de estas etapas: a) recolección de información primaria. b) Ubicación de los sitios donde se realizaría la entrevista y trabajo de campo al momento de aplicar la encuesta (Ver anexo 1. Formato de entrevista).

Enfoque y alcance

El enfoque de esta investigación en relación con cada uno de los objetivos planteados es el enfoque mixto el cual permite analizar características valiosas tanto de lo relacionado con aspectos cualitativos como cuantitativos, para de esta manera obtener mejores resultados.

El enfoque cualitativo del proyecto, concierne tanto al análisis bibliográfico y técnicas de observación del proceso productivo, como la identificación de diversas técnicas que permitan sensibilizar a los empresarios sobre las ventajas que tendría la implementación de un proyecto de transformación productiva para mejorar su desempeño ambiental.

De otro lado; la recolección, sistematización y procesamiento de datos tiene relación con el enfoque cuantitativo; dando lugar a una perspectiva amplia y profunda de todo el sistema productivo y los actores involucrados en el mismo a través de la vinculación de estos dos enfoques, a fin que se establecerá una visión integral y holística para el planteamiento de soluciones enfocadas en las estrategias de producción más limpia.

Ahora bien, los alcances que se establecen para el proyecto son de índole descriptivo y explicativo, en tanto que nos permite especificar las propiedades, características y perfiles de la empresa Ladrillera Inalversog S.A.S, nuestro objeto de estudio; por medio de la recolección de información (alcance descriptivo), estamos en la procura de examinar y dar respuesta a la razón por la cual se presentan alteraciones e ineficientes actividades en el proceso de elaboración de ladrillo en dicha empresa. Lo anterior, tomando como referencia a (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014).

Método

Este proyecto tuvo en cuenta un método inductivo, teniendo como referencia que la investigación se aborda en principio, desde una temática general basada en una revisión bibliográfica establecida por 3 niveles sobresalientes los cuales son, internacional, nacional y regional para posteriormente delimitar la investigación a un lugar específico, el cual está establecido en la Ladrillera Inalversog S.A.S ubicada en la vereda Buena Vista, municipio de Sogamoso – Boyacá. Con ello llegamos a indicar que se plantearán las estrategias de producción más limpia enfocadas a la transformación productiva, considerando que esto generará un mejor desempeño ambiental y que busca

causar, además, un impacto positivo en los 3 aspectos fundamentales (ecológico, económico y social) que componen el concepto de desarrollo sostenible.

Unidad de análisis

Las diversas alternativas que se plantean desde la producción más limpia a través de las buenas prácticas empresariales, que serán orientadas a la transformación productiva con el objeto de optimizar el proceso productivo para la elaboración de bloque en la empresa Ladrillera Inalversog S.A.S, de la vereda Buena Vista, municipio de Sogamoso es en lo que se delimita la unidad de análisis de este proyecto de investigación.

Variables y aspectos

Este proyecto cuenta con un objetivo general y tres específicos para los que se diseñaron una serie de actividades a llevar a cabo con el fin de dar cumplimiento a los mismos. Asimismo, se evaluaron una serie de aspectos de alta relevancia para la determinación de estrategias a desarrollar en la investigación.

Informantes

Además de la revisión bibliográfica realizada, el desarrollo del proyecto contó con el apoyo de las 4 personas que cumplen el rol de administradoras de la empresa Ladrillera Inalversog S.A.S, quienes nos brindaron información fundamental, veraz y de primera fuente, la cual cuenta con una alta confiabilidad dado que estas personas trabajan de tiempo completo en la empresa.

Identificación de oportunidades de transformación productiva
para mejorar el desempeño ambiental de la ladrillera
Inalversog S.A.S en el municipio de Sogamoso – Boyacá

Giann Axel Leguízamo Jordán
Diego Alejandro Gutiérrez Díaz

13. Matriz Metodológica

Tabla 6. Actividades, técnicas e instrumentos.

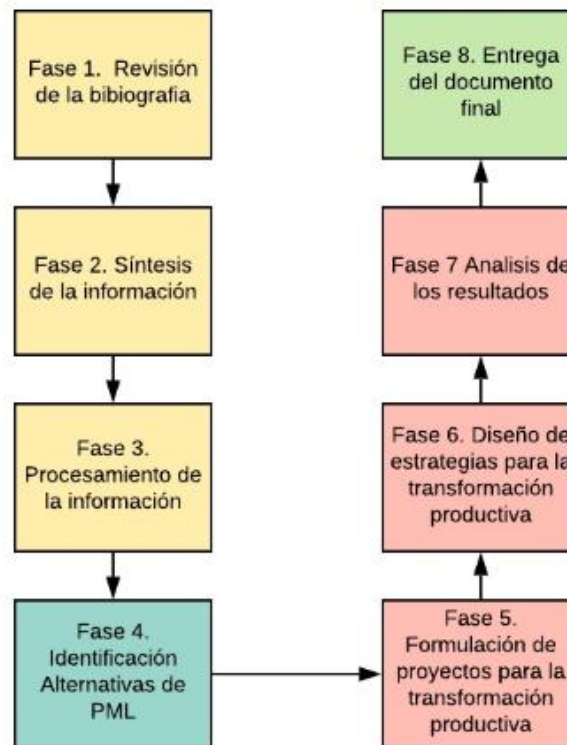
Objetivo general	Objetivos específicos	Actividades	Técnicas	Instrumentos	Resultados esperados
Identificar las oportunidades de transformación productiva para mejorar el desempeño ambiental de la Ladrillera Inalversog S.A.S en el Municipio de Sogamoso – Boyacá a través de la aplicación de herramientas de la producción más limpia.	Diagnosticar las condiciones actuales de la Ladrillera Inalversog S.A.S del municipio de Sogamoso - Boyacá	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisión bibliográfica. 2. Diseño de una encuesta de caracterización socioeconómica y productiva. 3. Visita de campo a la ladrillera Inalversog S.A.S 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Análisis cualitativo y cuantitativo. 2. Encuesta. 3. Observación del proceso productivo para la elaboración de ladrillos. 4. Análisis documental y metodológico. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Libros, artículos científicos, bases de datos, proyectos de investigación. 2. Cuestionario. 3. Registro Fotográfico. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conocer ampliamente el proceso de elaboración de ladrillos y las diversas mejoras procesos que se han realizado. 2. Diagnóstico del proceso productivo para la elaboración de bloque en la ladrillera Inalversog S.A.S. 3. Identificación de puntos críticos de cada uno de los procesos.
	Identificar las oportunidades de producción más limpia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar áreas críticas del proceso productivo para la elaboración de ladrillos. 2. Determinar amenazas, fortalezas, debilidades y oportunidades en el proceso productivo. 3. Establecer alternativas de producción más Limpia 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Análisis de los consumos energéticos y generación de residuos en el proceso. 2. Análisis documental. 3. Análisis documental 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ecomapa. 2. Matriz DOFA y Leopold. 3. Evaluación de Alternativas. 4. Eco balance. 5. Árbol de problemas. 6. Matriz lista de chequeo 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reconocer las áreas que requieren la implementación de estrategias de PML. 2. Comprender y adquirir herramientas para la toma de decisiones en lo que respecta al proceso productivo. 3. Seleccionar las alternativas de PML que se aplicara en la ladrillara.

	<p>Formular proyecto (s) para aprovechar las oportunidades de transformación productiva y su desempeño ambiental.</p>	<p>1. Investigación teórica para identificar mejores oportunidades de PML</p> <p>2. Viabilidad técnica, social, económica y ecológica.</p> <p>3. Máximo dos proyectos</p>	<p>1. Análisis comparativo de los aspectos económicos, sociales y ambientales del proyecto de transformación productiva propuestos.</p> <p>2. Análisis documental</p>	<p>1. Hojas de Cálculo.</p> <p>2. Costos de Ineficiencia</p>	<p>5. Formulación de proyecto(s) para la transformación productiva.</p>
--	---	---	---	--	---

Fuente: Recopilación elaborada por: los autores del proyecto de investigación (2019).

14. Fases de la Investigación

Ilustración 5. Fases de investigación



Fuente: Construcción de los autores (2019).

Fase 1. Revisión Bibliográfica. La revisión bibliográfica como ya fue aludido de manera precedente, se dividió en tres niveles: internacional, nacional y local, los cuales permitieron determinar algunos referentes teóricos específicos, para de esta manera delimitar y guiar la investigación con el fin de dar cumplimiento a los objetivos que se plantearon para la misma.

Fase 2. Compendio de la Información. Por medio de una entrevista compuesta por 28 preguntas, la cual fue prediseñada bajo el acompañamiento de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, se identificaron aspectos importantes respecto de la producción, información ambiental

y social entre otras características específicas de la producción de ladrillo en la empresa Ladrillera Inalversog S.A.S.

Fase 3. Procesamiento de la Información. Las entrevistas se digitalizaron y sistematizaron por medio de hojas de cálculo en Excel, lo cual posteriormente permitió realizar algunas de las gráficas y cálculos necesarios para el análisis de la información recolectada.

Fase 4. Identificación de alternativas de PML. Tras la determinación de las diferentes problemáticas ecológicas, sociales y económicas reconocidas por medio de las anteriores fases, se procede a la identificación y priorización de las alternativas de producción más limpia que se ajustan apropiadamente a las características de la zona de estudio a través de las matrices utilizadas.

Fase 5. Formulación de proyectos para la transformación productiva. Se especifican diferentes tipos de proyectos que posean un mayor desarrollo y aporte a la empresa dentro de sus características, con el fin de determinar los beneficios y desventajas de su aplicación como estrategia de transformación productiva en la Ladrillera Inalversog S.A.S.

Fase 6. Diseño de estrategias para la transformación productiva. Con la definición de estrategias para la transformación productiva aplicables a las características de los proyectos, se comienza con la identificación de oportunidades, lo anterior, con la intención de realizar y formular proyectos que permitan optimizar los procesos, generando beneficios en los aspectos social, económico y ecológico.

Fase 7. Análisis de Resultados. Con base en los diferentes resultados obtenidos tras el desarrollo de las diferentes actividades propuestas para el proyecto, se realiza el correspondiente análisis de la información recopilada, con el propósito de verificar el cumplimiento de los objetivos planteados y la viabilidad de aplicación del mismo en nuestra área de estudio.

Fase 8. Entrega Documento Final. Se dan a conocer los resultados, análisis, conclusiones y recomendaciones del desarrollo del proyecto, tendiente a generar un aporte significativo que permita la implementación de este tipo de proyectos (producción más limpia) en microempresas con similares características a la que fuera objeto estudio del presente proyecto de investigación, conducentes a optimizar los procesos a través de estrategias planteadas desde la perspectiva ingenieril.

15. Plan de trabajo

Tabla 7. Plan de trabajo.

	Actividad	Febrero	Marzo	Abril
--	-----------	---------	-------	-------

N°		Semana											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Revisión bibliográfica												
2	Contacto con la empresa Inalversog S.A.S												
3	Visita al área de influencia Directa del Estudio												
4	Diagnóstico y caracterización de la Industria Ladrillera												
4.1	Análisis de datos obtenidos												
4.2	Estimación de las emisiones de gases contaminantes												
5	Identificación de las oportunidades de Producción Más Limpia												
5.1	Determinación de áreas críticas												
5.2	Definición de amenazas, fortalezas, debilidades y oportunidades												
5.3	Selección de alternativas de Producción Más Limpia												
6	Diseño de las propuestas con las oportunidades de Producción Más Limpia												
6.1	Planteamiento de ventilador para horno ladrillero												
6.2	Realización de diseño estándar de las propuestas de implementación de ventilador para horno ladrillero												
7	Desarrollo de conclusiones y recomendaciones												

16. Resultados, Análisis y Discusión

OBJETIVO 1. DIAGNOSTICAR LAS CONDICIONES ACTUALES DE LA LADRILLERA INALVERSOG S.A.S DEL MUNICIPIO DE SOGAMOSO – BOYACÁ.

Para llevar a cabo el diagnóstico a la empresa INALVERSOG S.A.S se realizaron visitas a la oficina y a las instalaciones de la planta las cuales se encuentran ubicadas en el mismo sector. Allí, por medio de entrevistas, técnicas de observación y registro fotográfico, se pudo contemplar diferentes elementos y a la postre, plantear observaciones que consideramos ayudaran a establecer el estado actual de la organización.

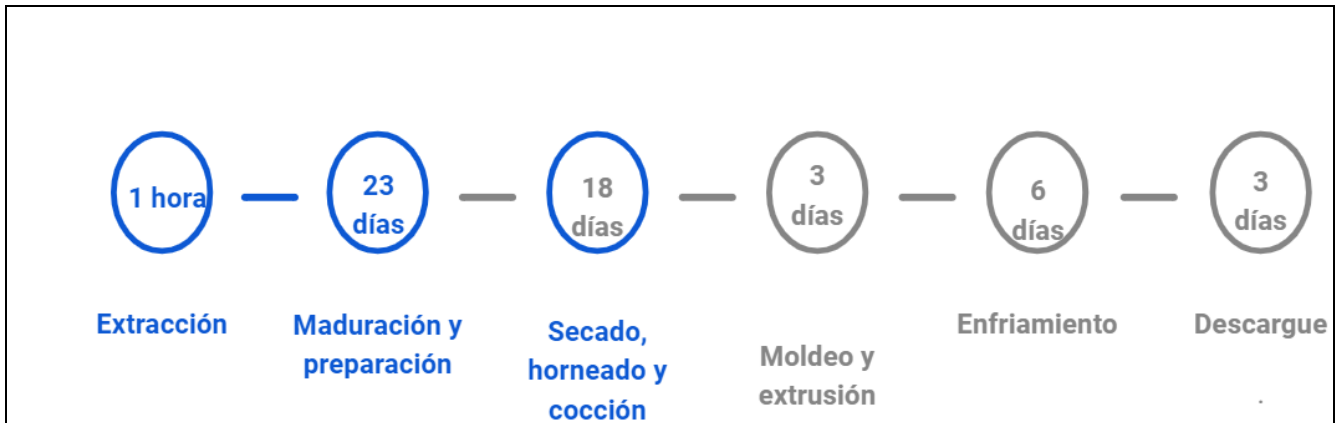
Entrevista realizada a una de las administradoras de la empresa Inalversog S.A.S.

La entrevista fue realizada a la administradora de la empresa INALVERSOG S.A.S, en la cual se evidenció el proceso productivo para la elaboración de ladrillos, en el municipio de Sogamoso. Ésta entrevista se realizó a partir de un trabajo de campo. Las respuestas obtenidas, serán suministro fundamental para exponer los resultados recolectados.

Otros datos que, aunque menos relevantes, valen la pena resaltar en cuanto a la identificación y descripción de la empresa INALVERSOG S.A.S, producto de la implementación de la entrevista y de los que además posiblemente se dé cuenta as delante de ello son:

- La empresa posee un Horno tipo – Hoffman hace 4 años.
- El horno posee una forma elíptica y de fuego continuo.
- En cuanto a la producción, la cantidad de ladrillos que ingresan por quema es aproximadamente 850 ladrillos por línea y diariamente están en funcionamiento las líneas 8, 9 y 10.
- La cantidad de ladrillos que son dañados en el proceso está entre los 100 – 200 unidades, con una eficiencia del 85 %.
- La empresa cuenta con una vinculación laboral de 23 empleados (no fue objeto de estudio identificar la formalidad laboral de estas personas).
- De este grupo de personas, 4 son mujeres quienes desempeñan funciones administrativas y 19 operarios son hombres.

Ilustración 6. Tiempo del proceso productivo

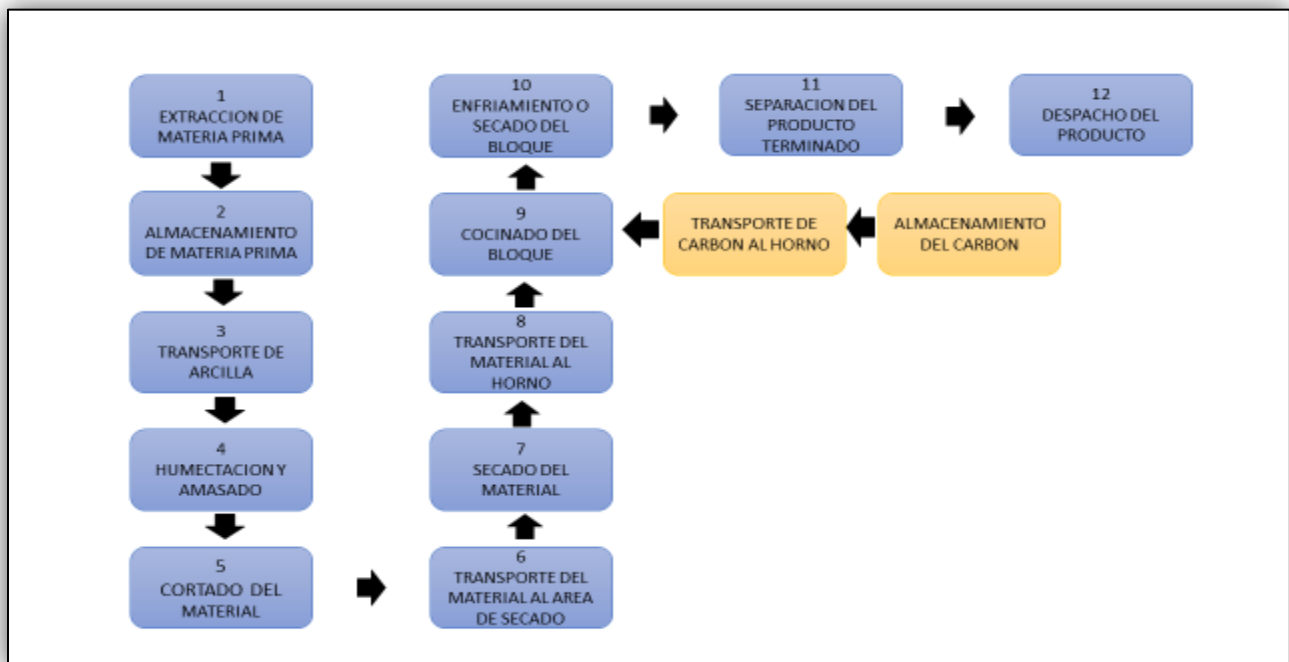


Fuente: Construcción de los autores (2019).

Descripción del proceso productivo.

Para realizar esta descripción, se hicieron varias visitas a la planta, durante las cuales estuvimos acompañados por un operario quien se encargaba de describir detalladamente el proceso. (Figura 7)

Ilustración 7. Proceso productivo



Fuente: Construcción de los autores (2019).

- 1. Extracción de materia prima

Para la consecución de la materia prima para la elaboración de los ladrillos, la planta cuenta con una mina propia de arcilla, sin embargo, ésta no es lo suficientemente grande para proveer todo el material que se requiere, en tal razón, la cantidad restante de materia prima es comprada a proveedores. Así las cosas, 20% de la materia prima es de fuente (propia) y el 80% restante conseguida con (proveedores externos). La arcilla es fácil de homogenizar debido a que la mayor cantidad es de los proveedores y lo más importante es que no contenga arena, piedras entre otros, pero de lo contrario la mezcla se puede homogenizar sin problema. Uno de los problemas con la arcilla es cuando se mezclan arcillas de diferentes tonalidades, lo recomendable es que sean de igual color para realizar una buena mezcla y se obtenga una de muy buena calidad.

- 2. Almacenamiento de materia prima

Tal como podrá observarse en la ilustración 7, la arcilla (tanto la extraída por fuente propia como la conseguida a partir de proveedores externos), es depositada en un sitio establecido para el almacenamiento, en tanto que, dentro de su proceso de transformación, es necesario para que la materia prima expulse el gas metano.

Ilustración 8. Almacenamiento de materia prima.



Fuente: Ladrillera Inalversog S.A.S. Álbum: registro de los autores. Imagen registrada 19/03/2019

- 3. Transporte de arcilla

La arcilla es transportada por una retroexcavadora de una tolva a otra, la cual está aproximadamente a 10 metros de distancia, este proceso se repite varias veces hasta que la tolva logre estar llena en su totalidad.

- **4. Humectación y amasado**

Dentro del proceso, la arcilla es humectada y amasada por un tornillo sin fin para convertirla en un material maleable que facilite trabajarla.

- **5. Moldeo y Extrusión**

El proceso de moldeo consiste en la hechura y corte de las piezas de forma manual o por medio de una extrusora, la cual en este caso está elaborada de manera artesanal ya que funciona por medio de una banda y un motor ensamblados al chasis de un tractor.

- **6. Corte del material**

De la extrusora el material sale en forma de una barra, donde esta barra es cortada por una máquina.

- **7. Transporte del material al área de secado**

El material ya cortado, es transportado manualmente por los operarios a la zona de secado ubicado en el mismo lugar de almacenamiento del producto.

Ilustración 9. Transporte y área de secado.



Fuente: Ladrillera Inalversog S.A.S. Álbum: registro de los autores. Imagen registrada 19/03/2019

- 8. Secado del material

El secado del material, toma tiempo diferente para secarse por completo, en tanto que la variación del clima influye en este proceso. No obstante, cuando la demanda es mucha y se hace necesario que el bloque seque rápido, ubican cierta cantidad de bloques húmedos en las cúpulas de los hornos para que cuando sean encendidos, la temperatura del ambiente influya en un más rápido.

Ilustración 10. Secado del material en la parte superior del horno.



Fuente: Ladrillera Inalversog S.A.S. Álbum: registro de los autores. Imagen registrada 19/03/2019

- 9. Transporte del material al horno

El transporte del material hacia el horno, está a cargo de los operarios, quienes por medio de unas caretilas, transportan los ladrillos al horno para realizar su cocción. Como ya se ha aludido, la planta cuenta con un horno tipo Hoffman.

Ilustración 11. Transporte de material.



Fuente: Ladrillera Inalversog S.A.S. Álbum: registro de los autores. Imagen registrada 19/03/2019

- **Almacenamiento del carbón**

Otro de los materiales utilizados para el proceso de producción del ladrillo es el carbón el cual es descargado y almacenado en la planta, y cubierto por un plástico para evitar que se moje y pierda sus propiedades caloríficas. Este combustible es proveniente de Mogui, quienes son los encargados de proveer a Inalversog S.A.S.

Ilustración 12. Almacenamiento de carbón.



Fuente: Ladrillera Inalversog S.A.S. Álbum: registro de los autores. Imagen registrada 19/03/2019

- Transporte de carbón a horno

El carbón es transportado de forma manual a cargo de los operarios quienes, con la ayuda de carretillas, realizan esta acción. La cantidad de carbón utilizada para la producción de los ladrillos, varía dependiendo la producción total que se quiera obtener.

Ilustración 13. Transporte del carbón hacia el horno.



Fuente: Ladrillera Inalversog S.A.S. Álbum: registro de los autores. Imagen registrada 19/03/2019

Aproximadamente la cantidad de carbón (que como ya se ha mencionado cumple el papel del combustible para el funcionamiento del horno en que se cocina el bloque), ingresa en una quema son 12,5 toneladas por semana, cantidad que puede presentar una duración hasta de dos semanas dependiendo la cantidad de quemas. Esta cantidad de carbón consumido por semana alcanza para la fabricación 72.000 unidades por semana.

- 10. Cocinado del bloque

El proceso del cocinado de los ladrillos, puede variar dependiendo de diversos factores, no obstante, de manera frecuente, puede variar de 12 a 14 días, según la velocidad de quema, que depende del tipo de producto procesado. Se puede tomar un valor promedio de 13 días por cámara, siendo 12 días con la cámara cerrada y medio día más para cargar y medio día más para descargar. En los 12 días con la cámara cerrada, se considera un promedio de 09 horas de quema por cámara, considerando además 26 horas de calentamiento y otro tanto de enfriamiento de la carga, haciendo un tiempo de 188 horas con la cámara cerrada, más 12 horas con la cámara en carga y otro tanto más en descarga, da un ciclo total de 13 días para cada cámara, recordando además que en dos días se procede a la quema de 08 cámaras.

Ilustración 14. Cocinado del bloque.



Fuente: Ladrillera Inalversog S.A.S. Álbum: registro de los autores. Imagen registrada 19/03/2019

Tomando como referencia la ilustración 14, se puede observar como en la imagen izquierda, se encuentra la puerta abierta antes de ser cocinado el ladrillo y en la imagen derecha, se observa el horno con la puerta cerrada mientras está cocinándose el producto.

- **11. Enfriamiento o secado del bloque**

Luego de la cocción, el proceso de enfriamiento o secado depende de la calidad o variación del clima, según los procesos, este secado puede tardar un par de horas o incluso puede llegar a tardar días. Posterior a si secado, el producto seco se dispone para ser despachado.

- **12. Separación del producto terminado**

Existe otro proceso en la producción del ladrillo. Mediante la separación del producto terminado, se realiza una adecuada separación tanto de los ladrillos húmedos que están próximos a entrar al horno, así como también los ladrillos que ya están completamente secos y listos para ser despachados.

Ilustración 15. Producto terminando.



Fuente: Ladrillera Inalversog S.A.S. Álbum: registro de los autores. Imagen registrada 19/03/2019

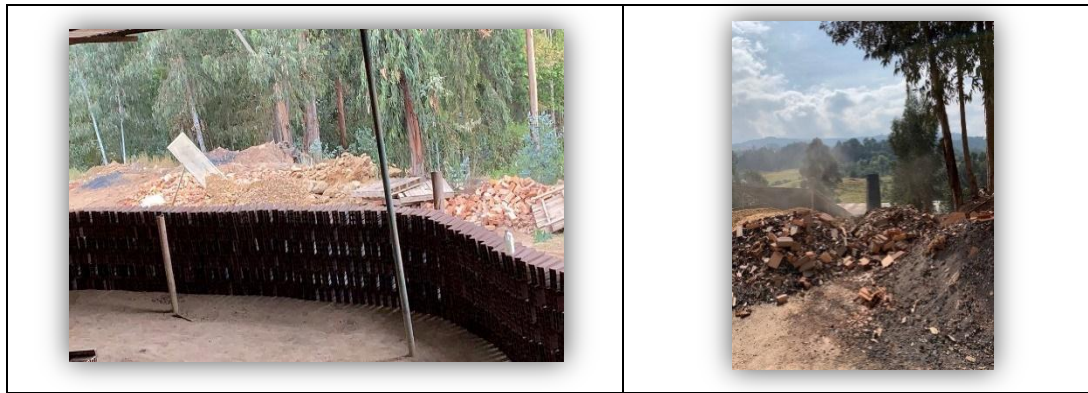
- **13. Despacho del producto**

Este proceso está a cargo de los operarios, quienes cargan las volquetas con la cantidad de ladrillos solicitados por los clientes, para luego ser distribuidos.

- **Producto en mal estado**

Es natural que dentro de la planta se pueden encontrar objetos, materia prima, producto en mal estado y producto a medio terminar. Si bien no hay una adecuada disposición de este material, si hay un lugar indicado para arrojar el material desperdiciado.

Ilustración 16. Producto en mal estado.



Fuente: Ladrillera Inalversog S.A.S. Álbum: registro de los autores. Imagen registrada 19/03/2019

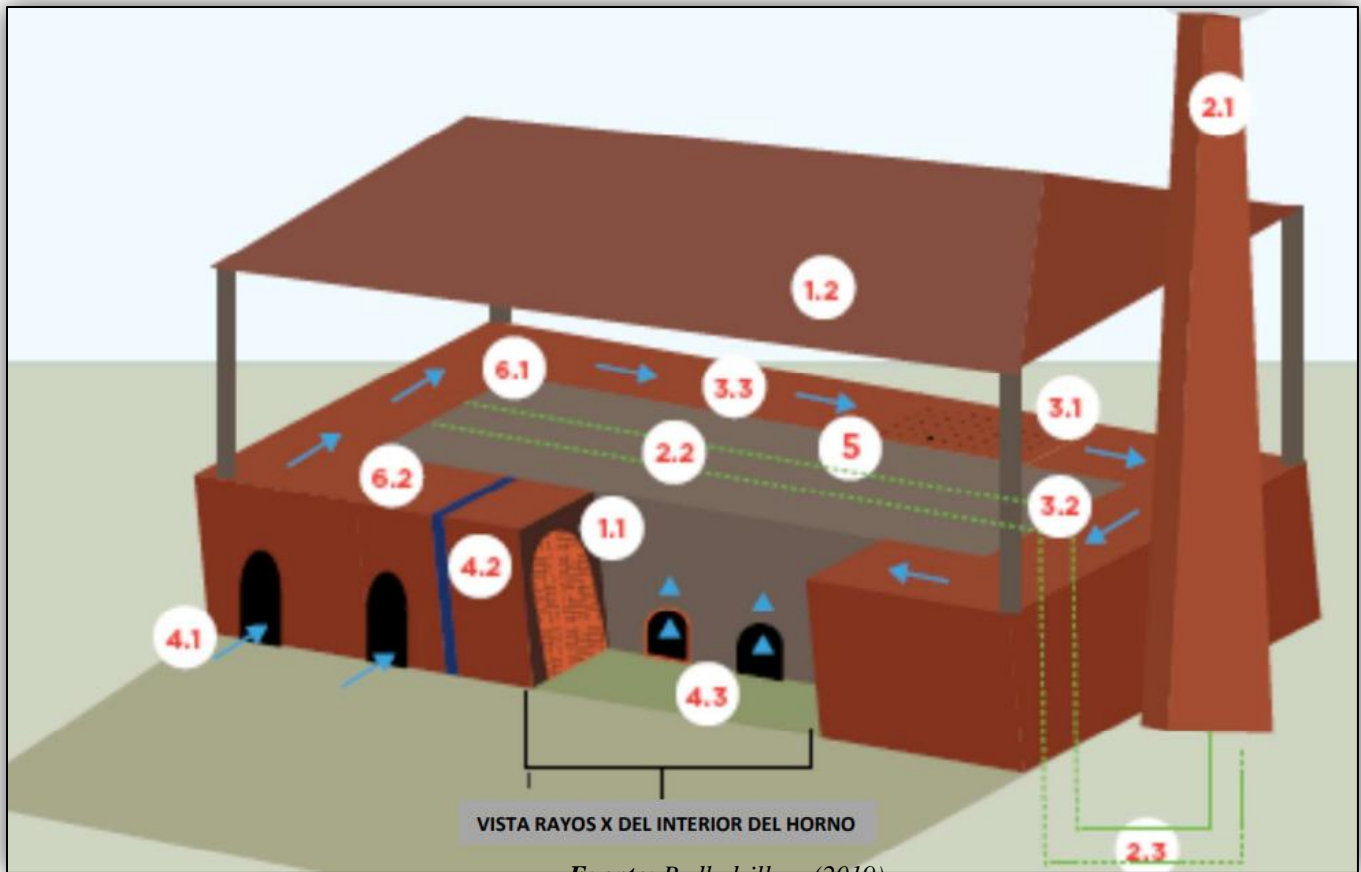
Características técnicas y productivas.

Para esta sección de la entrevista, se definieron las características más sobresalientes en cuanto al horno utilizado para la elaboración de ladrillos teniendo en cuenta la cantidad, el tipo y cantidad de combustible y las fallas que se presentan con mayor frecuencia en los mismos.

Ilustración 17. Características generales del horno Hoffman.



Ilustración 18. Tecnología de Horno Hoffman.



Fuente: Redladrillera (2019).

Información Ambiental y Energética.

Las características del combustible descritas en la tabla 8, son de suma importancia para el desarrollo del este proyecto ya que con estas se hace posible poder determinar la cantidad de residuos sólidos que se producen.

Identificación de oportunidades de transformación productiva
para mejorar el desempeño ambiental de la ladrillera
Inalversog S.A.S en el municipio de Sogamoso – Boyacá

Giann Axel Leguízamo Jordán
Diego Alejandro Gutiérrez Díaz

Tabla 8. Área carbonífera de Sogamoso - Jericó.

Zona : BOYACA						Pérdida : 0.00	Sector				
Área : Sogamoso-Jericó						Dilución : 0.02	Fecha : Mayo 2001				
Base : ROM, HE+2		PROMEDIO	MÁXIMO	MÍNIMO	DSTD	PROMEDIO	MÁXIMO	MÍNIMO	DSTD		
ANÁLISIS PRÓXIMO						ANÁLISIS MINERALÓGICO DE CENIZAS					
Humedad de Equilibrio + 2	%	4.29	7.86	2.78	1.30	SiO2	%	60.85	67.93	46.13	3.92
Cenizas	%	9.57	26.71	4.35	3.74	Al2O3	%	23.99	26.91	18.72	1.91
Materia Volátil	%	30.19	39.60	17.33	7.63	TiO2	%	1.24	1.46	1.00	0.11
Carbono Fijo	%	55.96	72.72	38.43	9.23	Fe2O3	%	5.69	22.13	1.64	4.08
Azufre Total	%	1.23	4.44	0.53	0.64	CaO	%	1.86	7.84	0.21	1.60
Poder Calorífico	BTU/Lb	13099	14308	9957	876	MgO	%	0.49	1.15	0.25	0.18
	KCal/Kgr	7277	7949	5531	486	K2O	%	0.95	2.14	0.44	0.36
ANÁLISIS ELEMENTAL						Na2O	%	0.55	2.31	0.08	0.41
Carbono	%	74.10	85.12	55.14	7.35	SO3	%	0.75	5.45	0.06	1.01
Hidrógeno	%	4.86	5.61	3.63	0.47	P2O5	%	0.97	3.94	0.06	0.81
Nitrógeno	%	1.59	1.91	1.09	0.18	Indeterminados	%				
Oxígeno	%	5.56	25.26	0.00	4.82	FUSIBILIDAD DE CENIZAS					
Cloro	%					ATMÓSFERA REDUCTORA					
FORMAS DE AZUFRE						Deformación Inici:	°C	1437	1630	1127	141
Piritico	%	0.34	1.52	0.01	0.37	Ablandamiento	°C	1483	1646	1149	131
Sulfato	%	0.03	0.19	0.00	0.04	Hemisférica	°C	1511	1646	1188	113
Orgánico	%	0.72	1.51	0.35	0.21	Fluidez	°C	1537	1646	1256	102
OTROS ANÁLISIS						ATMÓSFERA OXIDANTE					
Humedad Total	%	2.20	5.36	0.80	1.03	Deformación Inici:	°C	1505	1646	1214	110
GEV		1.29	1.44	1.02	0.07	Ablandamiento	°C	1522	1646	1286	100
FSI			9.0	0.0	2.8	Hemisférica	°C	1553	1646	1328	77
HGI			105	21	26	Fluidez	°C	1568	1646	1355	67
CLASIFICACIÓN (ASTM)		Bituminoso Alto Volátil A				ÍNDICES DE COMBUSTIÓN DE LAS CENIZAS					
Lb S / MM BTU		0.94				Tipo de Ceniza	Bituminosa				Nota El análisis elemental y las formas de azufre no se encuentran diluidos
Lb SO2 / MM BTU		1.87				Índice de Fouling	0.06				
						Índice de Slagging	0.14				
						Temperatura a 250 °C	1149				
						B/A	0.11				

Fuente: Construcción de los autores (2019).

Tabla 9. Composición promedio para diferentes carbones del país.

		REGION							
		ANTIOQUIA Y ANTIGUO CALDAS	VALLE DEL CAUCA (1)	BOYACA (2)	CUNDINAMARCA (3)	CESAR (4)	CERREJON (5)	CORDOBA (6)	NORTE DE SANTANDER (7)
ANALISIS PROXIMO DE EQUILIBRIO	%HUMEDAD	10.1	2.09	5.19	3.91	7.31	8.2	17	3
	%CENIZAS	9.12	30.49	11.55	10.19	5.28	8.3	17	16.35
	%MATERIAL VOLATIL	37.97	27.29	35.36	28.38	35.6	34.00	33.7	35.73
	%CARBONO FIJO	42.81	40.15	47.89	57.52	51.81	49.5	32.3	44.92
ANALISIS ULTIMO	%C	66.07	60.89	66.41	79.33	72.56	66.9	47.9	22.64
	%H	4.93	4.55	5.04	5.03	5.47	3.8	4.8	6.12
	%N	1.45	1.15	1.5	1.69	1.64	1.3	1.2	1.69
	%O	12.77	3.83	10.19	4.72	8.02	10.8	10.6	5.65
	%S	0.63	2.2	1.4	0.84	0.62	0.66	1.5	0.82

Fuente: Ecocarbon

Tabla 10. Características del combustible usado para la cocción.

Características del combustible usado para la cocción		
Fuente de Energía	Promedio Consumo de Combustible (Ton/Sem)	Promedio Consumo de Combustible Por Unidad Fabricada (gr)
Carbón	12,5	0,17

Fuente: Construcción de los autores (2019).

Tabla 11. Requerimientos ambientales para la empresa Inalversog S.A.S.

Requerimientos ambientales para la empresa Inalversog S.A.S
Implementar un programa de mantenimiento preventivo y correctivo.
Identificar, valorar y priorizar los impactos ambientales de las actividades.

El compromiso de los proveedores con la protección ambiental.
Los solventes empleados para limpiar las máquinas no deben contener sustancias que afecten la capa de ozono.
En el proceso de producción, no se deben emplear equipos de refrigeración.

Fuente: Construcción de los autores (2019). Con base a la norma técnica NTC colombiana 6033(2013).

La organización encargada de la fabricación o producción de ladrillos de arcilla debe cumplir con los siguientes requisitos.

Se debe definir e implementar un programa de mantenimiento preventivo y correctivo para todas las máquinas y equipos empleados en las etapas de extracción de materias primas, fabricación y embalaje y dejar registros de los mantenimientos efectuados

Se deben identificar, valorar y priorizar los impactos ambientales de las actividades de mantenimiento a fin de establecer e implementar planes de acción para controlar o evitar aquellos de carácter significativo.

La organización debe incluir dentro de los criterios de compra consideraciones ambientales que incluyan el compromiso de los proveedores con la protección ambiental y darles una ponderación importante dentro de la calificación del proveedor que sirva como elemento diferenciador

Los solventes empleados para limpiar las máquinas y equipos empleados en las etapas de extracción de materias primas, fabricación y embalaje no deben contener sustancias que afecten la capa de ozono

En el proceso de producción, no se deben emplear equipos de refrigeración, aire acondicionado o extinción de incendios cuyos agentes refrigerantes y extintores contengan Clorofluorocarbonados – CFC, Hidroclorofluorocarbonados – HCFC y halones.

Los requerimientos ambientales más frecuentes realizados por las Autoridades Ambientales son sobre la tecnificación del proceso productivo y la realización de actividades de reforestación, ya que el impacto ambiental generado por la extracción también es significativo.

17. Objetivo 2. Identificar las oportunidades de producción más limpia.

Matriz – lista de chequeo

Según (Pacheco Naranjo, 2018), esta matriz o lista de chequeo, cumple con la función de ser punto de partida para identificar los comportamientos y complicaciones que determinadas acciones de un proyecto ejercen con respecto a factores ambientales. A continuación, se da cuenta de la lista de chequeo implementada en el proceso de investigación, respecto de la producción de ladrillos a cargo de Inalversog S.A.S.

Tabla 12. Matriz – lista de chequeo.

MATRIZ LISTA DE CHEQUEO					
FACTOR	#	EFECTOS AMBIENTALES	CALIFICACION DE IMPACTO DE ACTIVIDAD INDUSTRIAL - EN SOGAMOSO		
			ALTO	MEDIO	BAJO
AIRE	1	Presencia de gases o materiales contaminantes	X		
	2	Afectaciones por ruido			X
SUELO	3	Erosiones del suelo		X	
CLIMA	4	Efectos climáticos - Cambios de temperatura		X	
FLORA	5	Propiedades de especies endémicas a causas de erosiones, explotación minera y pérdidas de protecciones físicas del entorno		X	
FAUNA	6	Propiedades de especies endémicas a causas de erosiones, explotación minera y pérdidas de protecciones físicas del entorno		X	
PAISAJE	7	Afectación del paisaje por explotación minera	X		
	8	Cambios geomorfológicos		X	
SOCIAL	9	Generación de empleo	X		
	10	Inconformidad de habitantes		X	

Fuente: Construcción de los autores (2019). Con base en los datos obtenidos de (Jaramillo Echeverry, 2014)

Análisis de Procesos y Operaciones

Con la intención de plasmar de forma gráfica el proceso de elaboración de bloque, se diseñó un Ecomapa, el cual es una herramienta cualitativa de PML utilizada para la identificación y localización de áreas o puntos críticos los cuales se definen con relación al consumo de energía, agua, materia prima, insumos, entre otros, (Van Hoof, Monroy, & Saer, 2008).

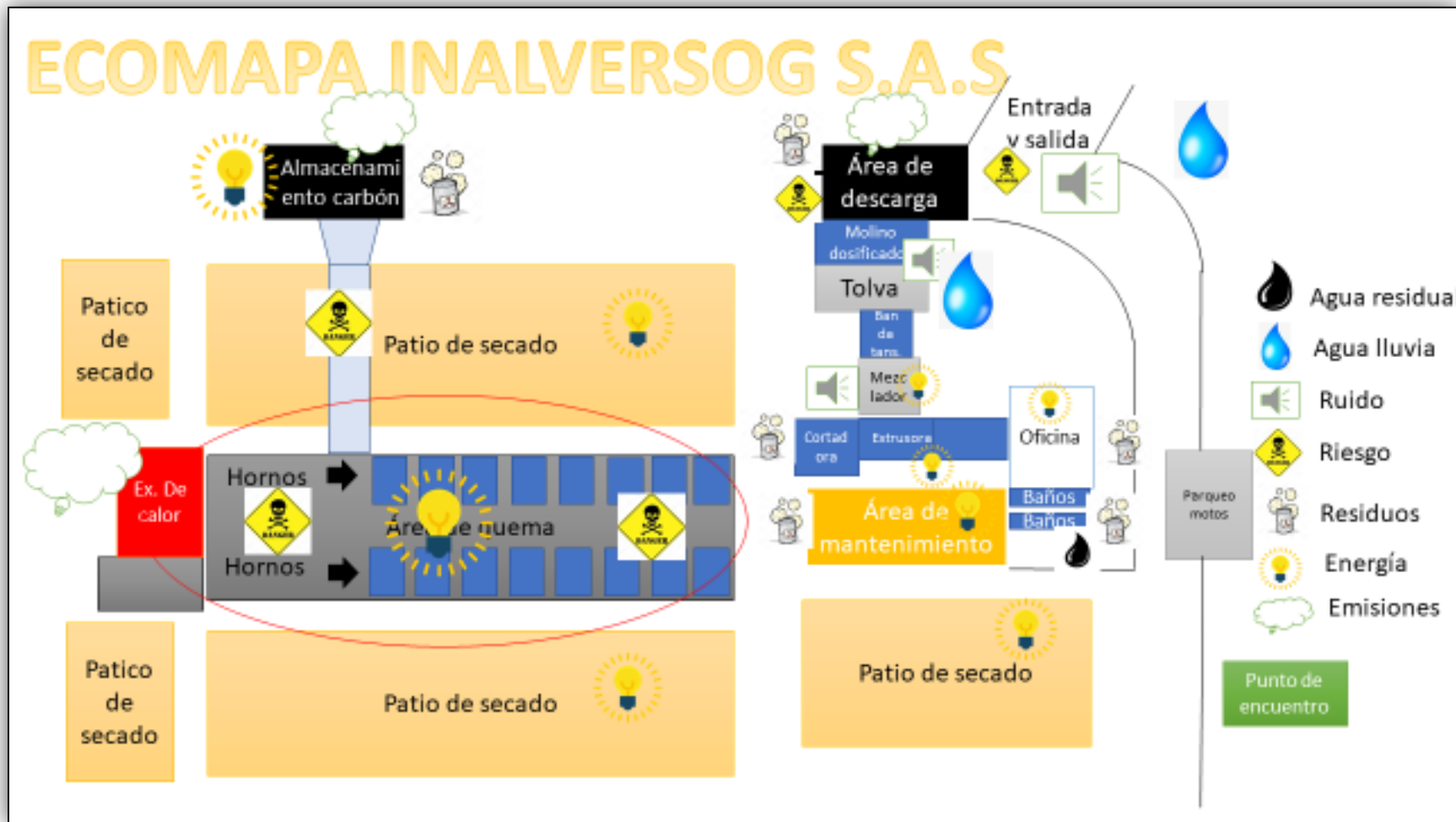
De esta forma se estableció el punto crítico debido a su alto consumo de energía, por las altas temperaturas que maneja el horno y por la alta generación de emisiones a causa del combustible utilizado.

El Eco mapa nos permite establecer la ruta de intervención en donde se determina como área crítica el área de quema, ya que en este se genera principalmente una alta cantidad de gases contaminantes, además requiere de un mayor consumo energético elevada. Por otra parte, es necesario resaltar que actividades como la extracción de la materia prima no requiere de mucha atención debido a que esta es suministrada por proveedores, pues en esta no genera alteración en el paisaje debido a la poca pérdida de la cobertura vegetal, así como también disminuyen las emisiones por la poca utilización de maquinaria.

Identificación de oportunidades de transformación productiva
para mejorar el desempeño ambiental de la ladrillera
Inalversog S.A.S en el municipio de Sogamoso – Boyacá

Giann Axel Leguízamo Jordán
Diego Alejandro Gutiérrez Díaz

Ilustración 19. Eco mapa

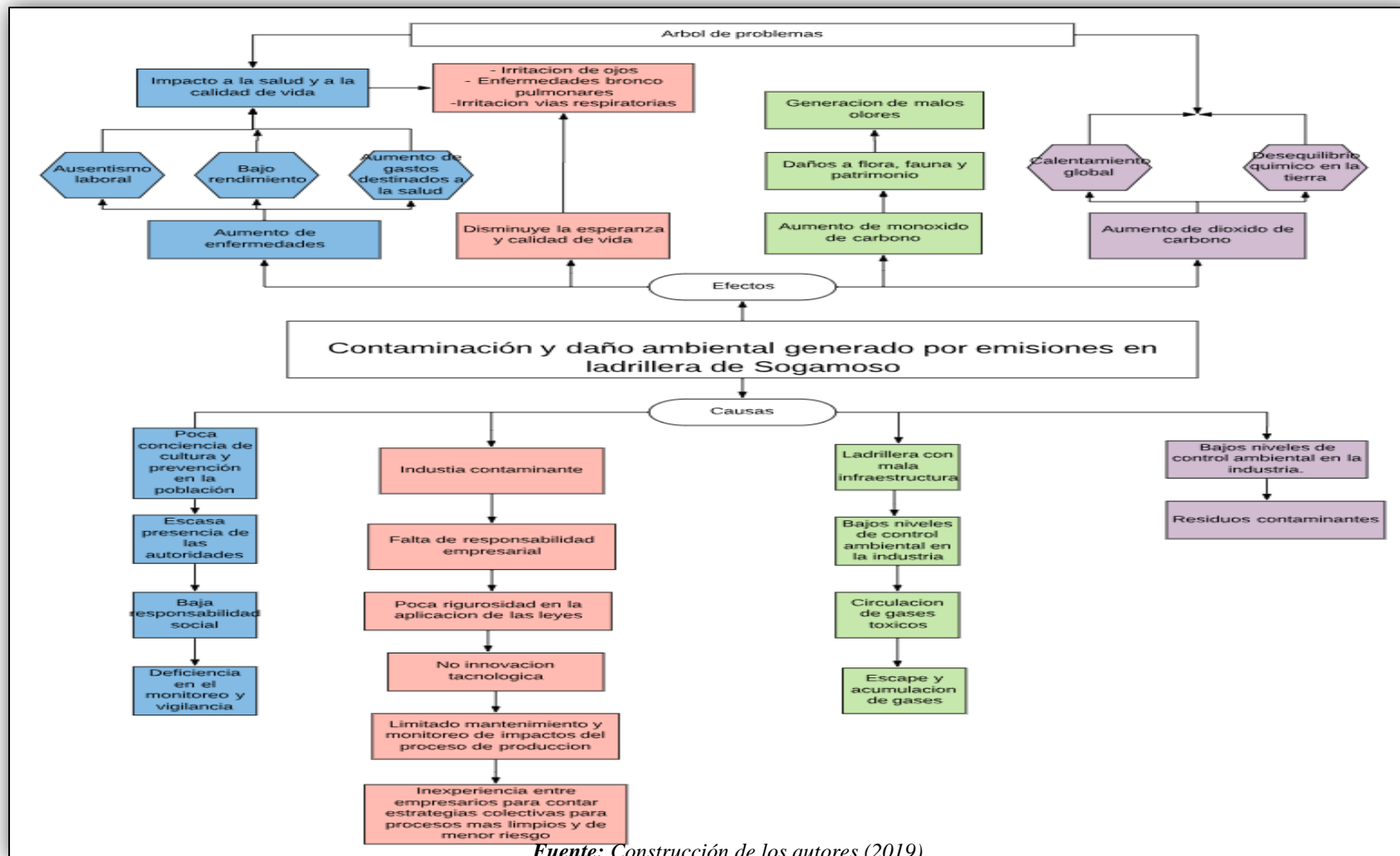


Fuente: Construcción de los autores (2019).

Árbol de Problemas

El árbol de problemas realizado (ilustración 20) nos permitió identificar las relaciones causa - efecto que se reconocieron en el proceso. Sobresalen como causas principales la tradición y dependencia de la actividad debido a que ésta se ha realizado a través de los años sin ningún tipo de mejoras, las cuales pudieron permitir la reducir los efectos negativos, entre estas causas tenemos, por ejemplo, la generación de emisiones de gases y el alto consumo de materia prima e insumos requeridos para el desarrollo del proceso productivo.

Ilustración 20. Árbol de problemas.



Haciendo mayor énfasis respecto del árbol de problemas, éste nos da a conocer la oportunidad de reducir con mayor precisión los efectos negativos de la situación actual en la que se encuentran la ladrillera Inalversog S.A.S del municipio de Sogamoso, lo que conlleva a plantear un análisis situacional profundo con el objeto de atacar las causas del principal problema que se presenta en el proceso de producción del ladrillo. El desglosamiento de este problema hace parte de la metodología para la definición de estrategias de producción más limpia dentro del sistema a partir de una planificación de una serie de actividades que permitan un mejoramiento ambiental, económico y social.

Análisis de la Matriz Leopold

Éste es un método de evaluación de impactos ambientales que se utiliza para evaluar impactos de diversas acciones que inciden sobre diferentes factores, también nos permite determinar un impacto total que tiene un determinado proyecto. Parafraseando a (Jaramillo Echeverry, 2014), el método consiste en la valoración de magnitud e impacto de cada cruce entre acciones y factores ambientales. Es muy útil en esta investigación teniendo en cuenta que permite valorar diferentes procesos de una actividad, como en este caso, los cuales son; el proceso minero y el trabajo ladrillero como tal.

La magnitud puede entenderse y medirse como cantidad o escala, mientras que el impacto puede entenderse como importancia. Es importante establecer que la determinación de magnitud e impacto pueden estar relacionadas, pero no indica que exista una correlación entre ellas.

La matriz se construye con; columnas de doble entrada, colocando acciones en las columnas y los factores en las filas. Posteriormente se debe identificar las interacciones que hay entre factores y acciones. (Jaramillo Echeverry, 2014).

Se evalúa las interacciones (cruces) utilizando tres parámetros: se indica un signo positivo o negativo si el impacto es benéfico o perjudicial respectivamente. Se evalúa en una ponderación de 1 a 5 (siendo 1 Muy baja, 2 Baja, 3 Moderada, 4 Alta, 5 Muy alta) la magnitud que corresponde al grado o nivel de alteración que sufre el factor ambiental a causa de una acción del proyecto. Por último, se evalúa con una ponderación de 1 a 5 (siendo 1: Sin, 2: Poco, 3: Moderadamente, 4: Importante y 5: Muy) la importancia que indica el peso relativo que el cual la acción influye sobre el factor ambiental, también este último, considera como el valor ponderal que da el peso relativo del impacto y hace

referencia a la relevancia del impacto sobre la calidad del medio y a la extensión o zona territorial afectada.

Posteriormente se realiza un sumatorio total de las valoraciones, obteniendo así un valor final, equivalente a una celda con la suma de todos los valores de magnitud y todos los valores de importancia.

Este resultado se divide por el número de factores afectados en el proyecto. Y, por último, se debe hacer un análisis de calificaciones obtenidas con base en un análisis numérico de las filas y las columnas (Ponce, S/A).

Tabla 13. Matriz Leopold.

MATRIZ LEOPOLD								
COMPONENTE	FACTORES	ACCIONES	PROCESO MINERO	OTROS - ACT ARTESANALES	EVALUACION			
TIERRA	Recursos mineros		3	4	3	4		
	Geomorfología		-3	2	-3	2		
ATMOSFERA	Clima			-4	2	-4	2	
	Calidad			-4	4	-4	4	
FLORA	Especies en peligro		-3	-2	1	-5	4	
FAUNA	Especies en peligro			-2	1	-2	1	
INTERES HUMANO NIVEL CULTURAL	Paisaje		-4	2		-4	2	
	Empleo			3	4	3	4	
PROCESOS	Erosión		-3	3		-3	3	
	Sumatoria de Evaluación		-10	14	-9	12	-19	26
						-3	4	

Importancia 
Magnitud 

Fuente: Construcción de los autores (2019).

El análisis de la matriz de Leopold, implementada en el proceso de investigación, indican los siguientes resultados: El componente más afectado es la atmosfera cuyos valores son -4/4 en los factores de calidad de aire y clima -4/2, indican una magnitud alta y alta, siendo la intensidad importante y baja, respectivamente. Seguido a este, se encuentran los compontes; flora, en su factor de especies en peligro y nivel cultural con su componente de nivel del empleo. Seguido a ello se encuentran componentes menos afectados tales como fauna, uso del territorio, estéticos y de interés humano y procesos. Por último, el componente menos afectado es el de suelo ya que el factor geomorfológico se compensa con el factor de recursos minerales.

Las acciones con mayor pertinacia son: procesos mineros, seguido de la actividad y, por último, pero también con una alta importancia y magnitud, la acción de procesos industriales.

El resultado final de la magnitud e intensidad de este caso es de -3/4, referente a una magnitud moderada y una intensidad importante.

El alcance del proyecto se limita al proceso de producción de ladrillos, por lo tanto el tema paisajístico esta por fuera, sin embargo merece una consideración.

Análisis de la Matriz DOFA

Otro instrumento de recolección de información implementado para el desarrollo de este proyecto permitió realizar un análisis de la empresa Inalversog S.A.S (atributos del sector) y (atributos del entorno) de la industria dedicada a la elaboración de ladrillo en área de estudio. Para esto se aplicó la matriz DOFA (Tabla 14), herramienta que permite identificar tanto las Debilidades y Fortalezas, las Oportunidades y Amenazas de una organización y del entorno en que se desarrolla la actividad.

De acuerdo con el análisis de la matriz DOFA, esta industria presenta varias fortalezas las cuales permiten aumentar la viabilidad del proyecto, pues existe un interés y conocimiento sobre la necesidad de realizar cambios estratégicos en sus procesos productivos con el fin de aumentar el desempeño económico y ambiental de sus organizaciones. Por otra parte, se presentan debilidades

como en toda organización, la falta del título minero para la explotación de la materia prima, entre otras, poniendo así en riesgo la competitividad de su industria y generando el cese de sus actividades comerciales.

Sin embargo, también es posible identificar las oportunidades que presenta la industria ladrillera gracias al acelerado crecimiento de mercados nacionales e internacionales y el interés de las diferentes entidades por realizar inversiones en el sector a mediano plazo, lo que permitiría un aumento sustancial de las utilidades de las empresas incluyendo a la ladrillera Inalversog S.A.S. Las amenazas pueden ser controladas teniendo en cuenta como un aporte supremamente valioso que este proyecto busca priorizar las oportunidades de producción más limpia por medio de la implementación de buenas prácticas y tecnologías limpias que permitan mejoras en el proceso productivo, brindando así una mayor competitividad y un reconocimiento de las empresas a nivel nacional.

Los beneficios que obtenemos de esta matriz son:

- Analizar los resultados generados del diagnóstico.
- Conocer con claridad cuáles son las fortalezas y debilidades de la empresa.
- Ayuda a examinar y a medir el buen funcionamiento de la empresa.
- Determinar cuáles son las oportunidades y amenazas que puede llegar a tener la empresa.

Tabla 14. Matriz DOFA.

FORTALEZAS	DEBILIDADES	OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> - Variedad de proveedores de combustible favorable a nuestra región, que garantizan su fácil adquisición. - Alto rendimiento en la producción a un bajo costo. 	<ul style="list-style-type: none"> - En el proceso de combustión, se generan escorias, inquemados y otros remanentes como la ceniza, la cual reduce el poder calorífico y la eficiencia de los hornos. - Elevados costos de 	<ul style="list-style-type: none"> - Crecimiento de la capacidad productiva en las empresas ladrilleras. - Acelerado crecimiento del sector de la construcción. - Competitividad ambiental empresarial. 	<ul style="list-style-type: none"> - Origina gases que contaminan el ambiente y resultan tóxicos para el hombre como: <ul style="list-style-type: none"> • Óxido de azufre. • Monóxido de carbón. • Óxido de nitrógeno - Estricto marco

<ul style="list-style-type: none"> - Conocimiento sobre la necesidad de cambios estratégicos en el sistema productivo del Ladrillo. - Estimulación de la oferta de empleo de la comunidad del sector. - Cuenta con un horno de muy buena tecnología y muy reciente. 	<p>materias primas e insumos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alta demanda de carbón como fuente energética del proceso de cocción. - Disminución en la calidad y cantidad de los recursos naturales. - Bajo nivel de competitividad y producción. - No son propietarios de la tierra donde está ubicada la empresa Inalversog S.A.S 	<ul style="list-style-type: none"> - Implementación de buenas prácticas productivas. - Reducción de costos por aumento de la eficiencia de los procesos. - Apoyo y seguimiento de los proyectos formulados por parte de las entidades ambientales. - Certificaciones de calidad. 	<p>regulatorio para la operación de las empresas.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Obtención de títulos mineros para la extracción de la materia prima. - Estricto marco regulatorio para la operación de las empresas. - No cuentan con un punto de extracción de materia prima.
--	---	--	--

Fuente: Recopilada por: Construcción de los autores (2019).

Tabla 15. Cruce de estrategias.

Estrategias	
<p style="text-align: center;">Fortalezas – Oportunidades</p> <ul style="list-style-type: none"> • Combustible favorable para un incremento de la capacidad productiva de la empresa • Alto rendimiento en la producción acelerando el crecimiento del sector de la construcción. • Cambios estratégicos en la producción de ladrillo para reducir los costos aumentando la eficiencia en los procesos. 	<p style="text-align: center;">Debilidades – Oportunidades</p> <ul style="list-style-type: none"> • Minimizar el proceso de combustión que generen cenizas y de más, aumentando la capacidad productiva del sector ladrillero. • Reducir los costos de materias primas e insumos aprovechando la implementación de buenas prácticas productivas.
<p style="text-align: center;">Fortalezas – Amenazas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aumentar los cambios estratégicos en el sistema productivo para lograr obtener un título minero. • Fortalecer el rendimiento de la producción para minimizar las emisiones de gases contaminantes. 	<p style="text-align: center;">Debilidades – Amenazas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Disminución en la calidad y los recursos naturales evitando la obtención de un título minero. • Minimizar la alta demanda de carbón como fuente de energía para evitar los gases contaminantes que resultan tóxicos para el hombre y el ambiente.

Fuente: Construcción de los autores (2019).

Análisis de balance. Con el objeto de continuar con la identificación de los impactos negativos e ineficiencias durante el proceso para la elaboración de ladrillo o bloque, se realizó el Ecobalance para la actividad de cocción, ya que teniendo en cuenta el Ecomapa (Figura 19) es el área más crítica en el proceso, razón por la que requiere una profundización en el análisis de las deficiencias presentadas por acción de este proceso.

Con base a lo anterior se identificaron y analizaron las diferentes entradas que están compuestas por la materia prima que ingresa al sistema de cocción del ladrillo, las salidas que representan los residuos ocasionados y el producto final a obtener que para este caso es el Bloque.

A continuación, se da la representación matemática de los datos obtenidos en el Ecobalance realizado para la elaboración de una unidad de bloque, ya que esto permitirá proyectar al número de unidades que aproximadamente se producen por quema en la empresa Inalversog S.A.S.

Para el caso de la materia prima que ingresa al sistema, se determinó inicialmente que según los datos bibliográficos presentes en el estudio de análisis del ciclo de vida del ladrillo y ladrillos de concreto en San Jerónimo – Cusco para un ladrillo con un volumen de 2208 cm^3 se requiere lo establecido a continuación.

Tabla 16. Materia prima del ladrillo con un volumen de 2208 cm^3 .

Materia Prima	Cantidad (Kg/Ladrillo)
Arcilla	3,08
Agua	0,36

Fuente: Construcción de los autores (2019), con base en datos obtenidos de Pontificia Universidad Católica del Perú (2012).

Es posible obtener los valores específicos de la materia prima para el proceso de cocción, como se observa en la tabla 17.

Tabla 17. Materia prima para el proceso de cocción.

Materia Prima	Cantidad (Kg/Ladrillo)
Arcilla	1,88
Agua	0,32

Fuente: Construcción de los autores (2019), con base en datos obtenidos de Pontificia Universidad Católica del Perú (2012).

En cuanto a las salidas del proceso de cocción se plasmaron inicialmente las emisiones producidas para la producción de un bloque considerando los datos aproximados del consumo de combustible y emisiones por cada quema realizada, como se observa en la Tabla 18.

Tabla 18. Composición del carbón.

Composición del carbón en %		Fracción másica
Carbono	66,41	0,6641
Hidrogeno	5,04	0,0504
Azufre	1,4	0,014
Oxigeno	10,19	0,1019

Fuente: Construcción de los autores (2019). Con base en datos obtenidos de Ecocarbón, & Universidad Pontificia Bolivariana (1998)

- **Carbono.** Forma compuestos orgánicos aromáticos y alifáticos. Su valor se utiliza para el cálculo de balances térmicos. El análisis de carbono incluye el carbono fijo y el contenido de carbono en los volátiles. En combustión completa, todo el carbono se transforma en CO.
- **Hidrogeno.** Se encuentra presente en el carbono formando compuestos orgánicos volátiles y alifáticos, en los hidratos y en los silicatos, y en la humedad disminuye con el grado de carbonificación. Todo el hidrogeno presente en el carbono se oxida a H₂O, y se presenta como vapor en los gases de combustión.
- **Azufre.** Se encuentra formando parte constitutiva de los minerales y como compuesto orgánico.

- **Oxígeno.** Se encuentra combinado orgánicamente y en compuestos inorgánicos, tales como agua, silicatos, carbonatos, óxidos y sulfatos. El contenido de oxígeno sirve como una medida de rango del carbón. Carbones de bajo rango contienen mayor proporción de oxígeno que carbones de alto rango.

De acuerdo con el análisis último realizado por la UPME el cual proporciona la información sobre el contenido de cada elemento que compone el carbón y con base a las reacciones globales de la combustión de carbones descritas en las ecuaciones anteriores, las cuales corresponden a las reacciones estequiométricas completas, se consiguió establecer la relación que existe entre cada una de estas y la cantidad de aire requerido para que se dé el proceso de combustión.

Dicho lo anterior y de acuerdo con las reacciones globales de combustión se deducen las siguientes ecuaciones para la determinación de la cantidad de aire requerido teniendo en cuenta que:

- Por cada kilogramo de carbono son necesarios 2.66 kilogramos de oxígeno.

$$\text{Reacción Carbono} = 0,6641 \frac{\text{Kg Carbono}}{\text{Kg Carbón}} \times 2,66 \frac{\text{Kg Oxígeno}}{\text{Kg Carbono}} \times \frac{1 \text{ Kg Aire}}{0,233 \text{ Kg Oxígeno}}$$

- Por cada kilogramo de hidrógeno son necesarios 8 kilogramos de oxígeno.

$$\text{Reacción Hidrógeno} = 0,0504 \frac{\text{Kg Hidrógeno}}{\text{Kg Carbón}} \times 8,00 \frac{\text{Kg Oxígeno}}{\text{Kg Hidrógeno}} \times \frac{1 \text{ Kg Aire}}{0,233 \text{ Kg Oxígeno}}$$

- Por cada kilogramo de azufre son necesarios 2 kilogramos de oxígeno.

$$\text{Reacción Azufre} = 0,014 \frac{\text{Kg Azufre}}{\text{Kg Carbón}} \times 2,00 \frac{\text{Kg Oxígeno}}{\text{Kg Azufre}} \times \frac{1 \text{ Kg Aire}}{0,233 \text{ Kg Oxígeno}}$$

- Para este caso y teniendo en cuenta que el oxígeno es un aporte no existe un requerimiento de aire.

$$\text{Reacción Oxígeno} = 0,1019 \frac{\text{Kg Oxígeno}}{\text{Kg Carbón}} \times \frac{1 \text{ Kg Aire}}{0,233 \text{ Kg Oxígeno}}$$

Con las correspondientes ecuaciones planteadas se prosiguió a la cuantificación del aire requerido, proceso que se plasma en la (tabla 19).

Tabla 19. Cantidad del aire.

Cantidad de aire (Kg carbón / Kg Carón)	Reacción
7,5815	Carbono
1,7304	Hidrogeno
0,0120	Azufre
0,4373	Oxigeno
9,7612	Total

Fuente: Construcción de los autores (2019).

En razón de lo anterior se prosiguió con la determinación del exceso de aire el cual según lo plantado por la UPME no debería ser muy grande puesto que se pierde mucha energía del carbón calentando el nitrógeno del aire, por lo que este se escapa sin ningún tipo de aprovechamiento. Sin embargo, para la empresa Inalversog S.A.S Es recomendable utilizar un exceso de aproximadamente del 45% debido a las características específicas de la cocción de los ladrillos (ECOCARBON & UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA, 1998).

Por consiguiente, se efectuó el cálculo del exceso de aire con las especificaciones ya mencionadas y con base a esto se determinó la cantidad de aire para una unidad de ladrillo ya que esta es la cantidad de entrada a usar para el Ecobalance (tabla 20).

Tabla 20. Exceso de aire.

Kg Aire / Kg Carbón	Exceso de aire	Aire requerido por unidad a fabricar
9,7612	4,39	1,13

Fuente: Construcción de los autores (2019).

Revisando los datos promedio de las emisiones y consumo de combustible en la actividad de cocción para una quema, se procedió a realizar el cálculo del consumo de combustible (Kg/pieza de bloque) y la emisión por contaminante (Kg/pieza de bloque) teniendo en cuenta que para la producción

de aproximadamente 72000 ladrillos es necesario emplear 12500 kilogramos de combustible que para este caso es carbón, razón por la cual se plantea la siguiente relación.

$$\text{Consumo de Carbón} \left(\frac{\text{Kg Carbón}}{\text{Pieza de bloque}} \right) = \frac{1 \text{ bloque} * 12500 \text{ Kg de Carbón}}{72000 \text{ ladrillos}}$$

$$\text{Consumo de Carbón } 0,17 \frac{\text{Kg}}{\text{Pieza de bloque}}$$

Con base en la anterior ecuación fue posible determinar teóricamente las emisiones de los contaminantes evaluados anteriormente para una pieza de ladrillo como se observa en la Tabla 21.

Cuantificación de las emisiones de gases contaminantes (Pm, SO₂, NO_x) producidas por las ladrillas ubicadas en el Sector el Plan.

A fin de cuantificar la producción de los gases contaminantes PM₁₀, NO_x, SO₂ y en la ladrillera Inalversog S.A.S y teniendo en cuenta que en el alcance de este proyecto se estableció hacer uso de información secundaria brindada directamente de los constantes contactos con la CAR y CAEM debido a que existieron impedimentos técnicos de contar con equipos que realizaran la medición directa.

Los valores descritos en la Tabla 19 evidencian el uso de los factores de emisión planteados por la EPA conexos a la producción de ladrillo sin ningún tipo de sistema de control como es el caso del proceso productivo realizado en la empresa. Asimismo, se muestra el otro tipo de factores de emisión, los cuales pertenecen a una hoja de cálculo desarrollada por el Ministerio de Ambiente (Piñeros & Rodríguez, 2008) para el horno Hoffman en la empresa Inalversog S.A.S.

Tabla 21. Factores de emisión.

Contaminante	P M	PM1 0	N Ox	SO 2
Factor de Emisión EPA	1, 8	1,10	0,3 5	0,6 1
Factor de Emisión Ministerio de Ambiente	-	32,0 4	8,3 7	14, 68
Calculo Factor Emisión	-	19,5 8	2,9 2	8,9 5

Fuente: Construcción de los autores (2019).

A continuación, se establece el cálculo de las emisiones de los gases anteriormente citados según los datos obtenidos del consumo de combustible en el proceso productivo para elaboración de ladrillo de la empresa Inalversog S.A.S, dicha cuantificación está determinada en las unidades de Kg Contaminante/ Mes y Kg Contaminante/ año.

Igualmente es de resaltar que esta metodología de cálculo fue tomada de un trabajo de grado para la evaluación de la calidad del aire en Nemocón el cual se desarrolló con el acompañamiento de la Corporación Autónoma de Cundinamarca. La mencionada metodología se basa en una correlación matemática entre los factores de emisión planteados por el ministerio de ambiente y la EPA con el fin de determinar las fracciones de cada uno de los contaminantes lo cual se observa en las siguientes fórmulas (Piñeros & Rodríguez, 2008).

$$\text{Factor de Emisión PM10} = \frac{FE\ EPA\ PM10}{FE\ EPA\ PM} * FE\ M.\ Ambiente \text{ (Piñeros \& Rodríguez, 2008)}$$

$$\text{Factor de Emisión PM10} = \frac{1,10}{1,8} * 32,04$$

$$\text{Factor de Emisión PM10} = 19,58$$

$$\text{Factor de Emisión NOx} = FE\ EPA\ NOx * FE\ M.\ Ambiente\ NOx$$

(Piñeros & Rodríguez, 2008)

$$\text{Factor de Emisión NOx} = 0,35 * 8,37$$

$$\text{Factor de Emisión NOx} = 2,92$$

$$\text{Factor de Emisión SO2} = \text{FE EPA SO2} * \text{FE M. Ambiente SO2}$$

(Piñeros & Rodríguez, 2008)

$$\text{Factor de Emisión SO2} = 0,61 * 14,68$$

$$\text{Factor de Emisión SO2} = 8,95$$

Tabla 22. Factor de Emisión Pm10.

Consumo de carbón (Ton)	Consumo de carbón (Ton/Año)	Factor emisión de (Kg de emisión PM10/Ton consumida de Carbón)	Emisión PM10 (Kg/Año)	Emisión PM10 (Kg)
12,5	600	19,58	11,748	244,75

Fuente: Construcción de los autores (2019).

Tabla 23. Factor de Emisión NOx.

Consumo de carbón (Ton)	Consumo de carbón (Ton/Año)	Factor emisión de (Kg de emisión NOx/Ton consumida de Carbón)	Emisión NOx (Kg/Año)	Emisión NOx (Kg)
12,5	600	2,92	1,752	36,5

Fuente: Construcción de los autores (2019).

Tabla 24. Factor de Emisión Pm SO2.

Consumo de carbón (Ton)	Consumo de carbón (Ton/Año)	Factor emisión de SO2/Ton consumida de Carbón (Kg de)	Emisión SO2 (Kg/Año)	Emisión SO2 (Kg)
12,5	600	8,95	5,370	111,875

Fuente: Construcción de los autores (2019).

Los anteriores cálculos realizados por medio de factores de emisión permitieron relacionar directamente la cantidad emitida de cada uno de los tres contaminantes evaluados con el consumo de combustible (carbón) del horno analizado en la empresa Inalversog S.A.S, los diferentes valores obtenidos representan un promedio de las tasas de emisión que se producen en el proceso de cocción del horno.

De los factores de emisión no hay error al usarlos puesto que no se dispone de datos primarios, no obstante, su se pueden precisar las limitaciones de su uso y hacer la claridad de que no fue posible hacer mediciones y de paso la empresa no nos facilitó nos isosineticos.

Tabla 25. Datos de consumo de combustible y emisiones por pieza de ladrillo.

Datos de consumo de combustible y emisiones por pieza de ladrillo	
Consumo de Carbón (Kg/pieza)	0,17
Emisiones PM10 (Kg/pieza)	0,003
Emisiones SO ₂ (Kg/pieza)	0,0005
Emisiones NOx (Kg/pieza)	0,001

Fuente: Construcción de los autores (2019).

En cuanto a las salidas del proceso de cocción se plasmaron inicialmente las emisiones producidas para la producción de un ladrillo considerando los datos aproximados del consumo de combustible y emisiones por cada quema realizada, como se observa en la (tabla 25).

Tabla 26. Datos promedio del consumo de combustible y las emisiones producidas.

Datos promedio del consumo de combustible y las emisiones producidas.	
Consumo Combustible (Ton)	12,5
Total de Piezas / Horneada	72000
Emisiones PM10 (Ton/Kg)	244,75
Emisiones SO ₂ (Ton/Kg)	36,5
Emisiones NOx (Ton/Kg)	111.875

Fuente: Construcción de los autores (2019).

Para culminar con las salidas del proceso de cocción se definió la cantidad de residuos sólidos generados en este proceso. Y por medio de la información recolectada a través de la administradora Nelcy (administradora de la empresa Inalversog S.A.S) manifestó que en su mayoría estos residuos se componen de una cantidad de ceniza y otra de chamote que se define como el polvo residual que se obtiene de los ladrillos defectuosos derivados del proceso. (Lozano Ortíz & González Peláez, 2016).

Tabla 27. Cantidad de residuos sólidos.

Cantidad de residuos solidos	
Cenizas (Kg)	0,16
Chamote (Kg)	0,64

Fuente: Construcción de los autores (2019).

Tabla 28. Entradas y salidas.

Entradas	Cantidad (Kg)	Salidas	Cantidad (Kg)
Arcilla	3,08	Emisiones PM10	0,003
Agua	0,36	Emisiones SO2	0,0005
Aire	1,13	Exceso de aire	0,56
Carbón	0,17	Emisiones NOx	0,001
		Cenizas	0,16
		Chamote	0,64
		Vapor de Agua	0,5

		Bloque	2,2
Total	4,74 Kg	Total	4,06 Kg

Fuente: Construcción de los autores (2019).

El cálculo de la eficiencia para la materia prima especificado mediante la siguiente fórmula, se determina de la relación que existe entre la materia prima presente arcilla y agua en la entrada del proceso con los residuos derivados tras el desarrollo del mismo, igualmente cabe resaltar que las entradas de carbón no se tienen en cuenta como materia prima ya que son considerados insumos para el proceso productivo.

$$Eficiencia = \frac{Materia\ Prima - Residuos\ (Chamote)}{Materia\ Prima}$$

$$Eficiencia = \frac{2,2\ Kg\ Materia\ Prima - 0,64\ Kg\ Residuos\ (Chamote)}{2,2\ Materia\ Prima} * 100$$



Composición. Ver en la Tabla 16. Materia prima y Tabla 22. Residuos solidos

Tabla 29. Eficiencia del proceso.

Eficiencia del Proceso
70,1 %

Fuente: Construcción de los autores (2019).

Tabla 30. Ineficiencia del proceso.

$$\text{Ineficiencia} = 100\% - 70,1\%$$

$$\text{Ineficiencia} = 29,9\%$$

Ineficiencia del Proceso
29,9 %

Fuente: Construcción de los autores (2019).

Eficiencia global

$$\text{Eficiencia global} = \frac{\text{Entradas totales} - \text{Residuos totales}}{\text{Entradas totales}}$$

$$\text{Eficiencia global} = \frac{4,74 \text{ Entradas totales} - 1,46 \text{ Residuos totales}}{4,74 \text{ Entradas totales}} \times 100$$

Tabla 31. Eficiencia global.

Eficiencia global
69,2 %

Fuente: Construcción de los autores (2019).

Tabla 32. Ineficiencia global.

$$\text{Ineficiencia} = 100\% - 69,2\%$$

$$\text{Ineficiencia} = 30,8\%$$

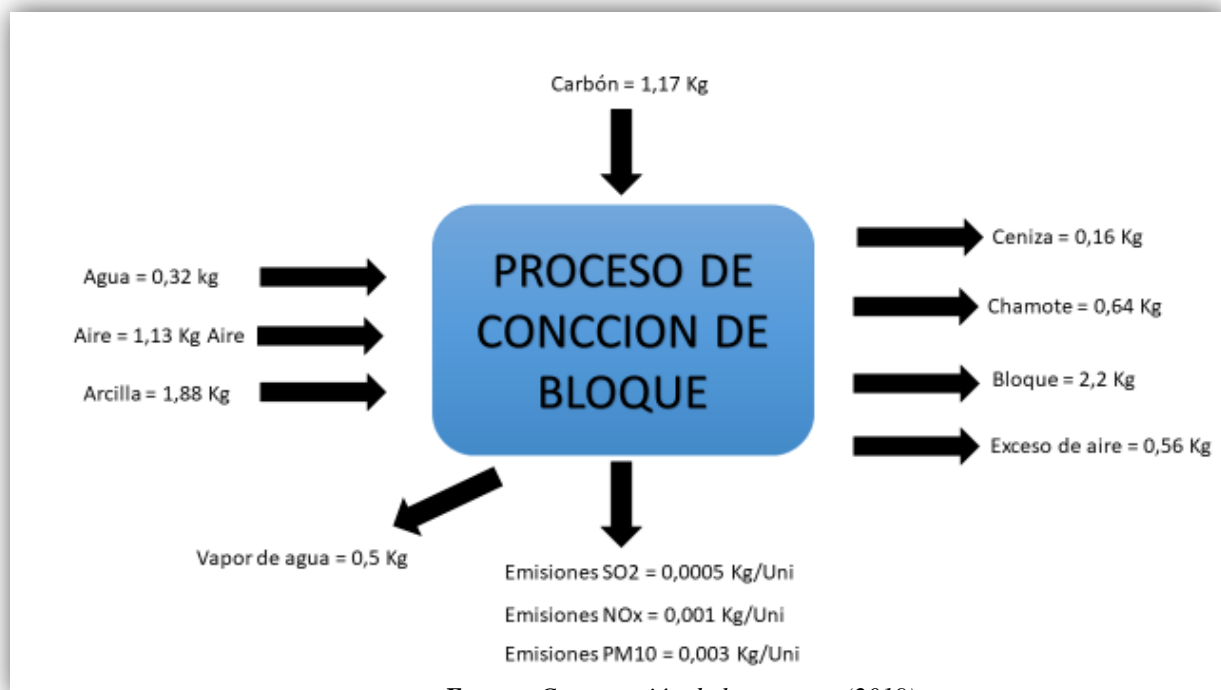
Ineficiencia global
17,3 %

Fuente: Construcción de los autores (2019).

En el caso de la empresa Inalversog S.A.S y según el valor obtenido de la eficiencia del proceso de cocción para la elaboración de ladrillo se puede considerar que es medianamente alta, basados en que la eficiencia de un proceso se trata de utilizar los recursos racionalmente, aprovechando los potenciales existentes en el desarrollo de la actividad, trayendo consigo una máxima productividad con costos de producción mínimos y alta rentabilidad para la empresa. Lo anterior debido a que para evaluar la eficiencia no se debe considerar únicamente la materia energética, sino que es necesario que en toda la cadena del proceso de la elaboración del ladrillo se reduzca costos, residuos y consumos con el objeto de optimizarlo.

Luego de esto se podrá establecer una asistencia técnica en los trabajadores del proceso es fundamental, ya que con esta se pueden fundar conocimientos técnicos para cada una de las actividades que se desarrollan en la empresa Inalversog S.A.S encaminando de esta manera el sistema de producción a un modelo ambiental, económico y productivo que le permita desarrollarse de forma competitiva en un nuevo mercado en el mediano y largo plazo.

Ilustración 21. Ecobalance del proceso de cocción de bloque.



18. Identificación de oportunidades de Producción Más Limpia

De acuerdo con el análisis presentado y el contexto actual del sector ladrillero en el municipio de Sogamoso, se identificaron aspectos que reconocen la búsqueda de alternativas eficientes para mejorar el desempeño ambiental y a su vez lograr la competitividad de la empresa por medio del concepto de Producción Más Limpia (PML), permitiendo así optimizar el consumo de materias primas e insumos, lo que tiene como efecto directo la reducción de costos operativos y de producción en el proceso de la elaboración de bloque.

En este sentido, el enfoque de las oportunidades de mejora para los procesos de las ladrilleras artesanales se hace desde la puesta en práctica de la Producción Más Limpia teniendo como base los siguientes componentes:

- Buenas Prácticas Operativas
- Mejoras Operativas de los Procesos Productivos
- Implementación de tecnologías limpias

Análisis de Oportunidades de PML

El análisis de las oportunidades de Producción Más Limpia se realiza por medio de un estudio de alternativas, la cual es una herramienta que nos permite evaluar para el caso de este proyecto aquellas enfocadas a la transformación productiva para un mejor desempeño ambiental, comparando los aspectos técnicos, ecológicos, económicos y sociales. Con el fin de proponer una propuesta individual a través de la evaluación de alternativas.

La finalidad de algunas alternativas para aplicar PML en la empresa Inalversog S.A.S, es considerar todas las ventajas tanto económicas como ambientales las cuales tendrían relevancia en los cambios generados en dicha actividad. Estas ventajas se muestran en ahorro de insumos, combustibles, materias primas, disminución de pérdida de productos, mejoramiento de la calidad de los mismos, entre otros, y, además, en disminución y/o control de los impactos ambientales ocasionados, lo que resalta un buen desempeño ambiental y cumplimiento de la normatividad vigente.

Análisis de Alternativas

Las alternativas encontradas tienden a la información obtenida por el diagnóstico inicial de la empresa, la Matriz Leopold nos muestra que el aire es uno de las más impactadas por la industria alfarera y es por eso que se plantea una solución en el horno Hoffman que reduzca las emisiones al lograr hacer más eficiente la combustión a través de un ventilador mecánico.

El punto crítico encontrado a través del ecomapa es el horno, es por esta razón que se plantean soluciones en el horno como, el ventilador mecánico y el aislamiento térmico ya que ambas soluciones atienden el principal impacto en el aire y son en el horno que es el punto crítico.

Alternativa 1. Mejora de aislamiento térmico para el horno

La eficiencia de los hornos puede mejorar con el uso de sistemas adecuados de aislamiento térmico, buscando reducir las pérdidas de calor por radiación y convección en las paredes y el techo del horno. Estas pérdidas pueden alcanzar porcentajes de hasta 30% de la energía térmica total suministrada a través de la quema de combustible EELA. (2015).

El aislamiento térmico se consigue con el empleo de capas externas de ladrillos aislantes después de las capas internas de refractarios. En algunos hornos también pueden emplearse mantas y coberturas de fibra cerámica al interior del horno, principalmente en aquellos donde no hay contacto físico con empleados y materiales EELA. (2015).

Finalmente, el dimensionamiento adecuado de las paredes y el perfecto sellado de puertas y hornillas también contribuyen a una mayor economía de la energía. La economía conseguida por el uso de material aislante apropiado es bastante variable, pero puede representar entre 5 a 12% del consumo de combustible EELA. (2015).

Alternativa 2. Ventilador mecánico

Mejoramiento del proceso de cocción, mediante la optimización de la combustión, del consumo de carbón y del proceso de pre - secado. Esta alternativa podría lograrse con la implementación de un ventilador mecánico, diseñado con especificaciones apropiadas a las dimensiones del horno tipo Hoffman cumplimiento de la normatividad ambiental. La tecnología de este tipo de ventilador permitiría mejor uso del calor, minimizar la cantidad de carbón usado durante el proceso de cocción, debido a que este ventilador hace que el sistema de combustión sea más eficiente, la inclusión de sistemas de suministro del carbón pulverizado para hacer más eficiente su aprovechamiento, provisión de oxígeno al proceso de combustión, así como una salida controlada de emisiones a la atmósfera.

19. Objetivo 3. Formular proyecto (s) para aprovechar las oportunidades de transformación productiva y su desempeño ambiental.

Mejoría de aislamiento térmico

La eficiencia del horno puede mejorar con el uso de sistemas adecuados de aislamiento térmico, buscando reducir las pérdidas de calor por radiación y convección en las paredes y el techo del horno. Estas pérdidas pueden alcanzar porcentajes de hasta 30% de la energía térmica total suministrada a través de la quema de combustible.

El aislamiento térmico también es utilizado con las siguientes finalidades:

- 1- Controlar la transferencia de calor.
- 2- Controlar la temperatura.
- 3- Retardar el enfriamiento.
- 4- Proteger contra incendio.
- 5- Controlar el fuego.
- 6- Conservar la Energía

El aislamiento térmico se consigue con el empleo de capas externas de ladrillos aislantes después de las capas internas de refractarios. En el horno también pueden emplearse mantas y coberturas de fibra cerámica al interior del horno.

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES AISLANTES

- 1- Bajo coeficiente de conductividad térmica (k): Cuanto menor es "k", menor será el espesor necesario para una misma capacidad aislante.
- 2- Baja masa específica Con el fin de reducir las sollicitaciones mecánica sobre la estructura del equipo aislado, un aislante de baja densidad presenta un menor almacenamiento de calor durante el calentamiento del equipo
- 3- Resistencia mecánica compatible con el uso. El aislamiento debe ser dimensionado para soportar las sollicitaciones mecánicas normales de su operación, sin deformarse.

VENTAJAS Y BENEFICIOS DEL AISLAMIENTO TÉRMICO

- 1- Bajo coeficiente de conductividad térmica
- 2- Bajo peso por unidad de volumen.
- 3- Resistencia mecánica compatible con el uso.
- 4- No es combustible (no propaga la llama)
- 5- Estabilidad química y física.
- 6- Resistencia al choque térmico
- 7- Baja capacidad de almacenamiento de calor
- 8- Posee alta resiliencia
- 9- Productos 100% libres de asbesto
- 10- No contienen Cromo

LA FIBRA CERAMICA COMO AISLAMIENTO TERMICO Y REFRACTARIO PARA ALTA TEMPERATURA

Es un producto fabricado a partir de alúmina y sílices de alta pureza fundidas a 2200°C. Se forman así fibras de apariencia similar al algodón, que sirven para conformar los aislamientos térmicos de alta temperatura y pueden ser expuestas a temperaturas hasta de 1600°C

FIBRA CERÁMICA SOBRE REFRACTÁRIOS VENTAJAS

- 1- Fácil instalación.
- 2- No es necesario la remoción del concreto.
- 3- Reducción del calor almacenado y perdido.
- 4- Bajo costo DESVENTAJAS
- 5- Aumenta el espesor del aislamiento.
- 6- Baja resistencia a la abrasión.
- 7- Preparación de la superficie.
- 8- Reducción del volumen de la cámara.

Ilustración 22. Fibra cerámica



Fuente: Ladrillera Inalversog S.A.S. Álbum: registro de los autores. Imagen registrada 19/03/2019

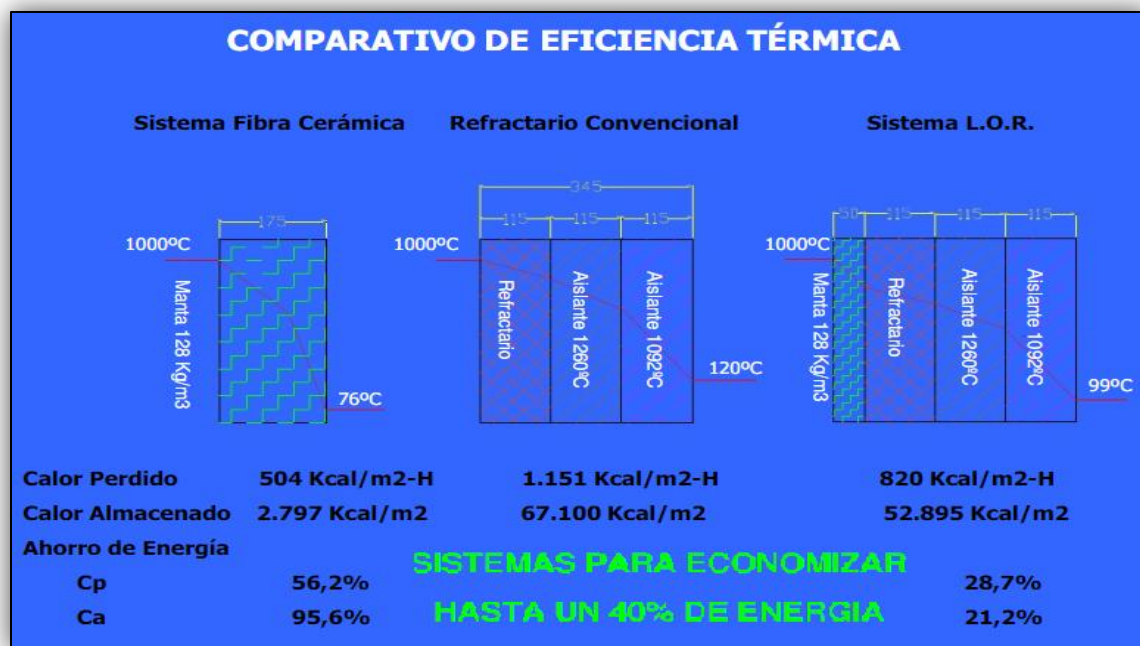
Fuente: Tomado de INMAICO S.A.S



Fuente: Tomado de INMAICO S.A.S

A continuación se presenta un comparativo de eficiencia térmica de acuerdo a cada uno de los sistemas

Ilustración 23. Comparativo de eficiencia térmica.



Fuente: Tomado de INMAICO S.A.S

LOS LADRILLOS AISLANTES

Los ladrillos aislantes son considerados como aislantes térmicos debido a que impiden el equilibrio térmico entre dos superficies. Dicho, en otros términos, los ladrillos aislantes tienen la capacidad de inhibir la conducción térmica.

Ladrillos La función básica de los ladrillos aislantes, como la de todos los aislantes térmicos, es impedir la pérdida o ganancia de calor en un sistema específico. Ventajas de los ladrillos aislantes Las principales ventajas que ofrece el uso de ladrillos aislantes son:

- 1- Ofrecen mínima y hasta nula conductividad térmica.
- 2- Permiten construir estructuras resistentes, como los ladrillos normales.
- 3- Permiten conservar la temperatura interna de la estructura que se construye con ellos.
- 4- Facilitan el ahorro de energía

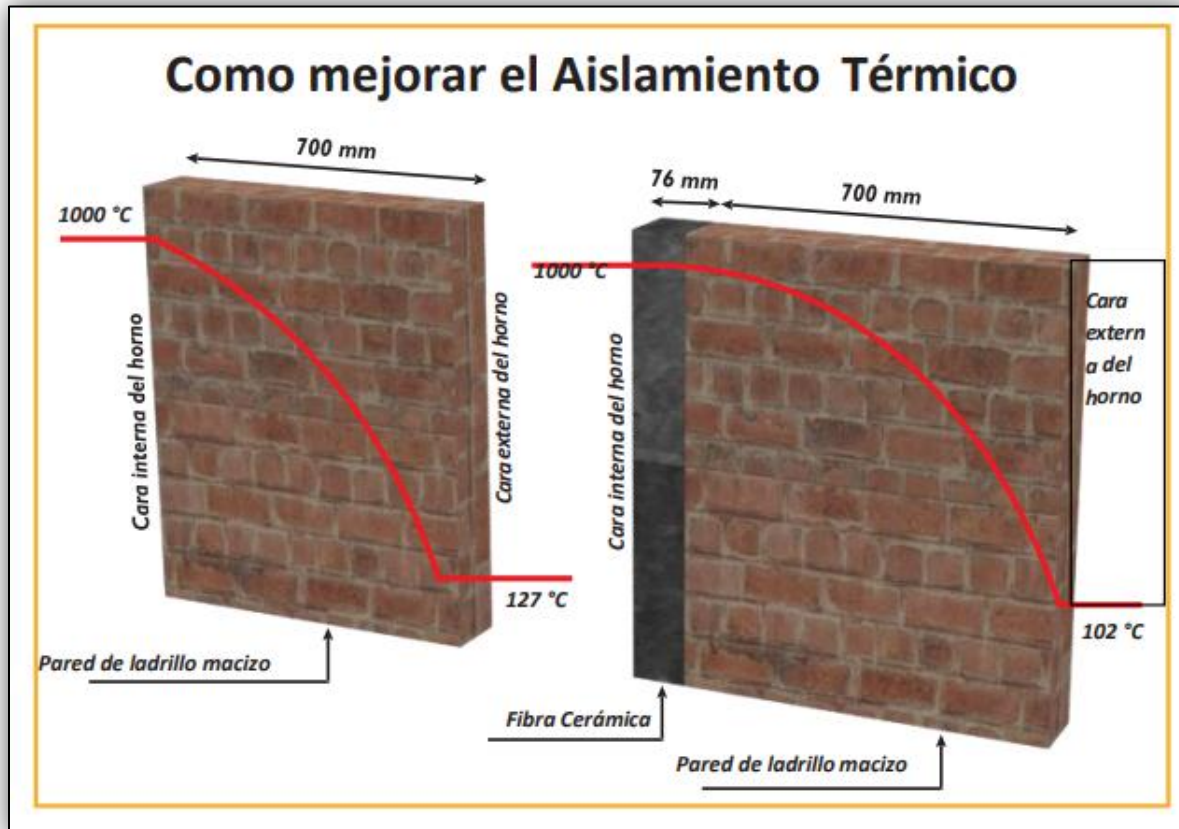
Ilustración 24. Ladrillos aislantes.



Fuente: Tomado de polimex S.A

A continuación, se presenta un esquema de cómo mejorar el aislamiento térmico en la siguiente imagen.

Ilustración 25. Mejoramiento del aislamiento térmico.



Fuente: Redladrillera

Finalmente, el dimensionamiento adecuado de las paredes y el perfecto sellado de puertas y hornillas también contribuyen a una mayor economía de la energía. La economía conseguida por el uso de material aislante apropiado es bastante variable, pero puede representar entre 5 a 12% del consumo de combustible.

Ventilador mecánico

Para el desarrollo de este proceso de formulación de proyectos, se tomó como referencia una alternativa en especial con el fin de brindar soluciones con la implementación de un ventilador para el horno ladrillero, que posee una mayor eficiencia.

A continuación, con base en el análisis de alternativas, realizado en el acápite anterior para ser implementado en la empresa Inalversog S.A.S. se optó por elegir dicha alternativa de proyectos de la que surgió como propuesta, la adopción del ventilador como propuesta para que desde el área administrativa de la empresa plantee optar por su uso.

Datos del ventilador

- Para los productores, se recomendó un ventilador centrífugo con rotor de aspas curvadas hacia delante, este tipo de ventiladores trabajan a relativa baja velocidad y se usan para mover grandes cantidades de aire a una presión estática relativamente pequeña.
- La potencia del ventilador debe ser (0,75 – 1) Hp y las revoluciones del motor (1300 – 1500) rpm.
- Para lograr trabajar con motores de menor potencia y ser más efectivos estos ventiladores tienen dos bocas: una libre y en la otra se pone el motor con carcasa ranurada logrando un enfriamiento forzado del motor sin utilizar energía.
- Se debe regular el flujo de aire del ventilador, teniendo en cuenta que la velocidad nominal de aumento de la temperatura no es uniforme debido a las necesidades del proceso, en algunos lugares utilizan variadores de frecuencia con momento constante, a partir de éste trabajo de investigación recomendamos un regulador tipo mariposa “dámper” en la boca libre de entrada de aire del ventilador.
- En la boca de salida de aire del ventilador se coloca un difusor tipo “Y” con transiciones cuadrado – redondas para acoplar tubos de PVC $\Phi 4$ ” del tipo drenaje (de paredes delgadas) que sirven con codos a 45° para distribuir el aire a ambos lados del horno.
- Para llegar a cada cámara de combustión se utiliza un ducto de PVC 2” de paredes delgadas los cuales se unen a los ductos de 4” con distribuidores tipo “T” a 30°, también, se utilizan válvulas esféricas de PVC 2”, para regular individualmente cada cámara de combustión y al final se acopla un ducto metálico flexible para poder acomodar la dirección del flujo de aire hacia las llamas.

Actividades de limpieza y mantenimiento

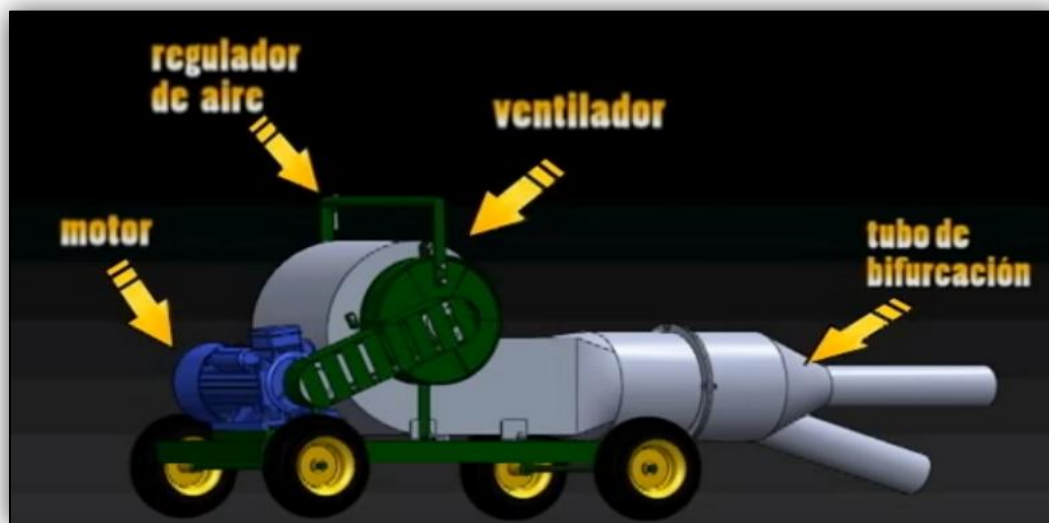
- Antes de poner en marcha de manera continua el ventilador es necesario revisar y probar su estado, para ello, se deberá variar la frecuencia lentamente de menos a más.

- Al concluir cada quema, se recomienda sopletear o limpiar el ventilador ya que éste es de embobinado expuesto y pueden caer dentro de su estructura, partículas de ceniza que podrían aumentar la posibilidad de dañar el motor disminuyendo considerablemente la vida útil de este.
- En caso de corrosión de las partes metálicas del ventilador, se debe limpiar para eliminar el óxido y posteriormente deberá ser pintado para prevenir su deterioro.
- La temperatura en la carcasa del motor no deberá exceder lo que especifica el fabricante ya que se podría recalentar y afectar las partes internas del motor.
- El ventilador en su conjunto debe estar balanceado, en tanto que puede traer problemas mecánicos como: vibración y freneo, lo cual lleva a un mayor esfuerzo del eje y aumenta las posibilidades de sufrir daños en los rodajes. De otro lado, podrían ocurrir problemas eléctricos por sobrecarga y cortocircuito del estator del motor, lo que traería como consecuencia un rebobinado, proceso que toma entre 1 a 2 días su reparación.
- El ventilador y el cableado, deben estar protegidos de la lluvia para evitar su deterioro.
- Deberá ser necesario instalar un interruptor manual con circuito a tierra que permita el corte de la energía sin riesgo para el operador.
- El sistema debe ser desarmado y guardado en un lugar limpio, seco y techado que sea exclusivo para su buen manejo y cuidado.

Instrucciones de funcionamiento

- Si el motor se apaga durante su funcionamiento, la probable causa sería inestabilidad en el flujo de la corriente. Será función del personal calificado, medir el voltaje para analizar la necesidad de instalar un regulador de voltaje.
- En caso que se perciba ruido durante la operación del ventilador, se debe revisar el posible desgaste de las balineras, en el caso que esto suceda, deberá generarse la acción correctiva necesaria.
- En caso de usar el regulador de entrada de aire tipo mariposa (dámper) típico, se recomienda regular la cantidad de aire según la velocidad con la que se quiera aumentar o disminuir la temperatura.
- Las válvulas que se encuentran frente a cada cámara combustión, deben regularse para que la llama sea pareja en todas ellas.

Ilustración 26. Ventilador



Fuente: Redladrillera (2019).

Beneficios de la implementación del ventilador

El consumo específico de energía oscila entre 3,0 y 4,0 MJ/kg de producto, lo que también nos indica la eficiencia energética del horno. Los rendimientos en términos de calidad de productos, con y sin ventilador varían entre 90% y 95%, respectivamente, lo que implica una mejora del 5% en calidad de ladrillos en función a las principales características de calidad definida para los ladrillos; tales como el punto óptimo de cocción, uniformidad dimensional y acabado superficial de las piezas de ladrillo, entre algunas (Zavaleta Castellón, 2018), citando a (GICE 2012).

De nuevo, (Zavaleta Castellón, 2018), quien a su vez cita a (Swisscontact, 2016), señala que en este contexto, durante la ejecución del Programa EELA, se evaluaron e implementaron algunas alternativas u opciones tecnológicas en función de mejorar la eficiencia energética en los procesos de cocción de los ladrillos ya que para tener una buena operación en un horno y generar productos de calidad, es importante tener una buena combustión.

La combustión es el proceso que transforma la energía química del combustible en calor que, a su vez, es transmitido hacia la carga procesada (ladrillos). Una buena combustión exige una serie de

cuidados, pero debe partir de un correcto dimensionamiento de las hornillas o cámaras de combustión en función al tipo de combustible y la carga a ser procesada. (Zavaleta Castellón, 2018).

La alternativa tecnológica de utilizar los ventiladores, logra reducir problemas frecuentes de mala distribución del calor en el horno, evitando la quema con llama de color amarillenta y generación excesiva de hollín, los cuales son indicadores de combustión ineficiente por falta de aire y en consecuencia se pierde energía. Evidentemente, el uso de ventiladores, genera un consumo de electricidad o combustibles líquidos (gasolina, diésel), pero que no representa una afectación negativa en la estructura de los costos de producción, al contrario, puede ser compensado, con creces, por la economía de carbón, la reducción en los tiempos de operación, y el mejoramiento de la calidad final de los productos (Zavaleta Castellón, 2018)

Es así que, en la operación del proceso de cocción de los ladrillos, con la utilización del ventilador, se logra obtener un aprovechamiento efectivo de la energía (calor) generada, mayor al 26%, que es una mejora significativa, en relación a la operación sin ventilador. Los rendimientos en función a la calidad de los productos, superan el 90% con la implementación de esta alternativa tecnológica (Zavaleta Castellón, 2018) citando a GISE, 2012).

Priorización de alternativas

Para priorizar las alternativas se comparan con base en las siguientes características:

- Disminución en el consumo de combustible
- Disminución en la pérdida de ladrillos
- Parada de horno en su implementación

Los resultados se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 33. Comparativo de priorización de alternativas.

	Aislamiento térmico	ventilador
Disminución en el consumo de combustible	Entre 5 a 12% del consumo de combustible EELA.	Un 10% aproximadamente
Disminución de las emisiones	25% EELA.	Hasta un 30%
Disminución en las pérdidas de ladrillo	Mejora en un 10% EELA	mejora del 5% en calidad de ladrillos

Parada del horno para su implementación	Debe parar para el recubrimiento interno	No debe parar
Costo de la inversión	Mayor a 6 millones de pesos	6 millones de pesos
Ahorro en energía térmica	Hasta 30%	mayor al 26%,

Fuente: Construcción de los autores (2019).

Priorizamos la alternativa del ventilador mecánico porque es la que tuvo una mayor contribución a disminuir las emisiones generadas en el proceso, atendiendo al análisis de impacto que se realizó.

Análisis Ecológico

Teniendo en cuenta que el eje principal en el que se centra este proyecto es la disminución de los impactos ambientales negativos con la aplicación de diferentes estrategias de producción más limpia orientadas a la transformación productiva, fue posible determinar estrategias de proyectos basados en la implementación de ventiladores con mejores características ecológicas para el desarrollo del proyecto ya que estos reducen la cantidad de emisiones de gases contaminantes a la atmosfera, la generación de residuos sólidos y a su vez, requieren menor cantidad de carbón y uso de plástico para el desarrollo del proceso productivo.

La elección de dicha estrategia de proyecto se realizó por medio de la identificación de impactos los cuales fueron analizados de manera precedente y de la que surgió el ventilador mecánico como propuesta para que la empresa pueda proponer su implementación para así mejorar las condiciones ecológicas del entorno empresarial, procurando mejorar la calidad de vida de los operarios y de la calidad del producto.

Reducción de emisiones

Respecto a la reducción de emisiones fue posible establecer gracias a la revisión bibliográfica realizada, que con la implementación de un ventilador se aportaría a la reducción de las emisiones

alrededor de un 30% producidas en la ladrillera compuesta por el horno (EELA, 2015). Es importante traer a colación, como en el informe final presentado por la Corporación Ambiental Empresarial, en 2013, a través del programa de Eficiencia Energética en Ladrilleras Artesanales de Nemocón – EELA, plantea un propósito pilar, tendiente a contribuir a la mitigación del cambio climático través de la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar la calidad de vida de su población mediante la implementación de modelos integrales de producción más limpia en ladrilleras artesanales de Nemocón con una propuesta para el acceso al mercado de carbono. (CEAM, 2013). Como lo vemos anteriormente, y pese a que esta propuesta fue presentada hace unos años, hoy, la propuesta sigue teniendo vivencia, en cuanto nos enfrentamos a diario con el deterioro medio ambiental, reafirmando la pertinencia tanto del proyecto de investigación, como el de la implementación del ventilador, en tanto que también nos permite aportar con este propósito propuesto ya en 2013 por la CEAM.

Reducción de residuos sólidos

Con la implementación de esta propuesta de ventilador para horno ladrillero será posible como se ha demostrado minimizar la cantidad de carbón usado durante el proceso de cocción, debido a que este ventilador hace que el sistema de combustión sea más eficiente, razón por lo cual se requiere menos cantidad de este insumo en un 10% aproximadamente (EELA, 2015). Aunado a lo anterior, se daría un menor desperdicio de carbón (carbón no quemado) ya que estos sistemas hacen que la quema se realice homogéneamente.

En concordancia con lo anterior, con estos procesos más eficientes los bloques obtenidos tienen una mejor calidad por lo que el chamote obtenido como residuo sería mínimo y este se aprovecharía a través de la aplicación de buenas prácticas, de las que sobresale el uso de molinos que trituren dicho residuo para que este se reintegre al proceso productivo por medio del aprovechamiento en la mezcla y preparación de la arcilla.

Finalmente, y como un elemento trascendental tendiente al costo de producción y obtención de mejores réditos económicos, el acceso a este ventilador hace que la empresa ahorre dinero al quedar exentos de pagos de impuestos, ya que se podrían ver favorecidos por los beneficios ofrecidos por este.

$$\text{Producción} = 2.880.000 \frac{\text{Uni}}{\text{Año}}$$

$$\text{Ineficiencia} = 29.9\%$$

(Cálculo realizado por los autores al calcular la eficiencia del proceso. Ver tabla 24)

$$\text{Chamote} = \text{Producción} * \text{Ineficiencia}\%$$

$$\text{Chamote} = 2.880.000 \frac{\text{Uni}}{\text{Año}} * 29.9\%$$

$$\text{Chamote} = 861.120 \frac{\text{Uni}}{\text{Año}} \text{ (Actual)}$$

Reducción del 5% con la implementación del ventilador mecánico para sacar la reducción de chamote y calcular su disminución.

$$\text{Reducción con Ventilador mecánico} = \text{Chamote} * 5\%$$

$$\text{Reducción con Ventilador mecánico} = 861.120 \frac{\text{Uni}}{\text{Año}} * 5\%$$

$$\text{Ventilador mecánico} = 43.053 \frac{\text{Uni}}{\text{Año}}$$

$$\text{Chamote despues del Ventilador mecánico} = 861.120 \frac{\text{Uni}}{\text{Año}} - 43.053 \frac{\text{Uni}}{\text{Año}}$$

$$\text{Chamote despues del Ventilador mecánico} = 818.064 \frac{\text{Uni}}{\text{Año}} \text{ (Disminución)}$$

Análisis Socioeconómico

Costos de ineficiencia. Partiendo del principio de que el cálculo de los costos de ineficiencia es una herramienta básica para la contabilidad empresarial, en la que se involucran diversos tipos de costos en la realización de las actividades, los cuales no son estrictamente necesarios para obtener el mismo resultado tras el desarrollo del proceso productivo de la elaboración del bloque. Cabe aclarar que los costos deben tener en cuenta el estricto cumplimiento normativo y estar alineados con la responsabilidad social y ambiental.

Costo real. El costo real se halló respecto de algunos datos obtenidos tras el desarrollo de los capítulos anteriores, en lo que respecta al costo de uso de materias primas, energía, mano de obra, transporte, entre otros y a las ganancias por la venta de algunos residuos y el bloque como producto final.

Costos

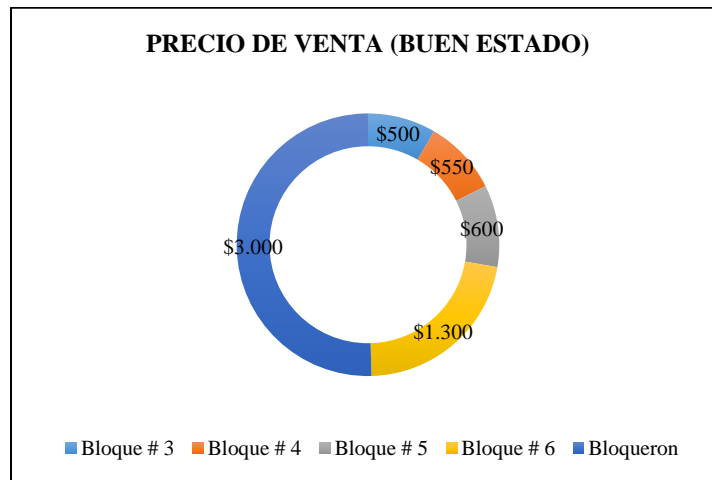
Tabla 34. Bloque en buen y mal estado.

CLASIFICACION DEL BLOQUE	PRECIO DE VENTA (BUEN ESTADO)	PRECIO DE VENTA (MAL ESTADO)
Bloque # 3	\$ 500	\$ 300
Bloque # 4	\$ 550	\$ 450
Bloque # 5	\$ 600	\$ 500
Bloque # 6	\$ 1300	\$ 900
Bloqueron	\$ 3000	\$ 2000

Fuente: Construcción de los autores (2019).

El precio de venta del ladrillo, tienen también una variación dependiendo del tipo de bloque. Puede observarse en la siguiente imagen su variabilidad.

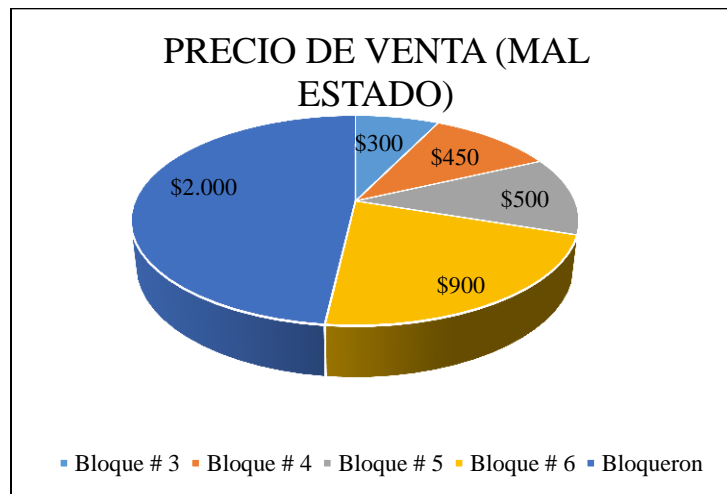
Ilustración 27. Precio de venta de ladrillo en buen estado.



Fuente: Construcción de los autores (2019).

Igualmente, el ladrillo en mal estado, puede llegar a venderse, lo que también equivale a una variación en el precio de venta según el tipo de bloque.

Ilustración 28. Precio de venta del ladrillo en mal estado.



Fuente: Construcción de los autores (2019).

Tabla 35. Producción de ladrillos.

CLASIFICACION DEL BLOQUE	DIARIA	MENSUAL	ANUAL
Bloque # 3	2.000 Unidades	60.000 Unidades	720.000 Unidades
Bloque # 4	3.000 Unidades	90.000 Unidades	1.080.000 Unidades
Bloque # 5	2.000 Unidades	60.000 Unidades	720.000 Unidades
Bloque # 6	1.000 Unidades	30.000 Unidades	360.000 Unidades
Bloqueron	Por encargo	Por encargo	Por encargo
Total	8.000 Unidades	240.000 Unidades	2.880.000 Unidades

Fuente: Construcción de los autores (2019).

Costos.

Lo primero que se realiza para la obtención de los costos es estimar los valores promedios de la producción con la idea de que estos representen el valor monetario que representa la operación del horno.

Tabla 36. Costos.

Promedio Número de Piezas Horneadas	Promedi o Consumo de Combustible (Ton)	Manteni miento Promedio	Promedio de Número de Trabajadores
72000	12,5	1 cada 4 semanas	23 fijos

Fuente: Construcción de los autores (2019).

Tabla 37. Valor anual

Costo de materia prima (COP) Anual	Costo combustible (COP) Anual	Promedio costo de energía (COP) Anual	Promedio Costo Agua/L (COP) Anual	Mano de Obra (COP) Anual
\$ 1.152.000.000	\$ 153.154.200	\$ 104.400.000	\$ 8.000.000	\$ 226.596.000

Fuente: Construcción de los autores (2019).

Tabla 38. Total, costos anuales.

Total Costos anuales (COP)
\$ 1.644.150.200

Fuente: Construcción de los autores (2019).

Ingresos.

Para la determinación de ingresos los cuales representan la remuneración económica por la actividad de la elaboración del ladrillo, se tuvieron en cuenta el precio por unidad del producto que fue dado por los empresarios del Sector el Plan y un adicional representado en la venta de la ceniza principalmente para actividades cementeras.

Tabla 39. Ingresos de venta ladrillos en buen estado.

CLASIFICACION DEL BLOQUE	INGRESO DE VENTA (BUEN ESTADO) / DIARIO	INGRESO DE VENTA (BUEN ESTADO MENSUAL)
Bloque # 3	\$ 1.000.000	\$ 30.000.000
Bloque # 4	\$ 1.650.000	\$ 49.500.000
Bloque # 5	\$ 1.200.000	\$ 36.000.000
Bloque # 6	\$ 1.300.000	\$ 39.000.000

Bloqueron	Por encargo	Por encargo
Total	\$ 5.150.000	\$ 154.500.000

Fuente: Construcción de los autores (2019).

Tabla 40. Ingresos de venta ladrillos en mal estado.

CLASIFICACION DEL BLOQUE	INGRESO DE VENTA (MAL ESTADO) / DIARIO	INGRESO DE VENTA (MAL ESTADO MENSUAL)
Bloque # 3	\$ 600.000	\$ 18.000.000
Bloque # 4	\$ 1.350.000	\$ 40.500.000
Bloque # 5	\$ 1.000.000	\$ 30.000.000
Bloque # 6	\$ 900.000	\$ 27.000.000
Bloqueron	Por encargo	Por encargo
Total	\$ 3.850.000	\$ 115.500.000

Fuente: Construcción de los autores (2019).

Tabla 41. Ingresos.

Total Ingresos (COP) Anual Buen estado	Total Ingresos (COP) Anual Mal estado
\$ 1.854.000.000	\$ 1.386.000.000

Fuente: Construcción de los autores (2019).

Tabla 42. Total ingresos

Total Ingresos (COP)

\$ 3.240.000.000

Fuente: Construcción de los autores (2019).

A través del cálculo de la diferencia de los resultados obtenidos tanto de ingresos como de costos se obtuvo la ganancia o utilidad neta dentro del proceso para un tiempo mensual y anual como se evidencia en la Tabla 43.

Tabla 43. Ganancia

Ganancia Neta Mensual (COP)	Ganancia Neta Anual (COP)
\$ 132.987.483	\$ 1.595.849.800

Fuente: Construcción de los autores (2019).

Costo Ideal de Propuesta

a) Costos. El costo ideal de la propuesta se calcula en la hipotética situación de que se diera la implementación de un ventilador mecánico, el cual reduce en un 30% el consumo de combustible (Carbón) permitiendo reducir los costos de la empresa durante todo el año razón por la que se aumentarían los ingresos de la empresa Inalversog S.A.S (Tabla LLL) (CAEM, 2015).

Aislador térmico

Tabla 44. Costo aislador térmico.

Costo aislador térmico (COP)

\$ 18.800.000

Fuente: Construcción de los autores (2019).

Aparte de la implementación y costo del aislador térmico se generarían otros costos como lo son, el mantenimiento, en este caso no agregamos esos datos debido a que la literatura no los reporta, pero deberían tenerse en cuenta.

El uso de vida útil del aislador térmico con un buen mantenimiento duraría alrededor de 7000 y 10000 horas. Para una quema de 20 horas diarias nos daría entre 350 y 500 quemas. Por otro parte, el mantenimiento, que se convierte en una tarea sencilla, puede estar a cargo de las labores de uno de los operarios de la empresa.

Tabla 45. Valor anual con aislador térmico.

Costo de materia prima (COP) Anual	Costo de aislador térmico (COP)	Costo combustible (COP) Anual	Promedio costo de energía (COP) Anual	Promedio Costo Agua/L (COP) Anual	Mano de Obra (COP) Anual
\$ 1.152.000.000	\$ 18.800.000.	\$ 114.865.650	\$ 104.400.000	\$ 8.000.000	\$ 226.596.000

Fuente: Construcción de los autores (2019).

Tabla 46. Total, costos anuales

Total Costos anuales (COP)
\$ 1.624.661.650

Fuente: Construcción de los autores (2019).

A través de los cálculos realizados anteriormente, podemos evidenciar el beneficio del aislador térmico en la reducción de combustible (Carbón) y también una reducción económica para la empresa de \$ 19.488.550 en el año respecto a los costos de la Tabla 46.

b) Ingresos.

Tabla 47. Total ingresos.

Total Ingresos (COP)
\$ 3.240.000.000

Fuente: Construcción de los autores (2019).

Tabla 48. Ganancia

Ganancia Neta Mensual (COP)	Ganancia Neta Anual (COP)
\$ 134.611.529	\$ 1.615.338.350

Fuente: Construcción de los autores (2019).

Combustible

Tabla 49. Consumo de combustible en promedio anual.

Tipo de combustión	Peso (Ton)
Combustión con carbón	600
Combustión con carbón y ventilador	450

Fuente: Construcción de los autores (2019). Basado en (Swisscontact, 2016).

Reducción de combustible (Carbón) en un 25 % con una buena reducción de costos aproximadamente de \$ 38.288.550 por año.

Tabla 50. Producción por línea sin aislador térmico.

Producción por línea	Ingreso por venta
900 Unidades producidas	\$ 450.000
765 Unidades buenas	\$ 382.500
135 Unidades defectuosas	\$ 40.500
Total (Buenos + Defectuosos)	\$ 423.000

Fuente: Construcción de los autores (2019).

El beneficio es inferior sin la implementación del aislador térmico ya que los precios estimados por quema son \$ 450.000 y se está obteniendo \$ 423.000, con una reducción en los ingresos de \$ 27.000.

Tabla 51. Producción por quema con aislador térmico.

Producción por línea	Ingreso por venta
-----------------------------	--------------------------

900 Unidades producidas	\$ 450.000
855 Unidades buenas	\$ 427.500
45 Unidades defectuosas	\$ 13.500
Total (Buenos + Defectuosos)	\$ 441.000

Fuente: Construcción de los autores (2019).

La implementación del aislador térmico nos ayuda a tener una reducción en la ineficiencia del proceso reduciéndolo en un 10%, obteniendo \$ 441.000 diarios por venta de línea producida, teniendo una diferencia de \$ 9.000 por línea, obteniendo mayores ingresos por línea producida, al día se utilizan aproximadamente 8 líneas para completar la meta diaria de 8000 unidades.

Tabla 52. Ganancia con el aislador térmico por línea producida.

Ganancia con aislador térmico
\$ 18.000 por línea producida al día

Fuente: Construcción de los autores (2019).

Tabla 53. Ganancia con el aislador térmico por línea producida al año.

Ganancia con aislador térmico
\$ 51.840.000 por líneas producidas al año

Fuente: Construcción de los autores (2019).

Horas de trabajo

Tabla 54. Horas promedio de cocción de ladrillos.

Tipo de combustión	Horas (H)
Combustión con carbón	29,3 H
Combustión con carbón y aislador térmico	22,1 H

Fuente: Construcción de los autores (2019). Basado en (Swisscontact, 2016).

Debido a la reducción de horas de quema pudimos calcular el porcentaje y así poder calcular cuantas unidades se podían producir de más en el mismo tiempo y saber cuáles serían los nuevos ingresos al implementar el aislador térmico.

Con un porcentaje del 24,5%, se logran producir 1.960 ladrillos más al día en el mismo tiempo, dejando de producir 8.000 ladrillos a producir 9.960 ladrillos por día, obteniendo un aumento de \$ 980.000 y por año un aumento de \$ 11.760.000.

Tabla 55. Producción de ladrillos por año.

Sin aislador térmico	Con aislador térmico (24,5% más eficiente)
2.880.000 Unidades	3.585.600 Unidades

Fuente: Construcción de los autores (2019).

Tabla 56. Ingreso Real con 15% de ineficiencia.

2.880.000 Unidades		
Ladrillos Buenos	2.448.000 Unidades	\$ 1.224.000.000
Ladrillos Malos	432.000 Unidades	\$ 129.600.000
Total		\$ 1.353.600.000

Fuente: Construcción de los autores (2019).

Tabla 57. Ingreso Ideal con 5% de ineficiencia.

3.585.600 Unidades		
Ladrillos Buenos	3.406.320 Unidades	\$ 1.703.160.000
Ladrillos Malos	179.280 Unidades	\$ 53.784.000
Total		\$ 1.756.944.000

Fuente: Construcción de los autores (2019).

Costo de oportunidad

$$\text{Costo de oportunidad} = \text{Ingreso ideal} - \text{Ingreso real}$$

$$\text{Costo de oportunidad} = \$ 1.756.944.000 - \$ 1.353.600.000$$

$$\text{Costo de oportunidad} = \$ 403.344.000$$

Retorno de la Inversión. Este cálculo se realizó teniendo en cuenta la información suministrada por la empresa y parte teórica de documentos encontrados en la web (CAEM, 2015) realizada por la EELA en la que se estimó el porcentaje de beneficio del aislador térmico y el documento de oportunidades para reducir las emisiones contaminantes y el consumo de combustible en el subsector de producción de ladrillos en Colombia CAEM (CAEM & Universidad Autónoma Metropolitana de México, 2013) dando una reducción del consumo de combustible (Carbón) en un 25%. En base a los cálculos realizados y los datos obtenidos se prosiguió a calcular el retorno de inversión teniendo en cuenta la inversión planteada.

$$RI = \frac{Inversión}{Ahorro}$$

$$RI = \frac{18.800.000 \text{ Año}}{19.448.550 \text{ Año}(Ahorro evidente) + 403.344.000 \text{ Año}(Ahorro escondido)}$$

$$RI = 0,04 \text{ Años}$$

$$0,04 \text{ Años} \left(\frac{12 \text{ Meses}}{1 \text{ Año}} \right) * \left(\frac{30 \text{ Dias}}{1 \text{ Mes}} \right)$$

$$RI = 14,4 \text{ Dias}$$

Concluido el análisis económico con la estimación del periodo de retorno de la inversión de la propuesta de implementación de proyectos de transformación productiva, basados en las necesidades de los empresarios que pertenecen a la empresa Inalversog S.A.S, es posible inferir que la posibilidad para una futura inversión en nueva tecnología con un margen creciente del nivel productivo y financiero tiene una viabilidad significativa ya que el funcionamiento de la empresa tiene una eficiencia medio alta si se analiza el proceso productivo a nivel de recursos, ingresos, gastos y condiciones económicas en las que se encuentran tanto dueños como empleados.

Las afirmaciones anteriores se justifican debido a que los procesos ideales propuestos tienen una productividad significativamente más amplia, con una obtención de producto de mejor calidad durante el transcurso de todo el año a través de la utilización de menos combustible por lo que el proceso es realmente eficiente.

Calidad del producto.

Se tiene establecido un incremento del 10% en la calidad del producto por uso de aislador térmico usando carbón como combustible. La calidad del ladrillo está relacionada con la humedad. A mayor humedad menor rendimiento. El rendimiento se debe a la quema con carbón cuando no presenta altos niveles de humedad (Zavaleta Castellón, 2018).

- Incremento de utilidades o réditos económicos.
- Se requiere menos personal destinado a la quema en el horno, lo cual significa que los operarios pueden desempeñarse en labores alternas a proceso de producción del ladrillo.
- Mejora la calidad del producto, beneficio que se refleja en la obtención de nuevos clientes potenciales.
- Reducción de emisiones contaminantes, aportando con ello a los ideales propuestos por el CEAM.
- Si bien, la ladrillera Inalversog S.A.S. posee un tipo de horno específico, es igualmente válido manifestar que el aislador térmico puede utilizarse con otros diseños de horno diferente al de esta ladrillera.
- Todo lo anterior, tiende a mejorar los ingresos de la empresa, generando mayores réditos económicos.

Los impactos en la producción de manera general son positivos, con el uso del aislador térmico la calidad del producto mejora y los costos y tiempos utilizados para la cocción de ladrillo son menores.

Es importante considerar en este punto las características del carbón como combustible con factores como porcentaje de facilidad de alimentación al horno ya que generan un impacto directo en la calidad del producto y proceso de cocción de ladrillo.

El incremento en la eficiencia en la cocción de ladrillos en hornos tipo Hoffman con el uso del aislador térmico, presentan impactos positivos directos en lo que se refiere a reducción de emisiones.

20. Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos en la fase de diagnóstico del proyecto, se logró determinar el estado actual de los aspectos ecológico, económico y social de la industria de elaboración de bloques, ubicada en la vereda Buena Vista del municipio de Sogamoso, el cual se encuentra en buen estado debido a estudios realizados por CORPOBOYACA. Es primordial realizar asistencia técnica dentro de la empresa Inalversog S.A.S que permita implementar algunas de las buenas prácticas operativas planteadas, para de esta manera hacer más eficiente el sistema productivo.

La eficiencia del horno con respecto a la combustión incompleta y los tiempos de quema se pueden remediar, de implementarse las estrategias propuestas en este documento como lo son inyección del aire cálido, mantenimiento programado de los hornos, control de calidad del combustible.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se logra determinar el beneficio ambiental y económico que conlleva la implementación del ventilador mecánico, debido a que el consumo de

carbón de 600 toneladas al año se reduciría a 450 toneladas, lo que significaría una reducción en un 25% el consumo de combustible (Carbón), por lo tanto, esta medida impacta positivamente el matriz aire.

Con base en los resultados obtenidos, logramos identificar que la mejor alternativa para la empresa es la implementación del aislador térmico, es un poco más costoso, pero más viable y con una mayor eficiencia en el proceso con respecto a la alternativa de ventilador mecánico.

El aislador térmico para horno ladrillero es el que tiene mejores características para la implementación en la empresa Inalversog S.A.S, si se tienen en cuenta los aspectos económicos que tendría un ahorro de 38 millones (COP), teniendo una utilidad significativa de que permitiría mejorar la empresa.

La metodología propuesta fue eficaz debido a que ésta permitió dar cumplimiento a los objetivos planteados dentro de la investigación, partiendo desde lo más general (fase de diagnóstico y revisión bibliográfica) hasta lo más particular (formular proyectos para aprovechar las oportunidades de transformación productiva).

Se logró concluir que los criterios para seleccionar el aislador térmico son debido a que el costo de la inversión no es tan alto, a parte con el aislador térmico reduce el consumo de combustible en un 25% en su proceso de producción.

El impacto ambiental generado por la disposición de escombros en las áreas aledañas a la planta de producción de dominio de la Ladrillera Inalversog S.A.S, es reversible una vez se retire el material cerámico, para ser aprovechado o dispuesto en otro lugar.

Identificar y comprender las diferentes variables que se dan en el proceso de elaboración de bloque, permitió plantear una serie de alternativas por medio de la aplicación de diferentes herramientas adquiridas a lo largo de la carrera de Ingeniería Ambiental, las cuales están enfocadas a la disminución de impactos ambientales negativos, el reconocimiento de oportunidades que fomenten el progreso económico y la búsqueda de mejores condiciones de vida de aquellos que hacen parte del desarrollo de esta actividad.

21. Recomendaciones

Las entidades públicas y privadas deberán aunar esfuerzos tendientes al fomento del desarrollo de proyectos relacionados con la reconversión de tecnologías y buenas prácticas empresariales del sector Ladrillero.

Es primordial realizar asistencia técnica dentro de la empresa Inalversog S.A.S que permita implementar algunas de las buenas prácticas operativas planteadas, para de esta manera hacer más eficiente el sistema productivo.

Promover alternativas de transformación productiva que reduzcan los impactos ambientales negativos y además produzcan un crecimiento económico que mejore la calidad de vida aumentando la eficiencia del proceso de elaboración de bloque.

Se recomienda a la empresa Inalversog S.A.S de Sogamoso implementar el aislador térmico ya que se encontró un beneficio ambiental y económico en el consumo de combustible en un 25 %.

Se recomienda a la empresa realizar un adecuado mantenimiento en el horno para evitar el desprendimiento de ladrillo al interior de la estructura del horno Hoffman.

La empresa debe ejecutar el programa de Contingencia de manera inmediata, para evitar eventos fortuitos en la ladrillera que puedan ocasionar emergencias o accidentes, lo cual, si no se tiene un plan acorde a la normatividad existente, generaría situaciones trágicas que pueden afectar la productividad de la empresa y la calidad de vida de sus operarios y personal administrativo.

Es necesario realizar un control en el proceso de carga de manera que se prevenga la generación de residuos sólidos en este caso el chamote. Implementar una herramienta manual que permita con una mayor facilidad el traslado de bloque y no se pierda material por mal manejo del operario y así vender el producto en buen estado y darle más valor económico.

22. Bibliografía

- Administración Municipal de Sogamoso. (2016). *Alcaldía de Sogamoso*. Recuperado el 04 de febrero de 2019, de <https://sogamosoboyaca.micolombiadigital.gov.co/planes/plan-de-desarrollo-municipal-sogamoso-incluyente-2016>
- Agostinho, M. (mayo de 2007). *Revista Portuguesa de Medicina Geral y Familiar*, 23(3), 327 - 330. Recuperado el 15 de febrero de 2019, de <http://www.rpmgf.pt/ojs/index.php/rpmgf/article/view/10366/10102>
- Alcaldía municipal de Sogamoso. (2018). *Informe pormenorizado del estado del control interno – Ley 1474 de 2011*. Alcaldía municipal de Sogamoso, Boyacá. Recuperado el 04 de febrero de 2019, de https://sogamosoboyaca.micolombiadigital.gov.co/sites/sogamosoboyaca/content/files/000062/3098_informe-pormenorizado-cio-jun-2018.pdf
- ANM. (2016). *Agencia Nacional de Minería*. Obtenido de <https://www.anm.gov.co/>
- Arango Ordoñez, Á. P., & Rodríguez Moreno, H. G. (18 de julio de 2017). Análisis de las Emisiones de Contaminantes Asociados a la Fabricación de Ladrillos y Propuesta de Reconversión Tecnológica Nemocón – Colombia. Recuperado el 04 de febrero de 2019, de <http://hdl.handle.net/11349/6716>

- Aristizabal Casallas, K. D., Avendaño Cortes, Y. M., & Ruíz Martínez, L. E. (2018). La producción más limpia como una estrategia innovadora aplicada en una empresa del sector textil. *RIAA: Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9(2). Recuperado el 13 de febrero de 2019, de <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/2271/2504>
- Betancur Vélez, M., Gómez, B. E., & Bustamante Moreno, A. M. (2011). *Guía para la gestión de residuos peligrosos* (Primera ed.). Medellín, Antioquia, Colombia.
- Bianucci, M. A. (2009). El ladrillo, Orígenes y Desarrollo. *Catedra a a Tecnología*. Recuperado el 12 de febrero de 2019, de <https://arquitectologicofau.files.wordpress.com/2012/02/el-ladrillo-2009.pdf>
- CAEM. (2015). *Avances en la investigación de Contaminantes de Vida Corta*. Bogotá D.C. Recuperado el 21 de abril de 2019, de https://www.mvccolombia.co/images/24_Avances_en_la_Investigaci%C3%B3n_de_Contaminantes_de_Vida_Corta.pdf
- CEAM. (2013). *Oportunidades para reducir las emisiones contaminantes SLCPs en el sub - sector de producción de ladrillos en Colombia*. Bogotá D.C. .
- CIDEU. (S/A). *EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LADRILLERAS ARTESANALES - EELA* -. Recuperado el 21 de abril de 2019, de <https://www.cideu.org/proyecto/eficiencia-energetica-en-ladrilleras-artesanales-eela>
- Claro Gerardino, L. E., & Trespacios Nova, C. J. (2009). *Lineamientos Normativos y Medio Ambientales para el montaje y operación de Ladrilleras a base de minerales arcillosos en el municipio de Girón, Santander*. Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de abogado e ingeniero ambiental, Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga. Recuperado el 05 de febrero de 2019, de https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/672/digital_18420.pdf?sequence=1
- Congreso de Colombia. (24 de enero de 1979). Ley 9. *Por el cual se dictan normas sanitarias*. Bogotá D.C.
- Congreso de Colombia. (22 de diciembre de 1993). Ley 99. *Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables se organiza el Sistema Nacional Ambiental -SINA y se dictan otras disposiciones*. Bogotá D.C.
- Congreso de Colombia. (27 de octubre de 1994). Ley 164. *Por medio de la cual se aprueba la "Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", hecha en Nueva York el 9 de mayo de 1992*. Bogotá D.C.

- Congreso de Colombia, Asamblea Nacional Constituyente. (1991). *Constitución Política de Colombia*. Bogotá D.C.
- Congreso de la República . (15 de agosto de 2001). Ley 685. *Por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones*. Bogotá D.C.
- Congreso de la República. (27 de diciembre de 2000). Ley 629. *Por medio de la cual se aprueba el "Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", hecho en Kyoto el 11 de diciembre de 1997*. Bogotá D.C.
- Congreso de la República. (13 de mayo de 2014). Ley 1715. *Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional*. Bogotá D.C.
- CONPES 3344. (14 de marzo de 2005). *Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial*. Recuperado el 08 de febrero de 2019, de http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/conpes/2005/Conpes_3344_2005.pdf
- CORPOBOYACÁ. (2007). *Informes sobre la situación de las emisiones atmosféricas en el Valle de Sogamoso*. Recuperado el 05 de febrero de 2019, de http://www.corpoboyaca.gov.co/cms/wp-content/uploads/2016/01/INFORME_DE_GESTION_2007.pdf
- CORPOBOYACÁ. (2019). *CORPPOBOYACÁ*. Obtenido de <http://www.corpoboyaca.gov.co/>
- Corporación Ambiental Empresarial - CAEM. (2013). *Oportunidades para reducir las emisiones contaminantes SLCPS en el sub - sector de producción de ladrillos en Colombia*. Bogotá. Recuperado el 07 de febrero de 2019, de http://www.redladrilleras.net/apps/manual_ccac/pdf/es/oportunidades-de-reduccion-de-SCLPs-en%20ladrilleras-Colombia-CAEM.pdf
- ECOCARBON & UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. (1998). *Hornos ladrilleros a carbón*. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana .
- EELA. (2015). *Manual de hornos eficientes para industria ladrillera*. Recuperado el 04 de febrero de 2019, de http://www.redladrilleras.net/apps/manual_ccac/pdf/es/Manual-de-hornos-eficientes.pdf
- El “ladrillo ecológico” como nuevo material para la construcción sustentable. (S/A). *Proyecto de Investigación*. Recuperado el 13 de febrero de 2019, de https://fido.palermo.edu/servicios_dyc/blog/docentes/trabajos/17133_55226.pdf

- Elmundo.es. (19 de marzo de 2003). *elmundo.es, su vivienda*. Obtenido de <https://www.elmundo.es/elmundo/2008/03/19/suvivienda/1205918776.html>
- Fuchs, L. (23 de marzo de 2016). Energy Efficiency and emissions of artisanal Brick kilns in Peru. *University of applied Science and Arts Northwestern Switzerland School of Engineering*. Obtenido de <http://www.redladrilleras.net/assets/files/9f29a1e8190bf23014fe5b7ab20cd3be.pdf>
- Galindo Rodríguez, M. Á. (2015). *Diseño de fabrica ladrillera potencializando procesos productivos, ambiente laboral e impacto medioambiental*. Tesis para optar por el título de Arquitecto , Pontificia Univesidad Javeriana, Bogotá D.C. Recuperado el 04 de febrero de 2019, de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/18082/GalindoRodriguezMiguelAngel2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gestión.org. (S/A). *Gestión.org*. Recuperado el 12 de febrero de 2019, de El Proceso Productivo: qué tipos hay y cuáles son sus etapas principales: <https://www.gestion.org/el-proceso-productivo/>
- Gobernación de Boyacá. (2016). Plan de Desarrollo Departamental. *Creemos en Boyacá, tierra de paz y libertad*.
- Gómez Ángel, S. M., Carreño Dueñas, D. A., & Rojas Torres, M. A. (diciembre de 2015). Reconversión tecnológica en el sector productivo artesanal de hornos de ladrillo y cal para reducir la contaminación atmosférica en el valle de Sogamoso. *VirtualPro*(167), 1 - 17. Recuperado el 05 de febrero de 2019, de <https://www.virtualpro.co/files-bv/20151201/20151201-027.pdf>
- Guzmán Ruíz, L. A., & Buitrago Sierra, M. L. (2013). *Formulación del sistema de vigilancia de la calidad del aire para el corredor industrial Paipa, Duitama y Sogamoso a partir de la red de vigilancia y calidad del aire del Valle de Sogamoso*. Trabajo de grado para optar por el titulo de ingeniero ambiental, Bogota D.C. Recuperado el 08 de febrero de 2019, de <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/11319/FORMULACION%20DEL%20SVCA%20CORREDOR%20INDUSTRIAL%20PAIPA-%20DUITAMA-%20SOGAMOSO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). México D.C, México: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES.
- Herrera Cuéllar, P. A., Rodríguez Silva, L., & López Arboleda, E. (febrero de 2011). Caracterización de las unidades productivas de la industria ladrillera. *Documento resumen que muestra de manera general las*

características principales de la industria ladrillera existente en Colombia. Recuperado el 11 de febrero de 2019, de <http://www.redladrilleras.net/assets/files/d96c9ae90088e513d3e9bc3af33b6e74.pdf>

ICONTEC & Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (20 de noviembre de 2013). NORMA TÉCNICA COLOMBIANA - NTC 6033. *Etiquetas ambientales tipo I. Sello ambiental colombiano (SEC). Criterios ambientales para ladrillo y bloques de arcilla*. Bogotá D.C. Obtenido de http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Sello_ambiental_colombiano/NTC_6033_-_Etiquetas_Ambientales_Tipo_I.pdf

IDEAM. (2019). *ideam.gov.co*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/entidad/acerca-entidad>

Jaramillo Echeverry, L. M. (2014). Propuesta ambiental para la evaluación y manejo integral de los residuos peligrosos generados en los laboratorios de docencia de la Universidad de Gran Colombia Seccional Armenia. *Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente*. Manizales.

Lira Rodríguez, K. A. (2016). Propuesta de un programa para el manejo de residuos sólidos en el mercado “Héroes del 47” de Tuxpan, Veracruz”. 54. Tuxpan, Veracruz, México. Recuperado el 04 de febrero de 2019, de <https://www.uv.mx/pozarica/egia/files/2017/05/Karla-Anahi-Lira.pdf>

Liu, H. (mayo de 2007). *National Science Foundation, Follow the "Green" Brick Road*. Recuperado el 13 de febrero de 2019, de https://www.nsf.gov/news/news_summ.jsp?cntn_id=109594&org=NSF

López Rodríguez , D. A. (2013). Eco-balance de carbono para la generación de energía eléctrica empleando bio-oil proveniente de residuos forestales. *Trabajo para optar por el título de ingeniero químico*. Medellín. Recuperado el 13 de febrero de 2019, de <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1423/Tesis-Version-Final.pdf?sequence=1>

Lozano Ortiz, M. M., & González Peláez, S. (6 de julio de 2016). Uso de los residuos cerámicos en la producción de ladrillos de arcilla cocidos en el sector alfarero de Candelaria . *Trabajo de grado como requisito para optar por el título de Ingeniero Industrial* . Calí.

Maldonado. (2006). Evaluación de la exposición a la contaminación en hornos de producción de ladrillo en Boyacá. Centro de investigaciones de Ingeniería Ambiental CIIA. . *Scielo, Colombia* .

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (9 de junio de 2015). RESOLUCIÓN 1377. *Por la cual se modifica la Resolución 909 de 2008 y se adoptan otras disposiciones*. Bogotá D.C. Obtenido de https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minambientes_1377_2015.htm

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (1 de noviembre de 2017). Resolución 2254. *Por el cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones* .

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2019). *minambiente.gov.co*. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/ministerio/mision-y-vision>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (5 de junio de 2008). Resolución 909. *Por la cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones*. Bogotá D.C.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (20 de abril de 2010). Resolución 0760. *Por la cual se adopta el protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas*. Bogotá D.C. .

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (24 de marzo de 2010). Resolución 610 . *Por la cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006*. Bogotá D.C. .

Ministerio de la Protección - Perú. (2010). *Redladrilleras*. Recuperado el 11 de febrero de 2019, de http://www.redladrilleras.net/apps/manual_ccac/pdf/es/Peru_RM-102-2010-PRODUCE.pdf

Ministerio de Minas y Energía. (2019). *minenergia.gov.co*. Obtenido de <https://www.minenergia.gov.co/mision-y-vision>

Ministerio de Minas y Energías. (30 de noviembre de 2018). Resolución 2267. *Por la cual se modifica la Resolución 909 de 2008 y se adoptan otras disposiciones*. Bogotá D.C. Obtenido de http://www.andi.com.co/Uploads/MinAmbiente-Resolucion-2018-N0002267_20181130.pdf

Ministerio de Vivienda, Ambiente y Desarrollo Territorial, Resolución 909. (05 de junio de 2008). Resolución 909.

Ministerio del Medio Ambiente. (5 de junio de 1995). Decreto 948. *Por el cual se reglamentan, parcialmente, la Ley 23 de 1973, los artículos 33, 73, 74, 75 y 76 del Decreto - Ley 2811 de 1974; los artículos 41, 42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 9 de 1979 y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control (...)*. Bogotá D.C.

Ministerio del Medio Ambiente. (7 de julio de 1997). Resolución 619. *Por la cual se establecen parcialmente los factores a partir de los cuales se requiere permiso de emisión atmosférica para fuentes fijas*. Bogotá D.C.

- Organización de las Naciones Unidas. (16 de junio de 1972). Declaración de Estocolmo sobre el Medio Ambiente Humano. *Declaración de Estocolmo sobre el Medio Ambiente Humano*. Estocolmo.
- Organización de las Naciones Unidas. (22 de marzo de 1985). Convenio de Viena para la protección de la capa de ozono. *Convenio de Viena para la protección de la capa de ozono*. Viena.
- Organización de las Naciones Unidas. (16 de septiembre de 1987). Protocolo de Montreal relativo a las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono. *Protocolo de Montreal relativo a las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono*. Montreal.
- Pacheco Naranjo, M. C. (junio de 2018). Diseño de la matriz de identificación y evaluación de aspectos e impactos ambientales de una empresa colombiana de transporte, almacenamiento y comercialización de materiales de construcción. *Trabajo de grado preentado como requisito para optar por el título de especialista en planeación ambiental y manejo de los recursos naturales*. Bogotá D.C. Recuperado el 25 de abril de 2019
- Parnisari, O. (S/A). *Ladrillos Ecológicos*. Obtenido de <http://www.ladrillosecologico.com.ar/>
- Ponce, V. M. (S/A). *LA MATRIZ DE LEOPOLD PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL Dr. Victor M. Ponce*. Recuperado el 24 de febrero de 2019, de DocPlayer: file:///C:/Users/ADRIAN/Downloads/LA%20MATRIZ%20DE%20LEOPOLD%20PARA%20LA%20EVALUACION%20DEL%20IMPACTO%20AMBIENTAL%20Dr.%20Victor%20M.%20Ponce%20INTRODUCCI%C3%93N.pdf
- Pontificia Universidad Católica del Perú. (2012). *Red Peruana de Ciclo de Vida*. Recuperado el 08 de febrero de 2019, de <http://www.redladrilleras.net/assets/files/98b76b9168060e49090cdf8e656579cf.pdf>
- PORTAFOLIO. (01 de junio de 2010). Ladrilleras de Cundinamarca tendrán producción más limpia. *Portafolio*. Recuperado el 04 de febrero de 2019, de <https://www.portafolio.co/economia/finanzas/ladrilleras-cundinamarca-tendran-produccion-limpia-457302>
- Presidencia de la República. (18 de diciembre de 1974). Decreto Ley 2811. *Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente*. Bogotá D.C.
- Presidencia de la República. (26 de mayo de 2015). Decreto 1076. *Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible*.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (noviembre de 2001). Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono. *Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono*.

S/A. (S/A). Recuperado el 2019 de mayo de 13, de <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/34475/1/Mecanismos%20de%20transmisi%C3%B3n%20de%20calor%20%28CONDUCCION%2C%20CONVECCION%2C%20RADIACION%29.pdf>

Sánchez Sánchez, F. (noviembre de 2009). *Escuela Superior de Administración Pública*. Obtenido de http://www.esap.edu.co/portal/download/m%C3%B3dulos_pregrado/tecnolog%C3%ADa_en_gesti%C3%B3n_p%C3%ABlica_ambiental/semestre_v/4_ges_produ__mas_limpia.pdf

Secretaría de Salud de Sogamoso. (2012). *Informe de Gestión*.

SISAIRE. (2019). *Sistema de información sobre calidad del aire*. Obtenido de <http://www.sisaire.gov.co:8080/faces/quienesSomos/quienesSomos.jsp>

Universidad del Bosque. (septiembre de 2018). *Memorias: XXIV Congreso Institucional de Investigaciones. (9)*. Bogotá D.C.: Universidad del Bosque.

University College of London & Universidad de los Andes. (2013). *Caracterización de la contaminación atmosférica en Colombia*. Obtenido de <https://prosperityfund.uniandes.edu.co/site/wp-content/uploads/Caracterizaci%C3%B3n-de-la-contaminaci%C3%B3n-atmosf%C3%A9rica-en-Colombia.pdf>

Univio Lizcano, A. (2017). Diagnóstico sobre la incidencia de la actividad ladrillera en el territorio, a partir de sus impactos ambientales en Sogamoso - Colombia. Bogotá. Recuperado el 04 de febrero de 2019, de <http://repository.udca.edu.co:8080/bitstream/11158/806/1/Trabajo%20de%20grado%20-%20Anderon%20Univio%20Lizcano.pdf>

Uribe Barón, L. J., & Suárez Araque, N. (2009). Evaluación de la calidad del aire del Valle de Sogamoso, respecto a material particulado menor a 10 micras (MP10), aplicando el modelo de dispersión aermod como herramienta de planificación. Bogotá. Recuperado el 04 de febrero de 2019, de <http://repository.lasalle.edu.co/handle/10185/15004>

Van Hoof, B., Monroy, N., & Saer, A. (2008). *Producción Más Limpia, paradigma de gestión ambiental*. Barcelona: ALFAOMEGA GRUPO EDITOR.

Varela Rojas, I. (S/A). Definición de producción más limpia. *Tecnología en Marcha*, 16(2), 3-12. Recuperado el 16 de febrero de 2019, de <file:///C:/Users/ADRIAN/Downloads/Dialnet-DefinicionDeProduccionMasLimpia-4835815.pdf>