



UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”

ESCUELA DE POSTGRADO



DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

**IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES
SIGNIFICATIVOS EN LA INDUSTRIA
LADRILLERA UTILIZANDO UN MODELO DE
SIMULACIÓN DINÁMICA**

TESIS

**PRESENTADA PARA OPTAR EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS AMBIENTALES**

AUTOR:

M.Sc. LUIS ANTONIO POZO SUCLUPE

ASESOR:

Dr. CÉSAR GARCÍA ESPINOZA

**LAMBAYEQUE – PERÚ
2018**

**IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS EN LA
INDUSTRIA LADRILLERA UTILIZANDO UN MODELO DE SIMULACION
DINÁMICA**

**M.Sc. LUIS ANTONIO POZO SUCLUPE
AUTOR**

**Presentada a la Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional Pedro
Ruiz Gallo para optar el Grado de DOCTOR EN CIENCIAS AMBIENTALES**

APROBADO POR:

**Dr. ADOLFO DIAZ EYZAGUIRRE
PRESIDENTE DEL JURADO**

**Dra. CARMEN CARREÑO FARFAN
SECRETARIO DEL JURADO**

**Dr. JAIME LUCHO CIEZA SÁNCHEZ
VOCAL DEL JURADO**

**Dr. CÉSAR GARCÍA ESPINOZA
ASESOR**

DEDICATORIA

A la memoria de mi padre José Prudencio.

A mi madre Lucila por su amor y por ser ejemplo de esfuerzo, dedicación y perseverancia.

A mi Madre Nelly por sus consejos, su cariño y su apoyo de toda la vida.

A mi Esposa Milagro por su amor incondicional, por su comprensión y su sensibilidad.

A mis Hijos Luciana Valentina y Gabriel Antonio quienes son la razón de mi vida y su sola existencia, me impulsan a ser cada día mejor.

A mis hermanos Hilda, Lupe, Edward, Carlos y Karina por su cariño y por su apoyo.

A mis sobrinos Adriana, Michael, Percy, Paola, Tatiana, Jefry, Sebastián, Valeria, Sofía y Mateo.

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento muy especial Al Dr. Lucio Antonio Sánchez Araujo por sus sabios consejos y porque siempre me alentó a mirar la vida como una oportunidad para mejorar.

A los docentes de la Escuela de Post Grado de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo por su entrega desinteresada de sus valiosos conocimientos y experiencias.

Un agradecimiento a mi asesor el Dr. Cesar García Espinoza por ser un gran maestro y un gran amigo.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

I. ANÁLISIS DEL OBJETO DE ESTUDIO.....	6
II. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 IMPACTO AMBIENTAL.....	6
2.2 IDENTIFICACION DEL IMPACTO AMBIENTAL.....	11
2.3 LA DINÁMICA DE SISTEMAS (DS) Y SU APLICACIÓN EN ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL.....	12
2.3.1 METODOLOGÍA Y CONCEPTOS UTILIZADOS EN LA DINÁMICA DE SISTEMAS.....	14
2.3.2 SISTEMA DINÁMICO.....	15
2.3.3 LÍMITES DEL SISTEMA.....	15
2.3.4 DIAGRAMAS CAUSALES.....	16
2.3.5 DIAGRAMAS DE FORRESTER.....	16
2.4 INDUSTRIA DE LADRILLO INDUSTRIAL PERSPECTIVAS Y ACTUALIDAD.....	17
2.4.1. Ladrillo Industrial: Descripción del Proceso Productivo.....	19
2.4.2. Ladrillo Industrial: Producción, Consumo y Distribución en la Región.....	26
2.4.3. Ladrillo Industrial: Aspectos e Impactos ambientales.....	31
2.5 MODELACIÓN DEL SISTEMA	39
2.6 DEFINICIÓN DEL NÚCLEO O PROBLEMA A ESTUDIAR	40
2.7 IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES Y ESTABLECIMIENTO DE SUS RELACIONES.....	41
2.7.1 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.....	41
2.7.2 ESTABLECIMIENTO DE RELACIONES (DIAGRAMA CUASAL).....	44
2.8 DIAGRAMA DE FORRESTER	45
2.8.1 CLASIFICACIÓN DE LAS VARIABLES DEL	

DIAGRAMA.....	49
2.8.2 SUPUESTO.....	59
2.8.3 VALIDACIÓN DEL MODELO.....	59
III. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	63
3.1 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS.....	63
3.2 PROPUESTA TEÓRICA.....	66
IV. CONCLUSIONES.....	67
V. RECOMENDACIONES.....	69
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1 Mapa de Región Lambayeque.....	7
Figura N° 2 Proceso de Fabricación de ladrillo de Arcilla.....	25
Figura N° 3 Mapa de Ubicación de Industrias Ladrilleras e Influencia de emisiones gaseosas en la Región.....	28
Figura N° 4 Proceso productivo del ladrillo: Elementos de entrada y salida - Impactos que se generan.....	32
Figura N° 5 Sistema de coordenadas y geometría básica de la ecuación gaussiana del penacho.....	34
Figura N° 6 MP ₁₀ vs RA.....	41
Figura N° 7 Diagrama Causal del Sistema.....	44
Figura N° 8 Diagrama de Forrester Proceso productivo de la Industria Ladrillera.....	45
Figura N° 9 Diagrama de Forrester Emisiones Gaseosas y Material Particulado menor 10 micras.....	46
Figura N° 10 Diagrama de Forrester Relación Concentración de MP ₁₀ y Rinitis Alérgica y Vasomotora.....	47
Figura N° 11 Diagrama de Forrester Integrado de todo el Proceso productivo, Alérgica y vasomotora.....	48
Figura N° 12 Consumo de Ladrillo Real y Simulado Región Lambayeque 2002- 2015.....	60
Figura N° 13 Promedio anual de Material Particulado (PM ₁₀) Real y Simulado para Ind., Ladrillera.....	61
Figura N° 14 Casos de Rinitis Alérgica y Vasomotora real y Simulada para Ind, Ladrillera.....	62
Figura N° 15 Producción total de ladrillo y Casos de Rinitis Alérgica y Vasomotora.....	93
Figura N° 16 Concentración de MP ₁₀ y Casos de Rinitis Alérgica y Vasomotora	
Figura N° 17 Emisiones de CO ₂ eqv. nivel Nacional y Las emisiones CO ₂ eqv. Generadas por Producción de Ladrillo Industrial en región Lambayeque.....	94

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Producción de ladrillo a nivel Nacional 2003 – 2012.....	26
Tabla N° 2 Venta de Cemento en Toneladas.....	27
Tabla N° 3 Producción y venta de ladrillos año 2017 – Lambayeque.....	28
Tabla N° 4 Coordenadas de ubicación de Industrias ladrilleras en la Región.....	30
Tabla N° 5 Producción y Consumo de Ladrillo en la Región Lambayeque.....	30
Tabla N° 6 Modelo difusión velocidad viento - Radiación $X \leq 1$ Km.....	76
Tabla N° 7 Modelo difusión velocidad viento - Radiación $X > 1$ Km.....	76
Tabla N° 8 Casos de Rinitis Alérgica y Vasomotora – Lambayeque.....	35
Tabla N° 9 Material particulado (PM ₁₀) en la claramente existe una relación directa.....	35
Tabla N° 10 Emisiones de CO ₂ equiv. a Nivel Nacional 2002-2014.....	37
Tabla N° 11 Valores de MP ₁₀ y RA completados por método de línea de tendencia.....	38
Tabla N° 12 MP ₁₀	38
Tabla N° 13 Rinitis Alérgica y Vasomotora.....	38
Tabla N° 14 Factores de Emisión CO.....	77
Tabla N° 15 Factores de Emisión NO _x	78
Tabla N° 16 Factores de Emisión SO _x	79
Tabla N° 17 Factores de Emisión (kg/tonelada Material) (EPA).....	80
Tabla N° 18 Factores de Emisión MP ₁₀	81
Tabla N° 19 Factores de Emisión PM ₁₀ almacenamiento de Carbón.....	82
Tabla N° 20 Listado de Aspectos e Impactos ambientales.....	42
Tabla N° 21 Consumo de Ladrillo Real y Simulado Región Lambayeque 2002-2015.....	60
Tabla N° 23 Emisiones de CO ₂ eqv. Nivel Nacional y las Emisiones CO ₂ eqv. Generadas por Producción de Ladrillo Industrial en Región Lambayeque.....	64
Tabla N° 24 Correlación de Spearman MP ₁₀ y Rinitis Alérgica y Vasomotora.....	82

Tabla N° 25 SCC para EPA establece códigos para tipos e Hornos en Ladrilleras.....	83
Tabla N° 26 Estándares de Calidad Ambiental para Aire (Perú).....	83
Tabla N° 27 Factores de Emisión Industria Ladrillera (1).....	84
Tabla N° 28 Factores de Emisión Industria Ladrillera (2).....	85
Tabla N° 29 Emisiones Combustible Gas Natural.....	86
Tabla N° 30 Emisiones Combustible Carbón.....	87
Tabla N° 31a Datos Simulados de Consumo de Materia Prima, Emisiones gaseosas, Material Particulado menor de 10 micras y Casos de Rinitis alérgica y Vasomotora 2002- 2017.....	89
Tabla N° 31b Datos Simulados de Consumo de Materia Prima, Emisiones gaseosas, Material Particulado menor de 10 micras y Casos de Rinitis alérgica y Vasomotora 2018-2032.....	90
Tabla N° 32 Balance de Masa Carbón Antrasítico.....	91
Tabla N° 33 Balance de Masa Cascarilla de Arroz.....	91
Tabla N° 34 Resumen de Inventario de Emisiones.....	92
Tabla N° 35 Factores de Producción Industria Ladrillera.....	92
Tabla N° 36 Potencial de Calentamiento Global de Emisiones.....	93

ANEXOS

Anexo Tabla N° 6 Modelo difusión velocidad viento - Radiación $X \leq 1$ Km.....	76
Anexo Tabla N° 7 Modelo difusión velocidad viento - Radiación $X > 1$ Km.....	76
Anexo Tabla N° 14 Factores de Emisión CO.....	77
Anexo Tabla N° 15 Factores de Emisión NOx.....	78
Anexo Tabla N° 16 Factores de Emisión SOx.....	79
Anexo Tabla N° 17 Factores de Emisión (kg/tonelada Material)(EPA).....	80
Anexo Tabla N° 18 Factores de Emisión MP ₁₀	81
Anexo Tabla N° 19 Factores de Emisión PM ₁₀ almacenamiento de Carbón.....	82
Anexo Tabla N° 24 Correlación de Spearman MP ₁₀ y Rinitis Alérgica y Vasomotora.....	82
Anexo Tabla N° 25 SCC para EPA establece códigos para tipos e Hornos en Ladrilleras.....	83
Anexo Tabla N° 26 Estándares de Calidad Ambiental para Aire.....	83

Anexo Tabla N° 27 Factores de Emisión Industria Ladrillera (1).....	84
Anexo Tabla N° 28 Factores de Emisión Industria Ladrillera (2).....	85
Anexo Tabla N° 29 Emisiones Combustible Gas Natural.....	86
Anexo Tabla N° 30 Emisiones Combustible Carbón.....	87
Anexo Encuesta Técnica N°1.....	88
Anexo Tabla N° 31a Datos Simulados de Consumo de Materia Prima, Emisiones gaseosas, Material Particulado menor de 10 micras y Casos de Rinitis alérgica y Vasomotora 2002- 2017.....	89
Anexo Tabla N°31b Datos Simulados de Consumo de Materia Prima, Emisiones gaseosas, Material Particulado menor de 10 micras y Casos de Rinitis alérgica y Vasomotora 2018-2032.....	90
Anexo Tabla N° 32 Balance de Masa Carbón Antrasítico.....	91
Anexo Tabla N° 33 Balance de Masa Cascarrilla de Arroz.....	91
Anexo Tabla N° 34 Resumen de Inventario de Emisiones.....	92
Anexo Tabla N° 35 Factores de Producción Industria Ladrillera.....	92
Anexo Tabla N° 36 Potencial de Calentamiento Global de Emisiones.....	93
Anexo Figura N° 15 Producción total de ladrillo y Casos de Rinitis Alérgica y Vasomotora.....	93
Anexo Figura N°16 Concentración de MP ₁₀ y Casos de Rinitis Alérgica y Vasomotora.....	94
Anexo Figura N°17 Emisiones de CO ₂ eqv. Nivel Nacional y Las emisiones CO ₂ eqv. Generadas por Producción de Ladrillo Industrial en región Lambayeque.....	94

RESUMEN

Siempre el ser humano ha tenido la tendencia de construir y edificar para lo cual requería de un material adecuado y uniforme que apilado o acomodado adecuadamente fuera dando forma a su propósito, es así, que aparece el ladrillo, siendo variada su forma de fabricación y la materia prima utilizada.

Y como se sabe que toda actividad del hombre genera contaminación es que el proceso de fabricación de ladrillo no está exento de esto, y el conocer cuáles son los impactos ambientales más significativos que genera esta actividad productiva es el objetivo de esta investigación, utilizando para esto dinámica de sistemas con la creación de un modelo de simulación dinámica que nos permitirá generar datos permitiéndonos identificar los impactos ambientales más significativos.

Este trabajo inicia describiendo el proceso productivo de fabricación de ladrillo industrial, lo que nos permitió identificar los impactos ambientales producidos por la industria ladrillera a través del análisis de cada etapa del sistema productivo, estableciendo límites para el modelo, elaborando diagramas causales y diagrama de forrester, identificando las variables y estableciendo de sus relaciones. El modelo a diferencia de los métodos tradicionales de identificación de impactos nos permite predecir posibles consecuencias de los impactos en el tiempo, alternado o variando diferentes escenarios.

A través de los datos obtenidos concluimos que los impactos más significativos se generan en la etapa de los hornos, traducéndose esta en la emisión de gases y la generación de material articulado.

ABSTRACT

Always the human being has had the tendency to build and build for which it required a suitable and uniform material that adequately stacked or accommodated outside giving shape to its purpose, that is, that the brick appears, being varied its form of manufacture and the Raw material used.

And since it is known that every activity of the man generates pollution is that the process of brick making is not exempt from this, and knowing what are the most significant environmental impacts generated by this productive activity is the objective of this research, using for this Dynamics of systems with the creation of a dynamic simulation model that will allow us to generate data allowing us to identify the most significant environmental impacts.

This work begins by describing the productive process of manufacturing industrial brick, which allowed us to identify the environmental impacts produced by the brick industry through the analysis of each stage of the production system, establishing limits for the model, elaborating causal diagrams and forrester diagram , Identifying the variables and establishing their relationships. The deferential model of the traditional methods of identification of impacts allows us to predict possible consequences of impacts over time, alternating or varying different scenarios.

Based on the data obtained, we conclude that the most significant impacts are generated in the furnace stage, resulting in the emission of gases and the generation of articulated material.

INTRODUCCIÓN

En el departamento de Lambayeque, la actividad ladrillera es esencialmente de carácter Industrial y solo en esta región existen 10 industrias ladrilleras, este hecho nos permite identificar a esta actividad como creciente y si bien es cierto que aun existes ladrilleras artesanales a las afueras de la región estas son mucho menos que años atrás.

Como toda actividad antropogénica produce contaminación, esta actividad cuyo proceso productivo va desde la extracción de materia prima, moldeado, secado, quemado o cocido y comercializado también produce contaminación mediante emisiones gaseosas, efluentes líquidos y residuos sólidos que son mencionadas por (Arechiga, Mungia y Marquez 2012, 20) “Las concentraciones promedio de PM10 registradas se observaron niveles de partículas promedio de 93 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (cercano a la industria), muy por arriba a los registrados en “Hospital” y “CCA”, con 44 y 41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente. Lo anterior demuestra el impacto que se genera con niveles elevados de partículas suspendidas cerca a las ladrilleras posiblemente a una deposición en los alrededores”.

En lo que respecta a la extracción de materia prima que es tierra (Casado 2005, 12) menciona “La extracción de la materia prima (tierra) removiendo la base de los taludes o excavando y haciendo que quede un desnivel con relación a las zonas circundantes, afecta grandes áreas y genera impactos negativos como la eliminación de la capa orgánica fértil junto con la vegetación arbórea, arbustiva y herbácea, quitando capacidad de drenaje y sostén al terreno incrementando el riesgo de erosión e inestabilidad”.

Estos estudios son antecedentes de que la industria ladrillera produce impactos significativos sobre el medio ambiente y la salud.

En lo que respecta al uso de dinámica de sistemas para identificar impactos ambientales según (Ruiz 2001) menciona “La modelación matemática es una metodología sistemática de comprobado éxito en el descubrimiento y

entendimiento de los procesos y causas subyacentes en la naturaleza basada sobre sus pares observables y sus relaciones”

Un modelo dinámico integra la mayor cantidad de factores que intervienen en el proceso y sus resultados pueden predecir los efectos o secuelas en el medio ambiente y la salud como lo declararía (Rivera 2013) “El efecto de estos parámetros en la contaminación y salud de la población ha sido estudiado como una relación de causa-efecto planteándose un modelo dinámico de manera que usando un programa de simulación computarizada, podemos conocer su comportamiento en el futuro. De esta manera estaríamos en las posibilidades de reducir la contaminación del aire, o al menos evitar su incremento, mediante el control sobre estos parámetros”.

El uso de estos modelos son usados cada vez más frecuentemente, especialmente para proyectar un comportamiento futuro que implique aspectos ambientales como es caso del modelo de dinámica de sistemas para disponibilidad de biomasa forestal en zonas rurales aisladas desarrollado en el 2001 por Ana Ruz en su tesis doctoral, así mismo el Modelo Dinámico para determinar la incidencia de los factores contaminantes del aire en la población de Lima Metropolitana desarrollado en el 2013 por Mg. Juan Manuel Rivera Poma.

I. ANÁLISIS DEL OBJETO DE ESTUDIO

1.1 Ubicación

El presente estudio se realizará en la Región Lambayeque en las empresas dedicadas a la Fabricación y Comercialización de ladrillo Maquinado Industrial de cerámica ubicados en toda la región.

La región está conformada por el departamento de Lambayeque está situado en la costa norte del territorio peruano, a 765 kilómetros de la capital de la república (Lima). Según el censo del 21 de octubre de 2007, tiene una población estimada de 1112868 de habitantes, su densidad poblacional es de 80,1 habitantes/km y su tasa de crecimiento anual es de 0.9 %. La población urbana equivale al 79.5% mientras que la población rural al 20.5% del total. Figura N°1 Mapa de Región Lambayeque

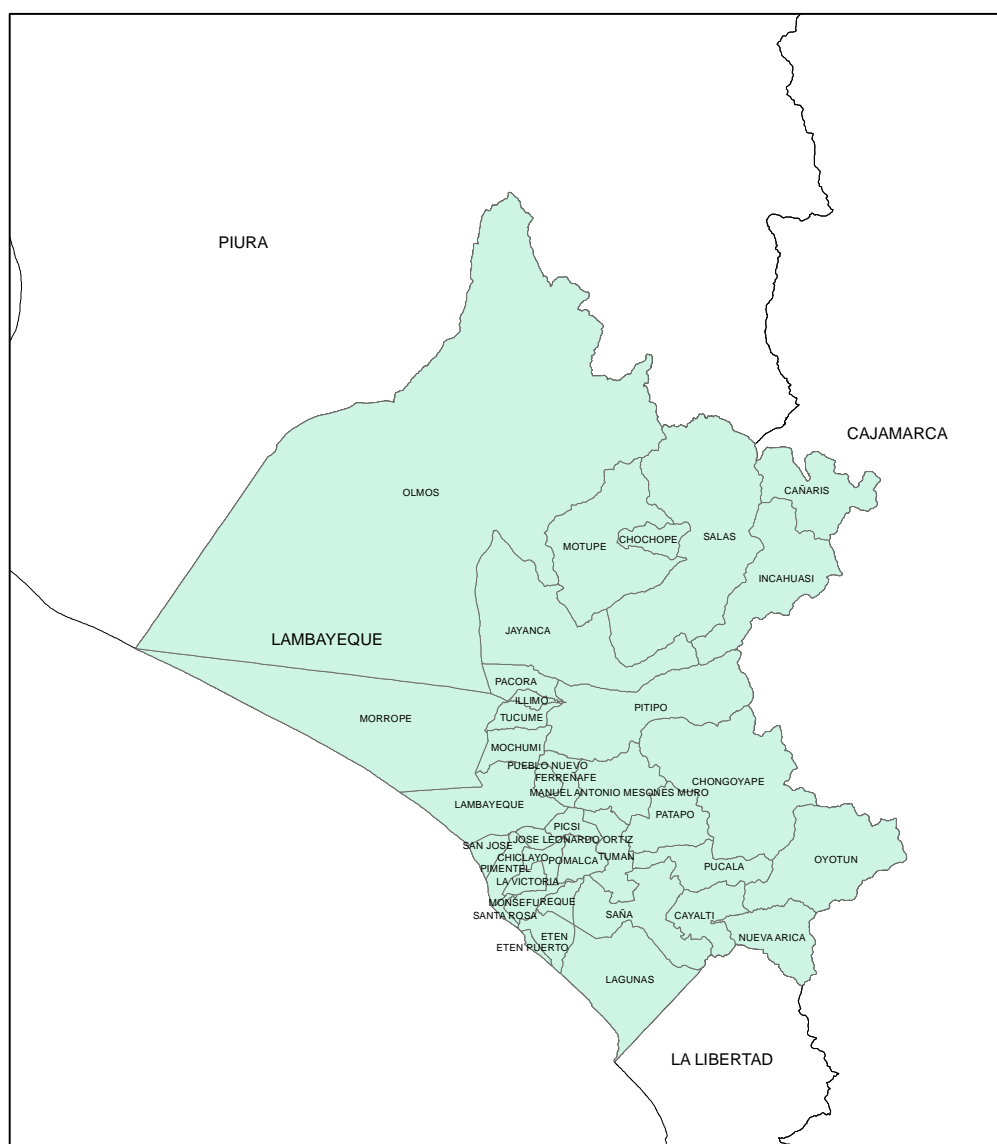
1.2 Problemática

A raíz del progreso humano que trae consigo la necesidad de satisfacer diferentes necesidades entre ellas las de vivienda, es que surgen las industrias que proveen de materiales o insumos para la construcción, provocando el uso masivo de recursos naturales y combustibles generando emisiones gaseosas, afluentes líquidos y residuos sólidos que contaminan el medio ambiente.

Este proceso de extracción, consumo de recursos y generación emisiones han ido creciendo en los últimos años arrastrada por el vertiginoso crecimiento de la construcción, generando impactos en el medio ambiente. La identificación de estos impactos es el principal objetivo de este estudio el mismo que puede realizarse a través de relaciones y métodos cualitativos a través de matriz de Leopold o matrices de importancia, sin embargo la propuesta de este estudio es la utilización de la dinámica de sistemas para la identificación de los

impactos ambientales significativos pudiendo también a través de diversos escenarios exponer las consecuencias de estos impactos en el tiempo, para proponer alternativas orientadas a anular o mitigar total o parcialmente los impactos ambientales.

Gráfico N°1 Mapa de la Región Lambayeque y Provincias



Fuente: Elaboración propia

1.4 Metodología del Trabajo

1.4.1 En gabinete y Campo

Etapas Descriptiva:

Hace referencia a una realización de una descripción detallada de las etapas de fabricación industrial que tiene el ladrillo en la región Lambayeque toda la información de carácter tanto primario como secundario necesaria para determinar los aspectos e impactos ambientales generados por determinada actividad y las personas involucradas con esta.

Inicialmente se elaboró una lista en base a encuestas sobre la el número de empresas relacionadas con el rubro de fabricación de ladrillos, la capacidad de producción y sus sistemas de comercialización, sus sistemas productivos, el usos de combustibles que utilizan, tipo de hornos etc. Para la identificación de los aspectos e impactos ambientales existentes se realizaron recorridos por la plantas de producción con la finalidad de encontrar alguna actividad potencialmente agresiva con el medio ambiente; las herramientas indispensables para encontrarlas fueron la observación, las listas de chequeo y la recolección de información como registros de calidad.

La revisión de los manuales de procesos, los registros de la lista de chequeo, de consumo de combustibles y materias primas, monitoreo de emisiones gaseosas y material particulado.

Etapas Analítica:

Esta parte incluye el análisis y priorización de aspectos e impactos ambientales localizados. Se identificaron las variables y el establecimiento de sus relaciones que existen en ellas a través de diagramas causales y se genera un diagrama de forrester, se clasificación las variables del diagrama y se elabora un Modelo de simulación en base a Dinámica de sistemas.

En esta etapa se confrontaron los resultados de los aspectos e impactos ambientales que generan las actividades productivas de la empresa.

Etapas Propositivas:

La etapa propositiva, es la etapa más importante ya que en esta se formula las conclusiones que darán paso a las propuestas orientadas a mitigar los impactos ambientales producidos.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 IMPACTO AMBIENTAL

El progreso de la humanidad siempre propone cambios, y en la búsqueda de su progreso los cambios van generando necesidades que deben ser satisfechas, como menciona, (Herrera 2008, 125) A medida que aumenta el poder del hombre y su “dominio” sobre la naturaleza, aparecen nuevas necesidades sociales como lo son la alimentación, vestido, casa transporte entre otros. Estas necesidades básicas de las personas están vinculadas al desarrollo científico y tecnológico, y al acelerado crecimiento demográfico, la cual altera al medio ambiente, GENERANDO IMPACTOS AMBIENTALES, llegando en algunos casos a atentar contra el equilibrio biológico de nuestro planeta.

Según (Cuberos 2008) Sánchez, define el impacto ambiental como la “Alteración de la calidad ambiental que resulta de la modificación de los procesos naturales o sociales provocada por la acción humana”.

En el caso de la elaboración de ladrillos (Casado, Elaboracion de Limites Maximos Permisibles de Emisiones para la Industria Ladrillera 2010, 14) menciona que el principal impacto que genera la actividad de fabricación de ladrillos es sobre la calidad del aire y en segundo lugar sobre la morfología del terreno. En el primer caso debido principalmente a las emisiones de humos procedentes de los hornos en la etapa de cocción que causan efectos directos e indirectos sobre la salud humana, la flora, la fauna, los cuerpos de agua, y contribuyen al cambio climático global. En el segundo caso porque la explotación de las canteras produce excavaciones que no solamente afectan el paisaje sino también la estructura y configuración del terreno ocasionando deforestación, pérdida de la capa productiva del suelo, y erosión.

Los Impactos ambientales puede agruparse según (Valderrama y Chavarro 2014) Quiroga menciona 3 grupos

- Indicadores de impacto al medio ambiente: Permiten calcular los impactos del proyecto al medio biótico y abiótico de su área de influencia y están asociados directamente al uso y agotamiento de los recursos naturales, efectos sobre el recurso geológico y afectación a la fauna y flora.
- Indicadores de impacto sociocultural: Permiten conocer las principales características de la población de la zona de influencia del proyecto y su relación con el mismo, están ligados a efectos en las costumbres, estilos de vida, salud y entorno de las poblaciones.
- Indicadores de impacto económico: Buscan identificar y estimar el valor económico de los impactos ambientales de tal manera que estos puedan incluirse dentro del análisis de evaluación económica ambiental del proyecto y contribuir en la determinación de la viabilidad del mismo

2.2. IDENTIFICACION DEL IMPACTO AMBIENTAL

Según (Arboleda 2008) la identificación de impacto ambiental “Corresponde a la determinación de la existencia de un cambio en alguna de las condiciones ambientales por efecto de una acción del proyecto”

La identificación de impactos ambientales que producen las acciones de un proyecto o proceso de industrial es una labor de gran importancia dentro del estudio de impactos ambientales ya que esta identificación se acompaña con una descripción de tallada con el objetivo de evaluar qué cambios y pueden generar en el medio ambiente determinando los componentes y factores del ambiente que pueden ser modificados; De allí que identificación de impactos ambientales siempre preceden a la evaluación de los mismos.

Los objetivos fundamentales de la identificación y evaluación de los impactos ambientales son los siguientes según (Arboleda 2008):

- Identificar los principales impactos ambientales que puede generar el proyecto sobre el ambiente donde se insertará.
- Determinar la relación causa-efecto o sea el análisis de las razones que permiten explicar dicho impacto y estimar o valorar la significancia de las modificaciones ocasionadas.
- Analizar las causas y las consecuencias de los impactos con el fin de proponer las soluciones o acciones necesarias para el manejo de los mismos.
- Determinar el área de influencia definitiva del proyecto o sea el espacio hasta donde se extenderán sus consecuencias (realmente lo que se debe hacer es confirmar la validez del área de influencia preliminar que se planteó en el capítulo de caracterización del ambiente).
- Facilitar la comunicación de los resultados a las partes interesadas, incluyendo los tomadores de decisión y la comunidad.

2.3. LA DINÁMICA DE SISTEMAS Y SU APLICACIÓN EN ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL

La Dinámica de Sistemas nace a partir de la teoría de sistemas, ya que se emplea como método para entender el comportamiento no lineal de sistemas complejos. La idea principal para su análisis inicial consiste en entender la estructura del sistema y en sus inicios se desarrolló para dar soluciones a problemas industriales.

Al hablar de la dinámica de un sistema según (Aracil, Dinámica de Sistemas 1995) nos referimos a que las distintas variables que podamos asociar a sus partes y que sufren cambios a lo largo del

tiempo, como consecuencia de las interacciones que se producen entre ellas.

Podemos decir también que la dinámica de sistemas es una metodología mediante la cual es posible crear modelos de sistemas con cierto grado de complejidad que interactúan en forma constante con el medio.

Para (García 2014) La Dinámica de Sistemas se puede aplicar a un amplio abanico de problemas que nos encontramos a diario, pero en muchas otras ocasiones otras metodologías o nuestra intuición nos ofrecerá una solución. A si mismo García menciona que la dinámica de Sistemas permite la construcción de modelos tras un análisis cuidadoso de los elementos del sistema.

La dinámica de sistemas es hoy utilizada en casi todas las áreas de la ciencia entre ellas la ciencia ambiental como lo menciona L. Gutiérrez en 1980 y D:H: Meadows en 1973 según (Aracil y Francisco 1997) “Otra área en que ha servido para importantes aplicaciones es la de los sistemas ecológicos y medioambientales, en donde se ha aplicado tanto a problemas de dinámica de poblaciones como de difusión de la contaminación”.

En el 2013 Rivera desarrollo en Lima Peru un Modelo Dinámico para determinar la incidencia de los factores contaminantes del aire en la poblacion de Lima Metropolitana. En el 2001 Ruiz desarrollo en Chile un Modelo de Simulacion para evaluar el Horizonte de Contaminacion con cobre de bosques Esclerofilo

Valderrama y Chavarro en el 2014 realizaron un estudio dinámico del Impacto Ambiental asociado al reciclaje y reutilización de envases pet en el valle del Cauca aplicando dinamica de sistemas.

2.3.1. METODOLOGÍA Y CONCEPTOS UTILIZADOS EN LA DINÁMICA DE SISTEMAS:

Una metodología utilizada es la que menciona (Valderrama y Chavarro 2014) y expuesta con mas detalle por (Amézquita 2006)

1. **Definición del núcleo problema a estudiar:** Este paso exige el pleno conocimiento del sistema y el problema que se desea resolver en él mediante la simulación del mismo. El conocimiento en detalle requerirá la participación de expertos, que propondrán las posibles interacciones y actividades realizadas por los elementos que componen dicho sistema.
2. **Identificación de variables y establecer sus relaciones:** No necesariamente se debe describir el sistema en todas sus variables, lo cual harían de este paso, un proceso arduo y muy complejo. Si se cumple a cabalidad el objetivo de la fase anterior, solo se tomarán en cuenta aquellas variables involucradas en el problema a estudiar, limitando el sistema a un modelo simplificado, con comportamiento y resultados similares al modelo real.
3. **Construcción y simulación del modelo:** Se procede a establecer el mapa completo de variables y relaciones, que conciben el sistema en un diagrama de flujo. Este modelo deberá ser adaptado a un software, Vensim, que facilitan su incorporación al ordenador. El modelo creado necesitará ser validado con la realidad, mostrando congruencia con los resultados arrojados en la simulación.
4. **Interpretación de resultados:** Como última fase, los resultados se analizarán identificando ciertos comportamientos de interés. Se podrá modificar el modelo para generar escenarios alternativos, visualizando mediante la simulación, las consecuencias en el sistema a través de los nuevos resultados arrojados (pasando de un modelo cuantitativo a resultados meramente cualitativos).

2.3.2. SISTEMA DINÁMICO

Según se explica un sistema dinámico es un sistema cuyo estado evoluciona con el tiempo. Los sistemas físicos en situación no estacionaria son ejemplos de sistemas dinámicos, pero también existen modelos económicos, matemáticos y de otros tipos que son sistemas abstractos que son, además, sistemas dinámicos. (Enciclopedia Libre s.f.)

Por otra parte según (Valderrama y Chavarro 2014) Los modelos en dinámica de sistemas están conformados por relaciones entre flujos de material, flujos de información, representaciones de los procesos en la toma de decisiones y la forma como estos se retroalimentan, en este sentido un sistema dinámico es un conjunto de elementos que presenta cambios o evolucionan a lo largo del tiempo, además está conformado por:

- Un conjunto de elementos en interacción o no, dependiendo de si es complejo o no.
- Diagramas causales en los que se puede mostrar su comportamiento.
- Variables endógenas (provocadas por el propio sistema) o exógenas (afectan al sistema sin que este las provoque).

2.3.3. LÍMITES DEL SISTEMA

El comportamiento de un sistema dinámico se puede caracterizar determinando los límites del sistema, los elementos y sus relaciones; de esta forma se pueden elaborar modelos que buscan representar la estructura del mismo sistema.

Al definir los límites del sistema se hace, en primer lugar, una selección de aquellos componentes que contribuyan a generar los modos de comportamiento, y luego se determina el espacio donde se llevará a cabo el estudio, omitiendo toda clase de aspectos irrelevantes. (Enciclopedia Libre s.f.)

2.3.4. DIAGRAMAS CAUSALES

Los diagramas causales son una herramienta útil en dinámica de sistemas. Ellos ilustran la estructura de realimentación del sistema. Al ser una concepción conceptual, también sirven para identificar los mapas mentales de las personas u organizaciones.

Estas permiten evidenciar las relaciones causa - efecto y los cambios ocasionados por una variable A en una B o viceversa, en este aparecen formalizados los elementos del sistema y se establecen las relaciones entre ellos, haciendo constar cuál es el signo de variación esperado entre cada par de elementos. (Valderrama y Chavarro 2014)

2.3.5. DIAGRAMAS DE FORRESTER

(Caro y Goyhenecha 2006). Los diagramas de Forrester (DF) son herramientas específicas de modelado de la dinámica de sistemas (DS), que es una metodología para el estudio y análisis de sistemas continuos complejos, mediante la búsqueda de relaciones entre los subsistemas (especialmente lazos de realimentación). Ésta mira al sistema como un "todo", empleando normalmente el computador para simulación. La génesis y el desarrollo de la Dinámica de Sistemas constituyen una manifestación del paradigma de sistemas.

Según (Caro y Goyhenecha 2006) Los diagramas de Forrester están compuestos por los siguientes elementos:

1. Variables de Estado Los niveles son conocidos también como acumulaciones o variables de estado. Los niveles varían a través de un período de tiempo.
2. Variables de Flujo Las variables de flujos determinan las variaciones en los estados del sistema. Las variables de flujo caracterizan las acciones que se toman en el sistema, las cuales quedan acumuladas en los correspondientes estados.

3. Variables Auxiliares Una variable auxiliar es aquella que realiza cálculos auxiliares. Las variables auxiliares se introducen al modelo para dar una mayor claridad de los pasos que se llevan a cabo para hacer los cálculos que dan como resultado cambios en las variables de nivel.

2.4. INDUSTRIA DE LADRILLO PERSPECTIVAS Y ACTUALIDAD

Como ya se mencionó la industria ladrillera está creciendo a un ritmo sostenido en la región presenta un crecimiento de 8% anual desde el 2005, en la actualidad es una industria de alto rendimiento económico por tal motivo despierta cada día más el interés de los inversionistas privados quienes en la búsqueda de y más mas ganancias descuidan en gran medida los impactos ambientales que ocasionan estas actividades productivas entre ellas las emisiones de gaseosas provenientes de la etapa de cocción que contienen sustancias toxicas y tiene relación directa con el combustible que se utilizan, en la Región se sabe que 9 de cada 11 ladrilleras utilizan cisco de carbón mineral mezclado con pajilla de arroz, (el resto GNC desde el 2013), por otro lado (Abril y Navarro 2009, 2) menciona que al quemarse la paja de arroz, los gases producidos son principalmente dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y otros en trazas como: óxido nitrógeno (NO_x), dióxido y monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de azufre (SO_x), MP y agua.

En lo que respecta al carbón mineral (Lockwood y Welker-Hood 2009, 4) menciona que la fase de combustión del ciclo de vida del carbón es la que ejerce un mayor daño sobre la salud humana. La combustión del carbón libera al medioambiente una combinación de químicos tóxicos y contribuye de manera significativa al calentamiento global. La combustión el carbón libera dióxido de azufre, material particulado (PM), óxidos de nitrógeno, mercurio y decenas de otras sustancias conocidas por ser peligrosas para la salud humana. La combustión del carbón contribuye a la generación del smog mediante

la liberación de óxidos de nitrógeno los que reaccionan con compuestos orgánicos volátiles en presencia de la luz solar para producir ozono troposférico que es el principal ingrediente del smog.

También (CORPOCESAR 2013, 12) menciona que el uso de combustibles, casi siempre fósiles como el carbón y el gas natural generan emisiones atmosféricas de contaminantes como NO_x, SO_x, CO y material particulado, y emisiones de gases de efecto invernadero tales como CO₂, CH₄ y carbono negro (hollín).

Cabe mencionar que el diseño tecnológico y manejo de instalaciones también contribuyen a incrementar los contaminantes que se vierten al medio ambiente como lo describe (Lopez 2011, 2) “Como efecto del bajo rendimiento térmico de los hornos se produce contaminación atmosférica por emisión de CO, CO₂, azufre, nitrosos y partículas en suspensión”.

Por tales motivos es imperativo identificar los impactos más significativos que la industria ladrillera tiene sobre el medio ambiente y la salud tanto del trabajador como de los moradores de la zona, así es como lo menciona (Zapata 2009, 60) que el grupo con riesgo latente en su salud que son los trabajadores reportan que el 25% de trabajadores con policitemia, con una permanencia de 24 horas diarias y 9 años de labor ocupacional en el sector ladrillero.

La identificación de estos impactos nos significará tomar acciones directas sobre los mismos con el objetivo de anular o mitigar sus consecuencias en el medio ambiente y la salud, y es posible realizarlo utilizando un modelo de dinámica de sistemas, entendiendo que la dinámica de sistemas (DS) es una herramienta que en sus inicios se desarrolló para dar soluciones a problemas industriales, y hoy es ampliamente utilizada y que según su propio autor (Forrester 1981) la define como el “estudio de las características de retroalimentación de la información en la actividad industrial con el fin de demostrar cómo la

estructura organizativa, la ampliación de políticas y las demoras en las decisiones y acciones interactúan e influyen en el éxito de la empresa”.

2.4.1 Descripción del Proceso Productivo

En la figura N° 2 Proceso de fabricación de ladrillo de arcilla, se describen todas las etapas del proceso de fabricación de ladrillo de cerámica como se realiza en más del 90% de la industria ladrillera de la región específicamente en la etapa de cocción en la que usan hornos Hoffmann Abierto y Hornos túnel así como cisco de carbón y GNC

a. Suministro de Materias Primas

La principal materia prima es la arcilla que es una sustancia mineral plástica compuesta principalmente de silicatos de aluminio hidratados en su mayor parte y en menor proporción por minerales y sustancias de naturaleza orgánica. La arcilla no posee en su composición elementos o sustancias cuya vaporización o emisión pueda representar riesgo para la salud humana o los ecosistemas.

Entre sus componentes básicos destacan las materias plásticas como el caolín y la arcilla y los no plásticos o antiplásticos, como el cuarzo, la arena o la pegmatita, que prestan un papel fundamental en el proceso de transformación de los materiales dentro del horno, actuando como fundentes

No se utiliza insumo alguno propiamente dicho a excepción del recurso agua y combustible. La materia prima se mezcla directamente con agua para la preparación de la masa plástica.

Esta industria utiliza en promedio anual 535000 toneladas de tierra por año.

b. Tolva y Alimentación

En esta etapa, la materia prima previamente homogenizada ingresada a una tolva que alimenta a un cajón alimentador el cual dirige esta mezcla a un molino de martillos por medio de una faja. Esta tolva es alimentada por un cargador frontal que trabaja en promedio 1 hora de corrido cada tres horas.

c. Molienda

Para esta etapa de molienda se utiliza un molino de martillos cuyo objetivo es disminuir la granulometría.

Debido a los impactos producidos durante el proceso y el desgaste de los martillos estos tienen que ser rellenos con sitodur en promedio de cada 72 horas.

d. Mezcla

Una vez culminado el proceso de molienda se procede a la mezcla con agua para formar una “masa cerámica plástica”. La mezcla se realiza en una mezcladora mecánica según la formulación establecida para el tipo de producto a fabricar.

La mezcladora está provista de un eje que gira provista de palas equidistantes. El agua se distribuye y regula a lo largo de toda la mezcladora. Esta es una etapa de gran importancia ya que la de la humidificación de la materia prima depende la consistencia del producto final y la performance de la siguiente etapa.

La Mezcladora o amasadora es de marca Souza

Para este proceso se requiere solo para la etapa del mezclado un promedio anual de 106800 m³ de agua.

e. Extrusión y Moldeo

El proceso de moldeo por extrusión que es el que se utiliza en las grandes ladrilleras formándose un molde continuo. La extrusión consiste en el moldeo de la pasta cerámica, es decir, es la etapa del proceso durante la cual se da la forma definitiva a la pieza cerámica.

Se efectúa con vacío para mejorar la cohesión entre las distintas partículas de la pasta cerámica, evitándose en gran medida posibles laminaciones y otra serie de defectos graves.

Cuando se trabaja con un vacío insuficiente, el aire remanente en la masa arcillosa se acumula inmediatamente por debajo de la capa superficial, formándose una cámara de aire en la que pueden llegar a cristalizar sales después de la puesta en obra de la pieza. Estas sales registran cambios de volumen al re-hidratarse, generando tensiones que pueden hacer saltar la capa fina superficial que queda por encima de dichas cámaras de aire.

A medida que aumenta el grado de vacío, la cámara de aire formada se va desplazando hacia la superficie, hasta que llega un momento en que desaparece por completo. Estos problemas se solucionan trabajando con un mejor vacío, adicionando chamota o desengrasantes que dificulten la formación de capas de material orientado, extruyendo más blando y alargando la longitud de salida del molde para aumentar la retención de la pasta y la presión.

Para obtener buenos resultados en la extrusión, es necesario que la materia prima presente las mínimas variaciones en lo que respecta a composición, preparación y contenido en humedad, por lo que el proceso de homogeneización es clave dentro del proceso productivo. Posteriormente la pasta es compactada mediante el empuje de una hélice obligando a pasar el barro a través de un molde, procurando que salga a la misma velocidad por toda la sección del molde.

Es importante controlar la plasticidad de la arcilla para lograr mantener la velocidad de extrusión constante y en paralelo, de las columnas de barro a través del molde. La Extrusora es de marca Souza y en la cámara trabaja a presión de vacío de 15 pulg.

f. Cortadora

De la extrusora se obtiene un churro continuo sobre la mesa cortadora. El cortado se realiza con hilos metálicos en el carro cortador para dar a la pieza las dimensiones definitivas, obteniéndose el ladrillo “crudo”.

g. Secado

El secado consiste en reducir la humedad del ladrillo crudo antes de su ingreso al horno de cocción. Los procesos de secado se realizan al aire libre dispuesta de tal manera que la pérdida de agua sea homogénea. Este proceso origina cambios físicos en el ladrillo, principalmente la reducción del contenido de humedad.

El proceso de secado trae consigo una contracción de las piezas cerámicas lo cual origina tensiones en el material. Un inadecuado proceso de secado origina fallas (grietas) y por ende su descarte reciclándose a la etapa de molienda. El proceso de secado tiene un tiempo de secado que depende de la estación y esta entre 4 a 7 días en el caso del uso de secadoras artificiales es de 24 h en promedio

h. Carga del horno

El ladrillo crudo y secado es cargado al horno y acomodado en un arreglo especial para permitir el encendido así como el flujo de fuego o de calor entre los ladrillos para una cocción uniforme.

i. Cocción

Es el proceso mediante el cual los ladrillos son cocidos y por acción del fuego y del calor se producen los cambios químicos que transforman la arcilla y los demás componentes en productos sinterizados o vitrificados con características estructurales de resistencia a la compresión.

Esta es la etapa más importante en el proceso de fabricación porque cualquier falla significará la pérdida de la producción; así mismo, la cocción genera los mayores impactos de la actividad en la forma de emisiones atmosféricas procedentes de la quema de combustibles en los hornos donde se cuecen los ladrillos.

La cocción se realiza en hornos de tecnología diversa también llamados de llama invertida, en hornos intermitentes de tiro ascendente tipo Escocés o tipo Parrilla, en los cuales el fuego va ascendiendo a través de las sucesivas capas horizontales de ladrillos hasta alcanzar las capas superiores.

Las temperaturas de cocción para ladrillos y otros productos de cerámica fina y de construcción empiezan a 950°C terminando el proceso de cocción como máximo en 1100 °C. Temperaturas superiores producen la fusión y pérdida del ladrillo.

En esta etapa se utiliza un promedio anual de 23400 toneladas de carbón mineral y 4650 toneladas de cascarilla de arroz y 6.2×10^6 m³ de GNC, generando en la combustión cenizas, MP₁₀, CO₂, NO₂ y SO₂. Con una merma promedio de producto para todo el proceso de 5%

Descarga del horno

Una vez que la cocción concluye, según la tecnología empleada en el proceso se ventila el horno o la cámara de cocción para enfriar el

ladrillo cocido y retirarlo del horno. El manipuleo de los ladrillos en el proceso de descarga también puede generar emisiones fugitivas de polvo y cenizas al ambiente. Para el caso de la descarga del Horno túnel la descarga es más rápida

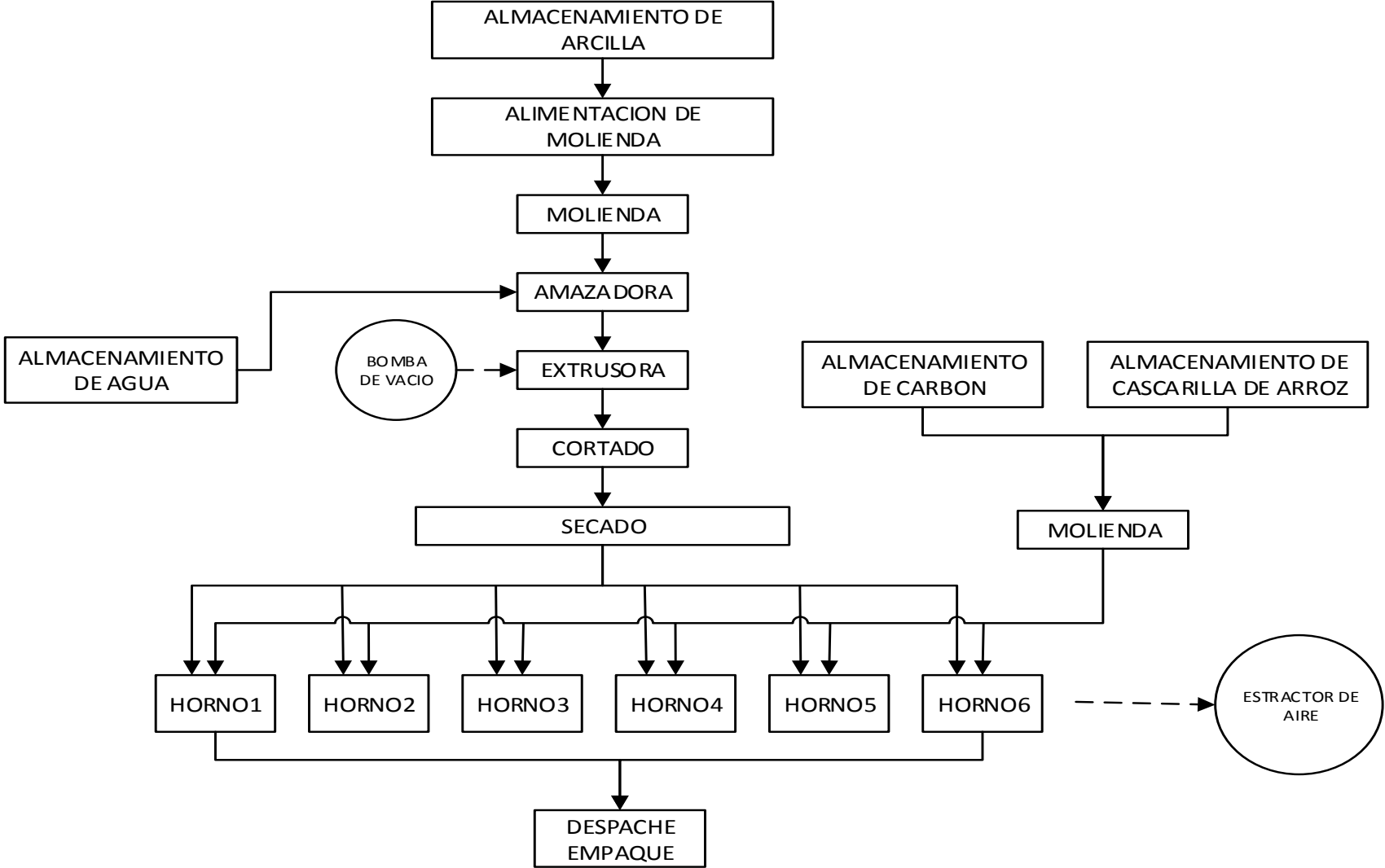
j. Clasificación

Los ladrillos descargados se clasifican según el resultado de la cocción. En las ladrilleras industrializadas se hacen pruebas de laboratorio por lotes para determinar si se están obteniendo las características estructurales requeridas.

Un ladrillo para ser bueno debe reunir cualidades de:

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

Figura N° 2 Proceso de Fabricación de ladrillo de Arcilla



2.4.2 Ladrillo Industrial Producción, Consumo y Distribución en la Región.

Actualmente el INEI entre otras instituciones como el Ministerio de la Producción maneja estadísticas de consumo de ladrillo industrial en el Perú y en distintas regiones del país hechas en función de las ventas que reportan las industrias correspondientes o las entidades fiscalizadoras del sistema financiero como la sunat, estos datos se presenta en la tabla N°1 Producción de ladrillo a nivel Nacional 2003 – 2012.

Sin embargo esta información se toma de las ventas formales realizadas por las diversas empresas en el Perú, sabiendo que la mayor parte de estas industrias productoras y a la vez comercializadoras tienen como conducta común y recurrente realizar ventas informales lo que se hace referencia en (Boletín empresarial 2013) es en este documento se menciona que un 60 % por ciento en venta de ladrillo se vende de manera informal a nivel nacional y recalca que en provincias debería llegar hasta en un 70% de ventas informales.

Así mismo en (Gestión Diario 2017) la Asociación Ladrillera de Cerámicos del Perú (ALACEP) comunica que entre sus metas del año está la de incrementar del 20% de formalidad de sus ventas de ladrillos a un 30% para el año 2018. Esto nos da una idea de las condiciones en las que se encuentra el mercado de ladrillos en el Perú.

Tabla N°1 Producción de Ladrillo a Nivel Nacional
2003 - 2012

Año	miles	toneladas
2003	215 842	971287
2004	206 926	931166
2005	228 701	1029154
2006	247 725	1114765
2007	287 848	1295316
2008	317 641	1429382
2009	310 636	1397861
2010	376 749	1695371
2011	348 774	1569483
2012	298 895	1345027

Fuente Ministerio de la Producción

Esto hace que realicemos otras maneras de buscar un valor real del mercado de ladrillos en el Perú y en la Región Lambayeque entre otras como las encuestas de las ventas producidas en los últimos años por las industrias más importante de la región y su relación que se tiene con el consumo del Cemento, cuyas estadísticas son más certeras y confiables ya que las empresas productoras de este insumo están mucho más regulados. Tabla N° 2 Venta de Cemento en Toneladas

Tabla N° 2 Venta de Cemento en
Toneladas

Año	Lambayeque Toneladas	Total Nacional Toneladas
2002	158368	3738224
2003	149646	3810570
2004	170585	3971151
2005	194805	4350095
2006	227969	5039996
2007	267512	5878081
2008	273458	6740590
2009	303419	7093636
2010	351564	8218233
2011	388104	8570346
2012	486951	9515989
2013	508381	10960605
2014	493263	11032287
2015	545033	10770402

Fuente: INEI y Empresas Productoras de Cemento
y Asociación de Productores de Cemento

En el año 2010 (Agencia Andina Perana de Noticias 2010) el presidente de Cepersa, Raúl Torpoco, detalló que del total nacional, unas 210000 toneladas mensuales se concentran en Lima, mientras que 90000 en el interior del país, una demanda nacional de ladrillos que asciende a 300 000 toneladas mensuales.

Los datos obtenidos de las encuestas realizadas en la región a las principales empresas productoras de ladrillo industrial se detallan en la Tabla N° 3 Producción y venta de ladrillos año 2017 – Lambayeque.

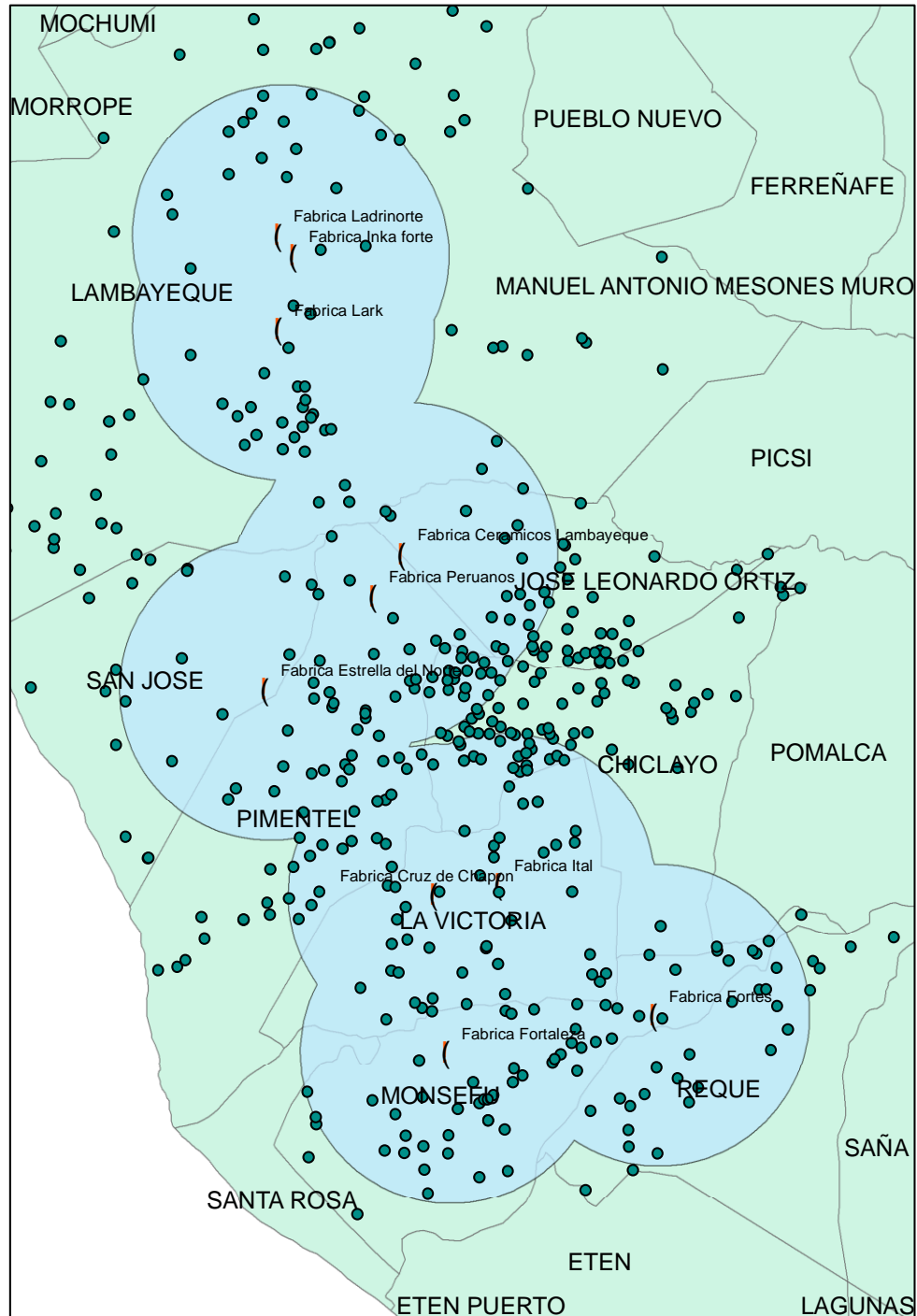
Tabla N°3 Producción y Venta de Ladrillos Año 2017 – Lambayeque

N°	EMPRESA	PROD. MENSUAL TONELADAS	PROD. ANUAL REGION TON	VENTA EN LA REGION TONELDADAS	VENTA EN OTRAS REGIONES TONELADAS
1	LADRILLOS CERAMICOS SAC	7200	86400	47520	38880
2	LADRILLOS FORTES	9600	115200	63360	51840
3	LADRILLERA ESTRELLA DEL NORTE	3300	39600	21780	17820
4	LADRILLERA FORTALEZA	2400	28800	17280	11520
5	LADRILLERA INKA FORTE	3300	39600	21780	17820
6	LADRILLERA LADRINORTE	2700	32400	17820	14580
7	LADRILLERA CHALPON	1800	21600	11880	9720
8	LADRILLERA ITAL	3600	43200	17280	25920
9	LADRILLERA LAR	10560	126720	19008	107712
10	LADRILLOS PERUANOS	9600	115200	51840	63360
	TOTAL	54060	648720	289548	359172

Fuente: Elaboración Propia

De los siguientes datos obtenidos de puede proyectar una producción anual más real del mercado en la región, entendiendo que toda la producción de la región es utilizada para abastecer su demanda de consumo interno y la de otras regiones del norte, sur y oriente del Perú. Anexo Tabla N°4 Coordenadas de ubicación de Industrias ladrilleras en la Región. Figura N°2 Mapa de Ubicación de Industrias Ladrilleras e Influencia de emisiones gaseosas en la Región. Tabla N°5 Producción y Consumo de Ladrillo en la Región Lambayeque

**Figura N°3 Mapa de Ubicación de Industrias Ladrilleras
e Influencia de emisiones gaseosas en la Región**



Fuente Elaboración propia

Tabla N° 4 Coordenadas de ubicación de
Industrias ladrilleras en la Región

FID	Id	X	Y
0	Fabrica Ladrillos Inka forte	621325.9	9263258.5
2	Fabrica Ladrillos Lark	620936.1	9261295.5
3	Fabrica Cerámicos Lambayeque	624215.8	9255328.3
4	Fabrica Ladrillos Fortes	630888.6	9243088.8
5	Fabrica Ladrillos Peruanos	623446.6	9254207.1
6	Fabrica Ladrillos Ital	626784	9246564
7	Fabrica Ladrillos Fortaleza	625382.2	9242086.6
8	Fabrica Estrella del Norte	620585.6	9251730
9	Fabrica Cruz de Chalpón	625057.7	9246282.8
10	Fabrica Ladrinorte	620924.4	9263801.2

Fuente Elaboración propia

Tabla N° 5 Producción y Consumo de Ladrillo en la Región Lambayeque

AÑO	CONSUMO LADRILLO REGION	PRODUCCION LADRILLO REGION
2002	69373.1	150539.6
2003	65552.4	142248.8
2004	74724.8	162152.7
2005	85334.3	185175.5
2006	99861.8	216700.2
2007	117183.6	254288.5
2008	119788.3	259940.6
2009	132912.7	288420.5
2010	154002.6	334185.7
2011	170009.0	368919.4
2012	213308.9	462880.3
2013	222696.3	483251.0
2014	216073.9	468880.3
2015	238751.7	518091.2
2016	262564.1	569764.1
2017	288751.5	626590.7

Fuente: Elaboración Propia

Estos valores coinciden con los obtenidos mediante una encuesta sobre la producción, el consumo de combustible, la venta y la distribución que se realizó a las 10 principales industrias Ladrilleras en

la región en las cuales se encontró que en el año 2017 la producción total de ladrillos fue de 648 720 toneladas representado el 11.2% de la producción nacional estimada para el año 2017 de 5 572 620.16 toneladas, de los cuales según información del presidente de Cepersa, Raúl Torpoco dado a (Agencia Andina Perana de Noticias 2010) el 70% es consumida de la ciudad de Lima a un ritmo diario de 10835 toneladas un dato muy cercano al dado por la Asociación Ladrillera de Cerámicos del Perú (ALACEP) (Gestión Diario 2017) de 10 000 toneladas diarias.

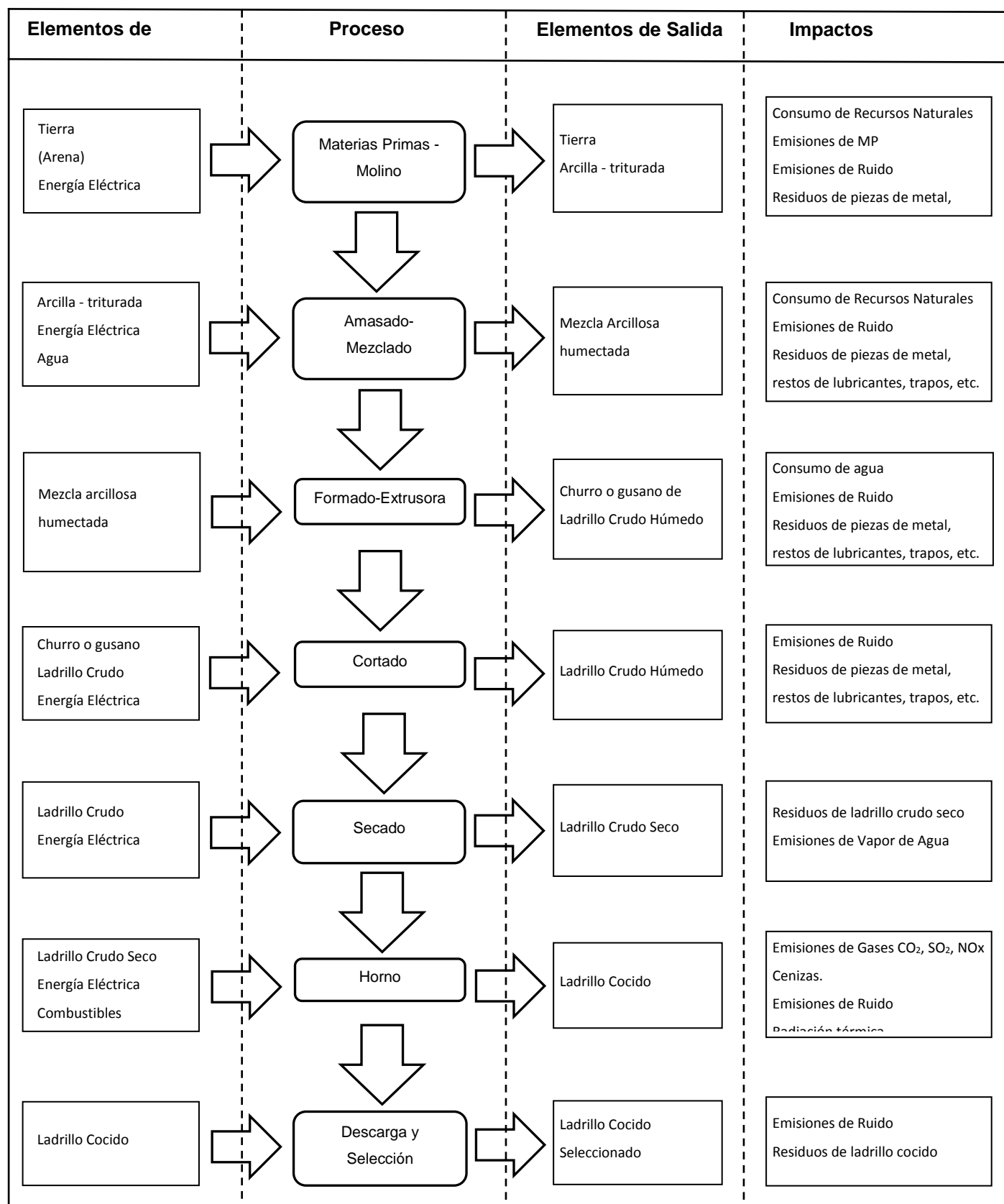
2.4.3 Ladrillo Industrial: Aspectos e Impactos ambientales

Determinar los aspectos e impactos ambientales es la primera etapa para la identificación de impactos ambientales significativos derivados de la Industria Ladrillera por tal motivo se grafican estas relaciones por etapas de producción según Figura N°4 Proceso productivo del ladrillo: Elementos de entrada y salida - Impactos que se generan

2.4.3.1. Emisiones material particulado, de gases tóxicos, y de efectos Invernadero.- Combustibles usados.

En la determinación de estos valores se puede utilizar diferentes métodos, para el caso particular en donde se hace imposible una medición directa debido entre otras cosas el tipo de horno utilizado en el 90% de empresas de la región (tipo de Horno Hoffmann abierto), en que las condiciones de cocción son por etapas en cuyos hornos puede haber en diferentes tiempos 1 o 2 o tres hornos funcionando de manera paralela todos ellos usando un mismo ducto de extracción de gases, en las que a lo largo de todo el proceso productivo ingresa producto crudo y sale producto cocido indistintamente, se ha optado por usar dos métodos combinados, el método de balance de masa y el de factores de emisión para hornos de cerámica Factores de Emisión de Industria

Figura N° 4 Proceso productivo del ladrillo: Elementos de entrada y salida - impactos que se generan



Ladrillera extraídos de Guía Técnica para Medición, Estimación y Cálculo de las Emisiones al Aire - Producto Cerámicos (Jaurilariza, Eusko; Gobierno Vasco, 2005). En cuanto al combustible utilizado el 90% de los industrias de la región utilizan cisco de carbón antrasítico mayoritariamente originario de la región Libertad y el otro 10% usa GNC el mismo que participa del 20% de la producción regional, esto nos ayudara a definir la emisiones de CO₂, SO₂, NO₂, y Material Particulado menor de 10 micras.

2.4.3.2. Concentración de gases - Efectos de la Salud y el medio Ambiente.

Para calcular la concentración de los gases se pudo utilizar un modelo de caja fija pero se prefirió un modelo de difusión más acorde con las condiciones metrológicas del lugar, el fundamento para el modelo de Pasquill-Gifford que es una dispersión gaussiana en los ejes horizontal y vertical. Para los cálculos de la columna de humo gaussiana, se supone que esa columna se emite desde un punto con coordenadas (O, O, H) en donde H es la altura efectiva de la chimenea, la cual es la suma de la altura física (h) y la altura de la columna de humo (Δh); el problema es calcular la concentración en cualquier punto (x, y, z). Figura N°5 Sistema de coordenadas y geometría básica de la ecuación gaussiana del penacho

La fórmula normalizada para la dispersión de una fuente puntual elevada es:

$$c = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left[-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right] \exp\left[-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right] \dots\dots(1)$$

σ_y y σ_z son coeficientes de dispersión vertical

$$\sigma_y = ax^{0.894} ; \quad \sigma_z = cx^d + f \dots\dots(2)$$

Para radiación moderada – fuerte entre 4 – 5 m/s de velocidad del viento, que es lo que la región Lambayeque tiene como promedio del año categoría BC. Datos para distancias mayores a 1 km. (Anexo) Tabla N°6 y Tabla N°7

Caculo de variación de altura adicional a la altura de la chimenea se calcula con la siguiente ecuación:

$$\Delta h = \frac{V_s D}{u} \left(1.5 + 2.68 \times 10^{-3} P D \frac{(T_s - T_a)}{T_s} \right) \dots\dots(3)$$

Vs = velocidad de salida de la chimenea m/s

D=diámetro de la chimenea en m

u = velocidad del viento en m/s

P= presión en milibares

Ts = temperatura del gas en K

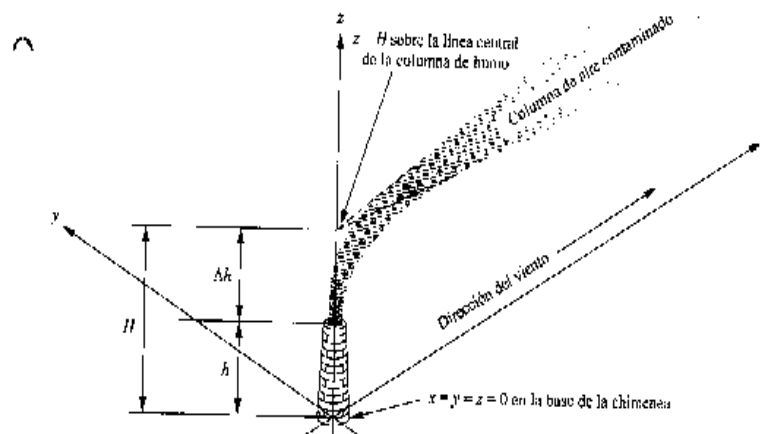
Ta = temperatura atmosférica en K

Para la altura de inversión se propuso 0.9- a 0.7 km

Para una distancia de 5 km a la redonda

Figura N°3 Sistema de coordenadas y geometría básica de la ecuación gaussiana del penacho

Figura N°5 Sistema de coordenadas y geometría básica de la ecuación gaussiana del penacho



Para establecer una relación de deterioro de la salud y material particulado menor de 10 micras se tomaron datos que se detallan en Tabla N°8 **Casos de Rinitis Alérgica y Vasomotora – Lambayeque**, Tabla N°9 **Material Particulado (PM10)** en la claramente existe una relación directa.

Tabla N° 8 Casos de Rinitis Alérgica y Vasomotora

Año	Casos de Rinitis
2009	2249
2010	1988
2011	2471
2012	2876
2013	3997

Fuente: MINSA – LAMBAYEQUE 2013

Tabla N° 9 Promedio anual de Material Particulado (PM10)
2007-2012

Año	MP ₁₀
2007	54.00
2008	98.00
2009	102.03
2012	141.00

Fuente: DIGESA Direccion

General de Salud Ambiental, 2014

La Rinitis representa la afección más común no infecciosa que se presenta y se relaciona con la polución y smog (contaminación del aire) en este caso se le relaciona con el material particulado. menor de 10 micras (Universidad de Guadalajara s.f.) En la Gaceta UDG, menciona

que en los últimos años, la contaminación y los cambios ambientales han producido un incremento considerable en la incidencia de este padecimiento Rinitis y (Lascano 2015) La rinitis alérgica ocupacional podría producirse por productos químicos, farmacéuticos, harinas, madera, etc.

El humo del tabaco es otro factor desencadenante relacionado con la contaminación ambiental. Así mismo (Jorge Molinas, 2006) menciona lo descrito por ROSS RN en "Cost of allergic rhinitis". Am J Manag Care del año 1996, nº 2, en paginas. 285-290; "La rinitis alérgica rara vez requiere hospitalización, y en pocas ocasiones requiere cirugía, pero esto no debe hacer suponer que es una molestia menor. Esta enfermedad es responsable de más de 10 millones de consultas ambulatorias cada año en los EE.UU y genera 28 millones de días de actividad restringida anualmente sólo en los EEUU. Durante 1990 los costos totales fueron en dicho país de U\$S 1.800 millones. Los directos sumaron U\$S 1.160 millones, divididos en U\$S 881 millones por costos médicos y U\$S 276 millones por costos de los medicamentos. Los costos indirectos de la rinitis alérgica fueron de U\$S 639 millones, estimados a partir de una pérdida de 3,4 millones de días de trabajo". En tabla N° 10 se presenta la generación de CO2 equiv. A nivel nacional

Tabla N°10 Emisiones de CO2 equiv. a Nivel Nacional 2002-2014

Año	CO2 equiv Toneladas
2000	119494000
2001	124850000
2002	134788000
2003	140310000
2004	145567000
2005	150324000
2006	160061000
2007	163925000
2008	167373000
2009	143075000
2010	147978000
2011	151930000
2012	155883000
2013	159837000
2014	163789000

Fuente: MINAM

- La carencia de data actualizada e incompleta nos obliga a realizar métodos para obtener los datos que faltan entre los años correspondientes para los que no se tiene valores tanto para MP₁₀ como para Reporte de casos de Rinitis utilizando línea de tendencia Tabla N°11 Valores de MP₁₀ y RA completados por método de línea de tendencia. TablaN°12 MP₁₀ y tabla N°13 Rinitis Alérgica y Vasomotora
- Valores de MP₁₀ y RA.- Para establecer la significancia entre material particulado menor de 10 micras con los casos de Rinitis alérgica y Vasomotora se utilizó Correlación de Spearman.
Para tal efecto en el caso de los valores que no se tiene de los años del 2010 al 2012 de MP₁₀ y de los años 2007 y 2008 de los casos de rinitis se utilizó un método de línea de tendencia (mínimos cuadrados) en los que se obtuvieron los siguientes valores

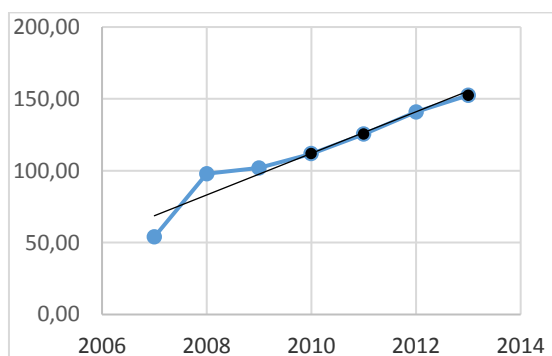
Tabla N°11 Valores de MP₁₀ y RA completados
Por método de línea de tendencia

Año	MP ₁₀	Casos de Rinitis
2007	54.00	972*
2008	98.00	1409*
2009	102.03	2249
2010	111.80*	1988
2011	125.38*	2471
2012	141.00	2876
2013	152.54*	3997

Fuente Elaboración propia

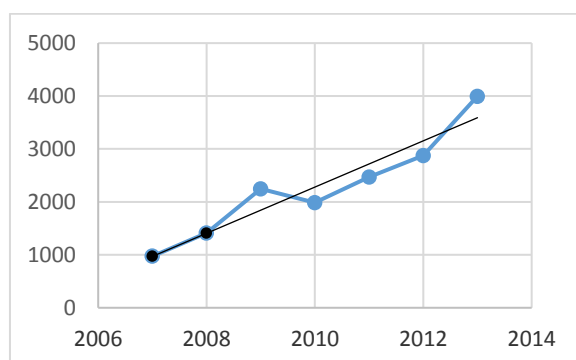
*Datos tendencia o mínimos cuadrados

Figura N° 12 MP₁₀



Fuente Elaboración propia

Figura N° 13 Rinitis Alérgica - Vasomotora



Fuente Elaboración propia

2.5. MODELACIÓN DEL SISTEMA

El modelo de simulación dinámica nos permitirá obtener una visión más integrada de lo que sucede durante el proceso de producción de ladrillo utilizándose para eso un software, para (Andrade y Lince 2011) El avance en los sistemas computacionales facilito el desarrollo de entornos software de modelado y simulación con Dinámica de Sistema. En sus inicios, estas herramientas facilitaban la labor de la simulación permitiéndole al modelador introducir las ecuaciones diferenciales o sistema de ecuaciones, para poder ser resueltos con sus algoritmos de métodos numéricos y luego entregar los resultados de la simulación.

Entendiendo al Medioambiente como un sistema dinámico y complejo, podemos a través de este concepto proponer relaciones entrelazadas una con otras y simular su comportamiento a través del tiempo, bajo la óptica de escenarios estudiados a corto, mediano y largo plazo y hasta proponer otros escenarios que pudieran mitigar un impacto negativo convirtiéndose ésta en una herramienta para identificar impactos ambientales significativos que genera la industria ladrillera en la región.

Así mismo como menciona (Rivera 2013) Si aplicamos oportunamente métodos sistémicos, como una nueva ciencia en el planteamiento de métodos apropiados en resolver los diferentes factores que intervienen en la contaminación, podremos resolver con mayor éxito muchos problemas. De esta manera el uso de un modelo de simulación dinámica para identificar los impactos ambientales producidos por la industria ladrillera es bastante factible.

En la modelación del sistema se tomara 3 etapas de las consignadas por la metodología que menciona (Valderrama y Chavarro 2014) y expuesta con mas detalle por (Amézquita 2006) .

- Definición del núcleo o problema a estudiar.
- Identificación de variables y establecimientos de sus relaciones.
- Construcción y simulación del modelo:

2.6. DEFINICIÓN DEL NÚCLEO O PROBLEMA A ESTUDIAR

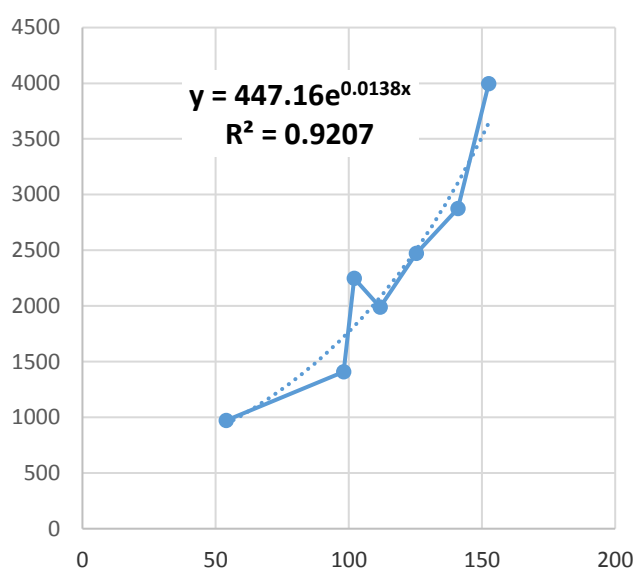
El proceso comprende desde la obtención de la materia prima la preparación y acondicionamiento, entre ellas la molienda las etapas de humectado o mezclado, el extruido o formado y cortado, para seguir con las etapas del secado y cocción para la obtención del producto final junto a todas las relaciones dinámicas que interactúan en el proceso como son el crecimiento de la demanda el uso de combustibles el área de influencia y las concentraciones alcanzadas por la emisión de gases.

A pesar de saber que existe relaciones sociales y económicas generalmente de carácter positivo en la generación de trabajo al mejorar el ingreso familiar alentar el desarrollo regional, repotenciando áreas que antes eran de otras actividades o simplemente eran desérticas, no se tocaran en este estudio ya que los impactos ambientales al medio y la salud toman prioridad por ser todos de carácter negativo de ahí la limitación al encontrar solo impactos significativos que se genera por la producción de ladrillos.

Para la identificación de los impactos de la Industria ladrillera en la región se realizará el análisis de los siguientes puntos:

- Consumo de recursos Naturales reflejados en la Materias prima e Insumos como son Arcilla y Agua.
- Consumo de combustibles durante la etapa de cocción de ladrillo Carbón mineral, Pajilla de arroz y GNC.
- Emisiones Gaseosas a la atmosfera CO, CO₂, SO_x, NO_x, ver anexo Factores de Emisión Tabla N°14, 15, 16 y 17.
- Emisiones de MP₁₀ en las diferentes etapas del proceso productivo. ver anexo Factores de Emisión Tabla N°18 y 19.
- Relación entre el Material particulado menor de 10 micras y casos de Rinitis alérgica y vasomotora ver Figura N°6 MP₁₀ vs RA

Figura N° 6 MP₁₀ vs RA



Fuente Elaboración propia

2.7. DENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES Y ESTABLECIMIENTO DE SUS RELACIONES

2.7.1. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

En la siguiente Tabla N° 20 Listado de Aspectos e Impactos ambientales Identificados por proceso es un listado de los aspectos e impactos que se generan en cada etapa del proceso de elaboración de ladrillo industrial, sin embargo los impactos significativos serán aquellos que impactaran con mayor fuerza al medio ambiente.

**Tabla N° 20 Listado de Aspectos e Impactos ambientales
Identificados por proceso**

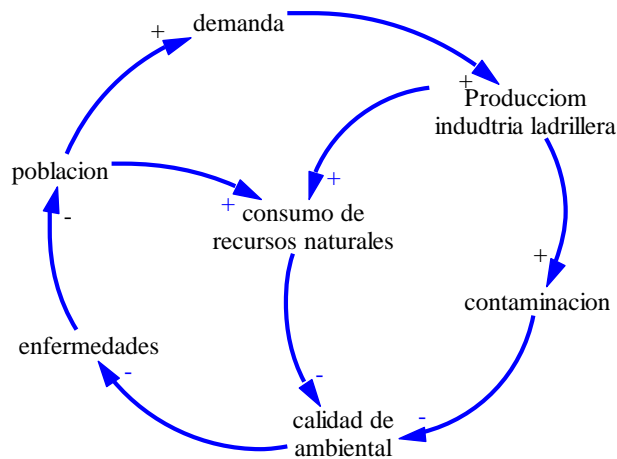
Operación	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental
Explotación de Canteras	Uso de Maquinaria (Excavadora, cargador frontal , Volquetes) Combustible, aceites	Agotamiento de recursos naturales, degradación del aire
	Uso Materias Primas (Arcilla, arena)	Agotamiento de recursos naturales, degradación del suelo, aire (PM) y hábitat
Molienda	Consumo de Energía Eléctrica	Agotamiento de recursos naturales
	Consumo de materias primas Arcilla	Agotamiento de recursos naturales
	Consumo de soldaduras	Agotamiento de recursos naturales
	Consumo de Lubricantes	Agotamiento de recursos naturales
	Generación de Material Particulado y ruido	Agotamiento de recursos naturales, degradación del aire (PM) y afectación de calidad del aire laboral
	Desechos de lubricantes y soldadura	Degradación del suelo por desechos
	Generación de residuos sólidos (trapo industrial)	Degradación del suelo y hábitat
Mezclado	Consumo de Energía Eléctrica	Agotamiento de recursos naturales
	Consumo de materias primas Arcilla	Agotamiento de recursos naturales
	Consumo de agua	Agotamiento de recursos naturales
	Consumo de soldaduras	Agotamiento de recursos naturales
	Consumo de Lubricantes	Agotamiento de recursos naturales
	Generación de ruido	afectación de calidad del aire laboral
	Generación de residuos sólidos (trapo industrial)	Degradación del suelo y hábitat
	Desechos de lubricantes y soldadura	Degradación del suelo por desechos
Extrusora - Formado	Consumo de Energía Eléctrica	Agotamiento de recursos naturales
	Consumo de materias primas Arcilla	Agotamiento de recursos naturales
	Consumo de soldaduras y lubricantes	Agotamiento de recursos naturales
	Generación de ruido	afectación de calidad del aire laboral
	Generación de residuos sólidos (trapo industrial)	Degradación del suelo y hábitat
	Desechos de lubricantes y soldadura	Degradación del suelo por desechos
Operación	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental
Cortado	Consumo de Energía Eléctrica	Agotamiento de recursos naturales

	Consumo de materias primas Arcilla	Agotamiento de recursos naturales
	Consumo de soldadura y lubricantes	Agotamiento de recursos naturales
	Consumo de alambre de acero	Agotamiento de recursos naturales
	Generación de ruido	afectación de calidad del aire laboral
	Generación de residuos sólidos (trapo industrial)	Degradación del suelo y hábitat
	Desechos de lubricantes y soldadura	Degradación del suelo por desechos
	Desechos de alambres de acero	Degradación del suelo por desechos
Secado	Uso de Coches para transporte	Agotamiento de recursos naturales
	Consumo de Materias Primas	Agotamiento de recursos naturales
	Consumo de soldaduras y lubricante	Agotamiento de recursos naturales
	Generación de ruido	afectación de calidad del aire laboral
	Desechos de lubricantes y soldadura	Degradación del suelo por desechos
Hornos	Consumo de Energía Eléctrica	Agotamiento de recursos naturales
	Consumo de materias primas Arcilla	Agotamiento de recursos naturales
	Consumo de combustible (carbón, paja, arroz)	Agotamiento de recursos naturales
	Consumo de soldaduras y lubricante	Agotamiento de recursos naturales
	Generación de ruido	afectación de calidad del aire laboral
	Generación de residuos sólidos (trapo industrial)	Degradación del suelo y hábitat
	Emisión de gases contaminantes	Degradación del aire
	Emisión de cenizas y MP₁₀	Degradación de aires, suelo y hábitat
	Generación de producto deteriorado	Degradación de suelo y hábitat
	Generación de ruido	afectación de calidad del aire laboral
	Desechos de lubricantes y soldadura	Degradación del suelo por desechos
Despacho	Uso de Maquinaria (camiones y tráiler)	Agotamiento de recursos naturales, degradación del aire
	Generación de Material Particulado y ruido	Degradación del aire (PM) y afectación de calidad del aire laboral

Fuente: Elaboración Propia

2.7.2. ESTABLECIMIENTO DE RELACIONES (DIAGRAMA CUASAL)

Figura N°7 Diagrama Causal del Sistema



Fuente: Elaboración propia

El diagrama presenta bucles de retroalimentación positiva y negativa. La polaridad positiva indica que el cambio en la variable raíz hace que la variable resultante varíe en el mismo sentido. Es decir que al aumentar la variable causa aumenta la variable efecto y al disminuir la variable causa disminuye la variable efecto. Y por el contrario La polaridad negativa indica que el cambio en la variable causa hace que la variable efecto varíe en sentido contrario. Es decir que al aumentar la variable causa disminuye la variable efecto y al disminuir la variable causa aumenta la variable efecto.

2.8. DIAGRAMA DE FORRESTER

Figura N° 8 Diagrama de Forrester Proceso productivo de la Industria Ladrillera

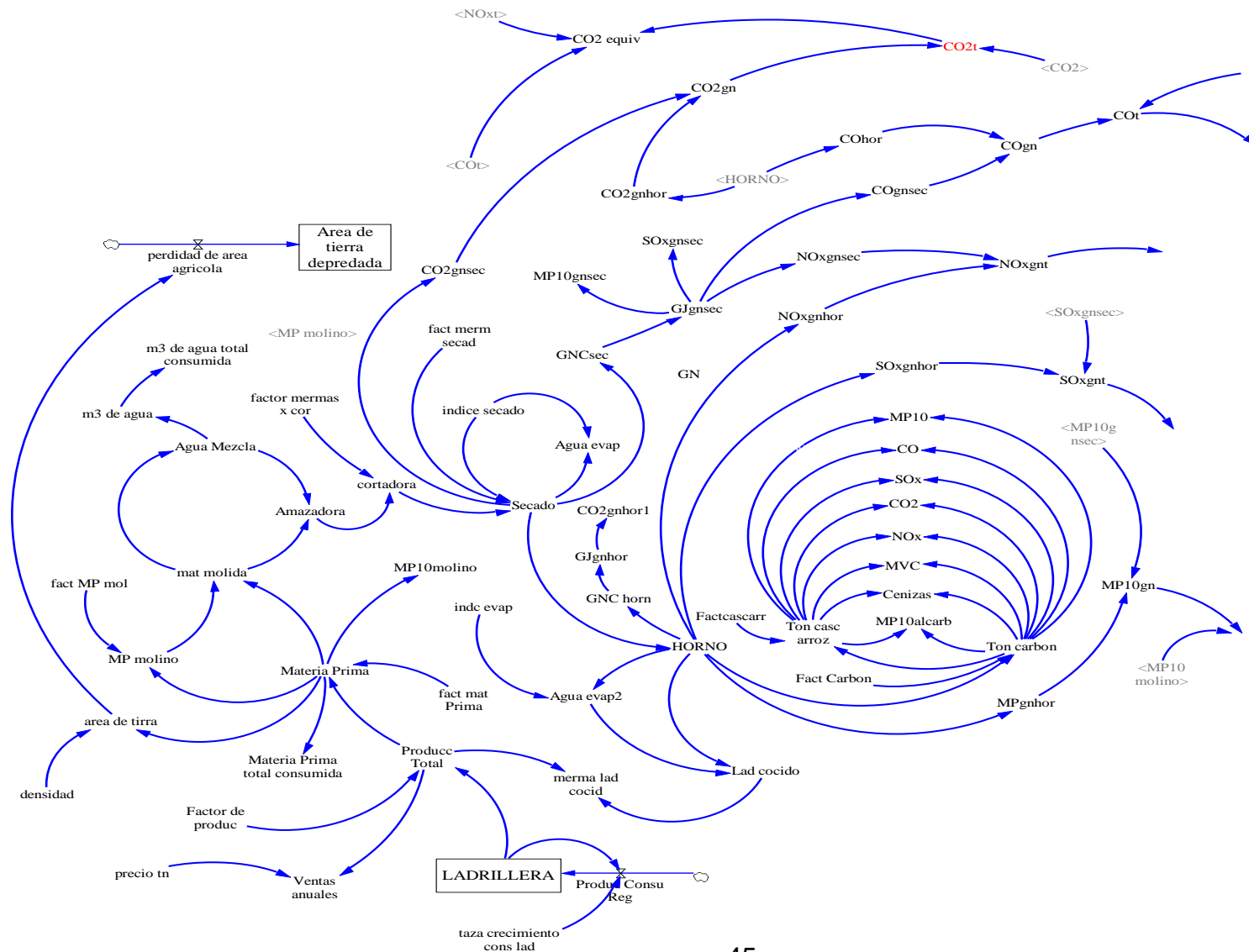


Figura N° 9 Diagrama de Forrester Emisiones Gaseosas CO, CO₂, SO_x, NO_x

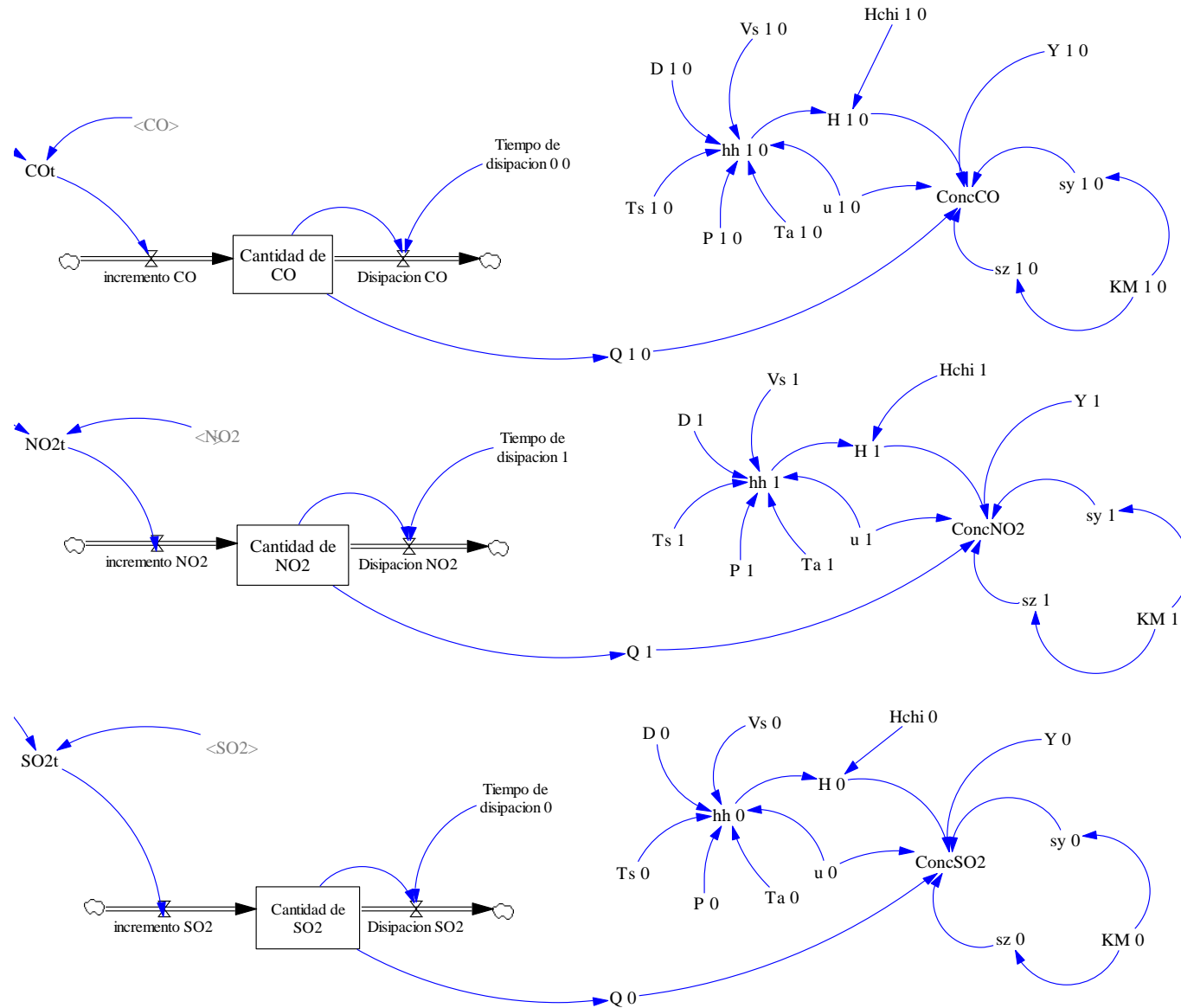


Figura N° 10 Diagrama de Forrester Relación Concentración de MP₁₀ Y Rinitis Alérgica y Vasomotora

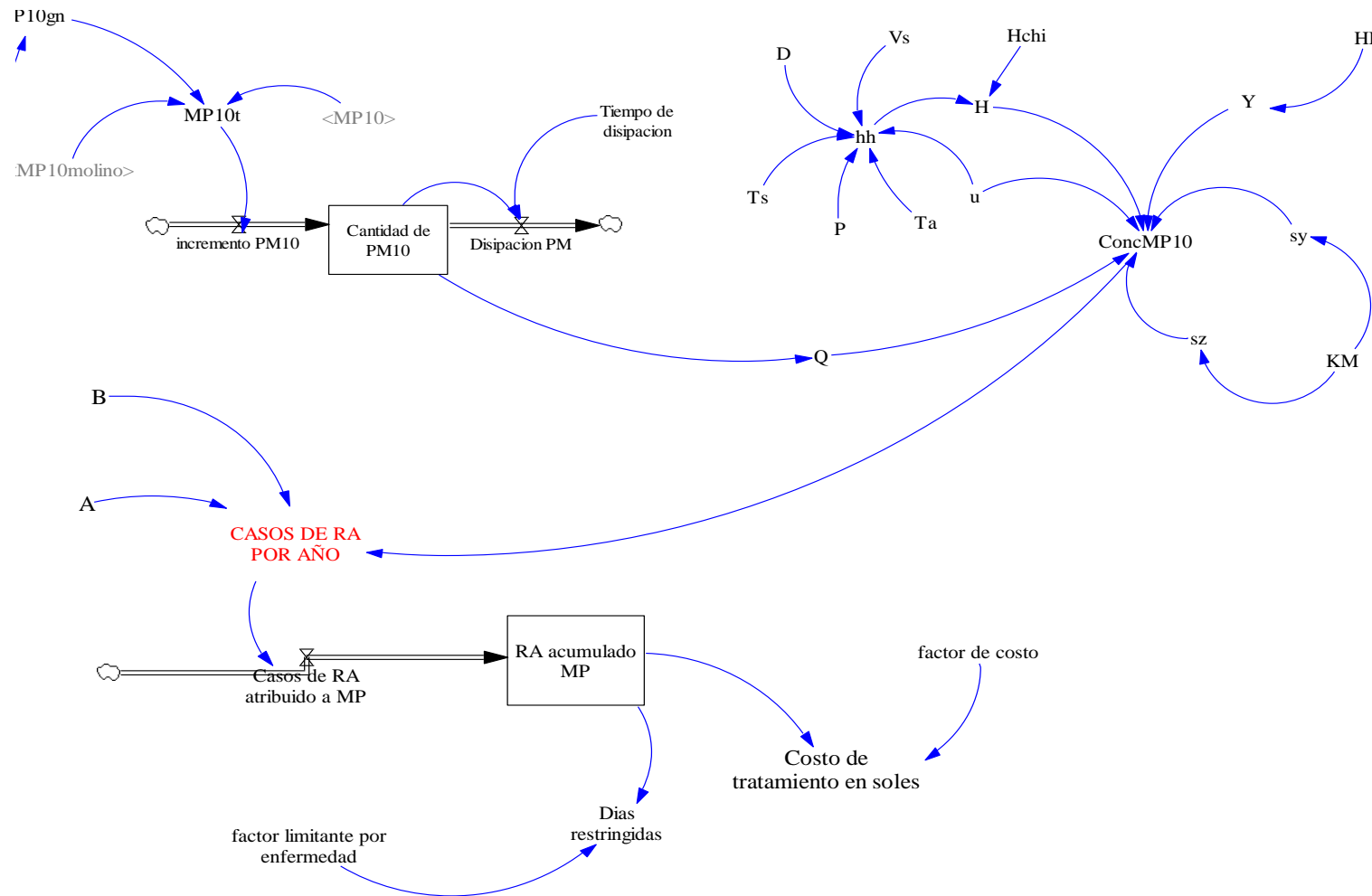
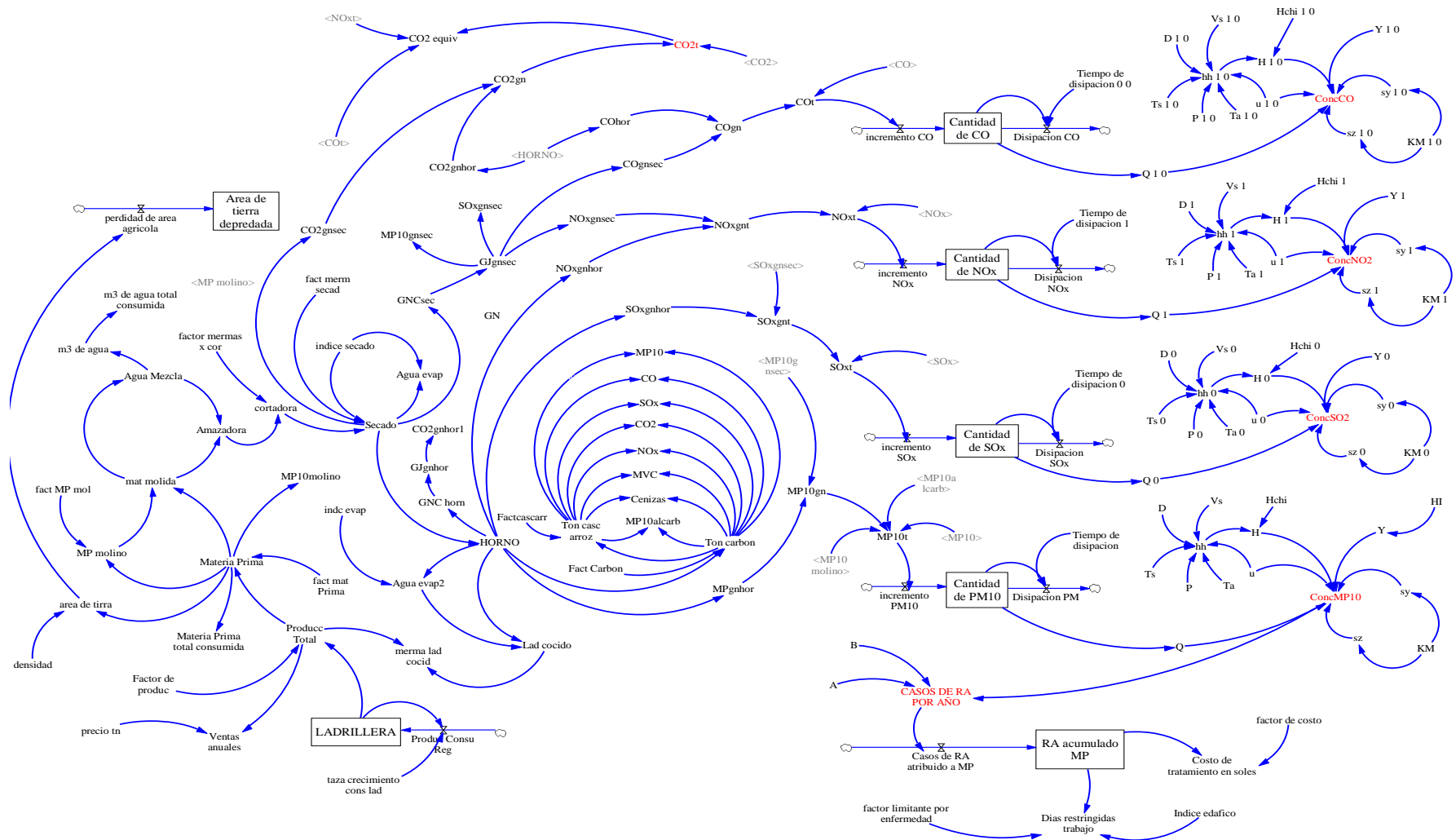


Figura N° 11 Diagrama de Forrester Integrado de todo el Proceso productivo, Emisiones gaseosa y Material particulado (MP₁₀) y la relación con Rinitis Alérgica y vasomotora



2.8.1. CLASIFICACIÓN DE LAS VARIABLES DEL DIAGRAMA

Variables de Nivel

Hay 9 variables de nivel

- **Producción de ladrillos.-** Representa la cantidad de ladrillo consumido por año empezando desde el año 2002 y está dado en toneladas equivalente a 69373.1 toneladas. LADRILLERA= INTEG Valor inicial tabla N°31a
- **Cantidad de CO.-** Cantidad de CO entendiendo que es igual al incremento CO ocasionado por las emisiones menos la Disipación CO dado en toneladas. Cantidad de CO= INTEG valor inicial Tabla N°34
- **Cantidad de NOx.-** Incremento de NO₂ menos disipación de NO₂ y en toneladas como valor inicial. INTEG (incremento NO₂-Disipación NO₂, valor inicial Tabla N°34)
- **Cantidad de PM10.-** INTEG (incremento PM10-Disipación PM, valor inicial es promedio de los valores estación 4 el año 2002, igual 75 microgramos/m³ (Gesta Zonal de Chiclayo, 1, 2006), extraído de pag 27-28) este valor se le impone a la primera concentración encontrada.
- **Cantidad de SOx.-** Es igual al incremento SO₂ producto de las emisiones que se generan durante la producción de ladrillos menos la disipación SO₂ en el aire INTEG (incremento SO₂-Disipación SO₂, valor inicial Tabla N°34)
- **Casos de Rinitis por año (RA).-** Caso de Rinitis Alérgica entendiendo que esta es la afección no infecciosa más común atribuido entre otras causas a la contaminación atmosférica (Material Particulado). RA acumulado MP=valor inicial tabla31a , INTEG (Casos de RA atribuido a MP,591)
- **Volumen de Agua consumida.-** M³ de agua total consumida= valor inicial 2002, INTEG (m³ de agua, 33945.3) toneladas

- **Área de tierra depredada por extracción de materia Prima.-** Área de tierra depredada= valor inicial tabla 31a, INTEG (pérdida de área agrícola, 12.5) hectáreas
- **Materia Prima consumida (Tierra).-** Materia Prima total consumida= valor inicial tabla 31a, INTEG (Materia Prima, 170110.0).

Variables de Flujo

Hay 11 variables de Flujo

- **Consumo de ladrillo en Región Lambayeque por año=** representa el ladrillo consumido desde el año 2002 hasta una proyección del 2025 a través de una tasa de crecimiento sostenida en el tiempo.
- **Casos de RA atribuido a MP por año =** casos de habitantes con rinitis alérgica afectados por material particulado al generado por la elaboración de ladrillo al año dado en habitantes/año.
- **Incremento de CO = CO_t,** representado por la emisiones generadas por la elaboración de ladrillo industrial en la región Lambayeque dada en toneladas por día.
- **Incremento de NO_x = NO_x_t,** representado por la emisiones generadas por la elaboración de ladrillo industrial en la región Lambayeque dada en toneladas por día.
- **Incremento de PM₁₀ = MP₁₀_t,** representado por la emisiones generadas por la elaboración de ladrillo industrial en la región Lambayeque dada en toneladas por día.
- **Incremento de SO_x = SO_x_t,** representado por la emisiones generadas por la elaboración de ladrillo industrial en la región Lambayeque dada en toneladas por día.
- **Disipación CO =** Representa alas cantidad de emisiones que se disipan por transformación química, desintegración, adsorción, etc. dado por la Cantidad de CO₂/Tiempo de disipación dado en toneladas por día.
- **Disipación NO_x =** Representa alas cantidad de emisiones que se disipan por transformación química, desintegración, adsorción etc.

dado por la Cantidad de NOx/Tiempo de disipación¹ dado en toneladas por día.

- **Disipación PM** = Representa la cantidad de emisiones que se disipan por sedimentación, dado por la Cantidad de PM₁₀/Tiempo de disipación dado en toneladas por día.
- **Disipación SOx** = Representa la cantidad de emisiones que se disipan por transformación química, desintegración, adsorción etc. y dado por la Cantidad de SO₂/Tiempo de disipación⁰ dado en toneladas por día.
- **Pérdida de área agrícola**= Pérdida área de tierra por año en hectáreas

Variables de Auxiliares

Hay 142 variables auxiliares/contantes

- | | |
|---|---|
| • Constante A= 0.0138 Figura N°6 | Units:
habitantes*m3
/microgr*año |
| • Constante B=447.16 Figura N°6 | Units:
habitantes/año |
| • Agua evap = Agua evaporado en etapa de secado; Secado*índice secado | Units:
toneladas/año |
| • Agua evap2=Agua evaporada en etapa de cocción; HORNO*indic evap | Units:
toneladas/año |
| • Agua Mezcla = Agua usada para la mezcla: mat molida*0.2; 20% de agua en ladrillo crudo | Units:
toneladas/año |
| • Amasadora = mat molida + Agua Mezcla | Units:
toneladas/año |
| • Área de tierra = 80 cm profundidad de extracción de tierra; ((Materia Prima*1000/densidad))/0.8) /10000 | Units:
Hectarea/año |
| • CASOS DE RA POR AÑO=B*EXP(A*ConcMP10) | Units:
habitantes/año |
| • Cenizas = Emisiones de Cenizas; 0.092*Ton carbón +0.178*Ton casc arroz tabla N°32 y 33 | Units:
toneladas/año |
| • CO = Emisiones de CO; Ton casc arroz*0.25 +Ton carbón*0.25/1000 tabla N°14 | Units:
toneladas/año |
| • CO ₂ = Emisión de CO ₂ ; Ton carbón*2.9230 +Ton casc arroz*1.434 tabla N°32 y 33 | Units:
toneladas/año |
| • CO ₂ equiv = Emisión de CO ₂ equiv; CO ₂ t+NO ₂ t*298+Cot Factor Potencial CG = 298 | Units:
toneladas/año |
| • CO ₂ gn = Emisión de CO ₂ del gas natural total; CO ₂ gnhor+CO ₂ gnsec | Units:
toneladas/año |

- $CO_2gnhor = \text{Emisión de } CO_2 \text{ del gas natural de horno, PULSE}(2010, 500) * (HORNO * 0.1804 * 200 / 1000) \text{ tabla N}^\circ 5$
Units: toneladas/año
- $CO_2gnhor1 = 56.1 * GJgnhor / 1000 \text{ tabla N}^\circ 29$
Units: toneladas/año
- $CO_2gnsec = PULSE(2010, 500) * 200 * \text{Secado} * 0.1808 / 1000 \text{ tabla N}^\circ 5$
Units: toneladas/año
- $CO_2t = \text{Emisión de } CO_2t \text{ Total; } CO_2gn + CO_2$
Units: toneladas/año
- $COgn = \text{Emisión de CO del gas natural; } COgnsec + Cohor$
Units: toneladas/año
- $COgnsec = \text{Emisión de CO del gas natural de secado: } GJgnsec * 0.03 / 1000 \text{ tabla N}^\circ 14$
Units: toneladas/año
- $COhor = \text{Emisión de CO de los hornos; PULSE}(2010, 500) * 0.6 * HORNO / 1000 \text{ tabla N}^\circ 14$
Units: toneladas/año
- $ConcCO = \text{Concentración de CO uso de ecuación 1}$

$$Q_{10} / (3600 * 3.1416 * sy_1 * sz_1 * u_1 * 0) * EXP(-0.5 * Y_1^2 / sy_1^2) * EXP(-0.5 * H_1^2 / sz_1^2) * 1e+009$$

$$Q / (3.1416 * sy * sz * u) * EXP(-0.5 * Y^2 / sy^2) * EXP(-0.5 * h^2 / sz^2) * 1e+009$$
Units: $\mu g / m^3$
- $ConcMP10 = \text{Concentración de MP10 uso de ecuación 1}$

$$75 + Q / (3600 * 3.1416 * sy * sz * u) * EXP(-0.5 * Y^2 / sy^2) * EXP(-0.5 * H^2 / sz^2) * 1e+009. 75 \mu / m^3 \text{ ver Cantidad de PM10.}$$

$$Q / (3.1416 * sy * sz * u) * EXP(-0.5 * Y^2 / sy^2) * EXP(-0.5 * h^2 / sz^2) * 1e+009$$
Units: $\mu g / m^3$
- $ConcNOx = \text{Concentración de } NO_2 \text{ uso de ecuación 1}$

$$Q_1 / (3600 * 3.1416 * sy_1 * sz_1 * u_1) * EXP(-0.5 * Y_1^2 / sy_1^2) * EXP(-0.5 * H_1^2 / sz_1^2) * 1e+009$$

$$Q / (3.1416 * sy * sz * u) * EXP(-0.5 * Y^2 / sy^2) * EXP(-0.5 * h^2 / sz^2) * 1e+009$$
Units: $\mu g / m^3$
- $ConcSOx = \text{Concentración de } SO_2 \text{ uso de ecuación 1}$

$$Q_0 / (3600 * 3.1416 * sy_0 * sz_0 * u_0) * EXP(-0.5 * Y_0^2 / sy_0^2) * EXP(-0.5 * H_0^2 / sz_0^2) * 1e+009$$

$$Q / (3.1416 * sy * sz * u) * EXP(-0.5 * Y^2 / sy^2) * EXP(-0.5 * h^2 / sz^2) * 1e+009$$
Units: $\mu g / m^3$
- $Cortadora = \text{capacidad de amasado}$

$$\text{Amasadora} - \text{Amasadora} * \text{factor mermas} * x \text{ cor}$$
Units: toneladas/año
- $\text{Costo de tratamiento en soles} = RA \text{ acumulado } MP * \text{factor de costo} / 1e+006$
Units: millones soles/año
- $COt = \text{Emisión de CO total}$

$$COgn + CO$$
Units: toneladas/año

• D= Diámetro promedio de Chimenea =1	Units: m
• D 0= Diámetro promedio de Chimenea =1	Units: m
• D 1= Diámetro promedio de Chimenea =1	Units: m
• D 1 0= Diámetro promedio de Chimenea =1	Units: m
• Densidad de tierra= 1700	Units: kg/m3
• Días restringidas trabajo = Días afectador por enfermedad	Units: dia
RA acumulado MP*factor limitante por enfermedad*Índice edad(menor de edad)	
• Fact Carbón = Cantidad de carbón usado por tonelada de ladrillo crudo que ingresa al horno 0.055	Units: 1/año
• fact mat Prima = Cantidad de materia prima por ton producto 1.13	Units: 1/año
• fact merm secad = factor de merma 0.02059	Units: **undefined**
• fact MP mol = Material Particulado en molino tabla N°29 0.00425	Units: 1/año
• Factcascarr = Factor de consumo de cascarilla de arroz relacionado con el carbón 0.2	Units: **undefined**
• factor de costo = Bibliografía Jorge Molinas, 2006 282.9*3.34	Units: soles/(año*habitante)
• Factor de produc = Factor de producción sobre el consumo 2.17	Units: 1/año
• factor limitante por enfermedad = promedio de días imposibilitado por la enfermedad 2.8 Bibliografía Jorge Molinas, 2006	Units: dia/habitantes
• factor mermas x cort = Merma en cortadora 0.025	Units: **undefined**
• FINAL TIME = 2032 Tiempo final para la simulación	Units: año
• GJgnhor = factor de conversión de m3 a GJ (GNC horn)*0.400118	Units: Gigajoule/año
• GJgnsec = factor de conversión de m3 a GJ GNCgnsec*0.400118	Units: Gigajoule/año
• GN = fact por e conversión de GNC a GN 600	Units: m3/año
• GNC horn = Consumo de GNC PULSE(2010, 500)*(HORNO*0.1808*38.92)	Units: m3/año
• GNCgnsec = Consumo de CNC en secado PULSE(2010, 500)*(Secado*0.1808*31.57)	Units: m3/año

- H = altura total igual Chimenea más adicional de humos
Hchi + hh
Units: m
- H 0 = altura total igual Chimenea más adicional de gases
Hchi 0+hh 0
Units: m
- H 1 = altura total igual Chimenea más adicional de humos
Hchi 1+hh 1
Units: m
- H 1 0 = altura total igual Chimenea más adicional de humos
Hchi 1 0+hh 1 0
Units: m
- Hchi = Altura de chimenea
5
Units: m
- Hchi 0 = Altura de chimenea
5
Units: m
- Hchi 1 = Altura de chimenea
5
Units: m
- Hchi 1 0 = Altura de chimenea
5
Units: m
- Hh = Altura adicional alcanzada gases
Ecuación 3
 $Vs \cdot D \cdot (1.5 + 0.00268 \cdot D \cdot P \cdot (Ts - Ta) / Ts) / u$
Units: m
- hh 0 = Altura adicional alcanzada gases
Ecuación 3
 $Vs 0 \cdot D 0 \cdot (1.5 + 0.00268 \cdot D 0 \cdot P 0 \cdot (Ts 0 - Ta 0) / Ts 0) / u 0$
Units: m
- hh 1 = Altura adicional alcanzada gases
Ecuación 3
 $Vs 1 \cdot D 1 \cdot (1.5 + 0.00268 \cdot D 1 \cdot P 1 \cdot (Ts 1 - Ta 1) / Ts 1) / u 1$
Units: m
- hh 1 0 = Altura adicional alcanzada gases
Ecuación 3
 $Vs 1 0 \cdot D 1 0 \cdot (1.5 + 0.00268 \cdot D 1 0 \cdot P 1 0 \cdot (Ts 1 0 - Ta 1 0) / Ts 1 0) / u 1 0$
Units: m
- HI = Factor de inversión de temperatura
PULSE TRAIN(2002, 0.5 , 1 , 2050) *1
Units:
undefined
- HORNO = Cantidad de ladrillo crudo Secado
Units:
undefined
- Índice evap = factor pérdida de humedad en cocción
0.05
Units:
undefined
- Índice edad = fracción de edad escolar
0.1788
Units:
undefined
- Índice secado =
0.15
Units:
undefined
- INITIAL TIME = 2002
The initial time for the simulation.
Units: año

- $KM = \text{distancia promedio recorrido de gas para medir concentración}$
4 Units: km
- $KM 0 = \text{distancia promedio recorrido de gas para medir concentración}$
4 Units: km
- $KM 1 = \text{distancia promedio recorrido de gas para medir concentración}$
4 Units: km
- $KM 1 0 = \text{distancia promedio recorrido de gas para medir concentración}$
4 Units: km
- $Lad\ cocido = \text{Cantidad de ladrillo conocido}$
 $HORNO-Agua\ evap2$ Units: toneladas/año
- $m3\ de\ agua = \text{Volumen de agua para humectar materia prima}$
 $Agua\ Mezcla*1000/998$ Units: m3/año
- $mat.\ molida = \text{Cantidad de materia prima molida}$
 $Materia\ Prima-MP\ molino$ Units: toneladas/año
- $Materia\ Prima = \text{Cantidad de materia prima}$
 $Producc.\ Total*fact.\ mat.\ Prima$ Units: toneladas/año
- $merma\ lad\ cocid. = \text{merma de ladrillo cocido}$
 $Lad\ cocido-Producc.\ Total$ Units: toneladas/año
- $MP\ molino = \text{Material Particulado total en molinos}$
 $Materia\ Prima*fact\ MP\ mol$ Units: toneladas/año
- $MP10 = \text{materia particulado menor de 10 micras}$
tabla N°30 , 32, 33 Units: toneladas/año
 $((Ton\ carbón*1.15*9.2+Ton\ casc.\ arroz*1.15*17.8)/1000)$
- $MP10alcarb = \text{MP10 del almacenamiento de carbón}$
tabla N°19 Units: toneladas/año
 $3*(Ton\ carbón +Ton\ casc.\ arroz)/1000$
- $MP10gn = \text{MP10 total del gas natural}$
 $MP10gnsec+MPgnhor$ Units: toneladas/año
- $MP10gnsec = \text{MP10 de gas natural de secador}$
tabla N°18 Units: toneladas/año
 $0.45*GJgnsec/1e+006$
- $MP10molino = \text{MP10 de molino de tierra}$
tabla N°27 Units: toneladas/año
 $Materia\ Prima*0.27/1000$
- $MP10t = \text{MP10 total}$
 $MP10+MP10gn+MP10molino+MP10alcarb$ Units: toneladas/año
- $MP10gnhor = \text{MP10 de gas natural de los hornos}$
tabla N°18 Units: toneladas/año
 $PULSE(2010, 500)*0.435*HORNO*0.1808/1000$
- $MVC = \text{Material Volátil}$
 $Ton\ carbón*0.03+Ton\ casc.\ arroz*0$ Units: toneladas/año

• $\text{NOx} = \text{Emisiones de NO}_2 \text{ Combustible sólido}$ tabla N°32 y 33 $(\text{Ton carbón} \cdot 0.01555 + \text{Ton casc. arroz} \cdot 0.0129)$	Units: toneladas/año
• $\text{NOxgnt} = \text{Emisiones NOx combustible gas}$ natural total $\text{NOxgnhor} + \text{NOxgnsec}$	Units: toneladas/año
• $\text{NOxt} = \text{Emisiones NOx total}$ $\text{NOx} + \text{NOxgnt}$	Units: toneladas/año
• $\text{NOxgnhor} = \text{Emisiones NO}_2 \text{ combustible gas}$ natural de hornos tabla N°15 $\text{PULSE}(2010, 500) \cdot \text{HORNO} \cdot 0.1808 \cdot 0.175 / 1000$	Units: toneladas/año
• $\text{NOxgnsec} = \text{Emisiones NOx combustible gas}$ natural de secado tabla N°15 $\text{GJgnsec} \cdot 0.1 / 1000$	Units: toneladas/año
• $P = \text{Presión atmosférica}$ 1013	Bares
• $P_0 = \text{Presión atmosférica}$ 1013	Bares
• $P_1 = \text{Presión atmosférica}$ 1013	Bares
• $P_{10} = \text{Presión atmosférica}$ 1013	Bares
• $\text{precio tn} = \text{Precio promedio por tonelada vendida}$ 180.0	Units: soles/(año*habitante)
• $\text{Producc Total} = \text{Cantidad de ladrillo producida}$ $\text{LADRILLERA} \cdot \text{Factor de produc}$	Units: toneladas/año
• $Q =$ $\text{Cantidad de PM}_{10} \cdot 3600 \cdot 0.03169 / 1000$	Units: kg/h
• $Q_0 = \text{Flujo de emisiones de SOx}$ $\text{Cantidad de SO}_2 \cdot 3600 \cdot 0.03169 / 1000$	Units: kg/h
• $Q_1 = \text{Flujo de emisiones de Nox}$ $\text{Cantidad de NO}_2 \cdot 3600 \cdot 0.03169 / 1000$	Units: kg/h
• $Q_{10} = \text{Flujo de emisiones de CO}$ $\text{Cantidad de CO} \cdot 3600 \cdot 0.03169 / 1000$	Units: kg/h
• $\text{SAVEPER} =$ TIME STEP The frequency with which output is stored.	Units: año [0,?]
• $\text{Secado} = \text{Cantidad de ladrillo crudo seco}$ $(\text{cortadora-cortadora} \cdot \text{índice secado}) - (\text{cortadora-cortadora} \cdot \text{índice secado}) \cdot \text{fact. merm. secad.}$	Units: toneladas/año
• $\text{SOx} = \text{Emisión de SOx por combustible sólido}$ tabla N°32 y 33 $\text{Ton carbón} \cdot 0.036 + \text{Ton casc arroz} \cdot 0.002$	Units: toneladas/año
• $\text{SOxgnt} = \text{Emisión de SOx de gas natural total}$ $\text{SOxgnsec} + \text{SOxgnhor}$	Units: toneladas/año

• SO_{xgnhor} = Emisión de SO_x de gas natural en horno tabla N°16 $PULSE(2010, 500) * HORNO * 0.1808 * 0.39 / 1000$	Units: toneladas/año
• SO_{xgnsec} = Emisión de SO_x de gas natural en secadora tabla N°16 $GJgnsec * 0.00417 / 1000$	Units: toneladas/año
• S_y = Ecuación 2, tabla N°6 y 7 $156 * KM^{0.894}$	Units: toneladas/año
• sy_0 = Ecuación 2, tabla N°6 y 7 $156 * KM^0^{0.894}$	Units: km
• sy_1 = Ecuación 2, tabla N°6 y 7 $156 * KM^1^{0.894}$	Units: km
• sy_{10} = Ecuación 2, tabla N°6 y 7 $156 * KM^1_0^{0.894}$	Units: km
• sz = Ecuación 2, tabla N°6 y 7 $108.2 * KM^{1.098+2}$	Units: km
• sz_0 = Ecuación 2, tabla N°6 y 7 $108.2 * KM^0^{1.098+2}$	Units: km
• sz_1 = Ecuación 2, tabla N°6 y 7 $108.2 * KM^1^{1.098+2}$	Units: km
• sz_{10} = Ecuación 2, tabla N°6 y 7 $108.2 * KM^1_0^{1.098+2}$	Units: km
• T_a = Temperatura ambiental promedio del año 293	Units: °K
• T_{a0} = Temperatura ambiental promedio del año 293	Units: °K
• T_{a1} = Temperatura ambiental promedio del año 293	Units: °K
• T_{a10} = Temperatura ambiental promedio del año 293	Units: °K
• Taza crecimiento consumo ladrillo = 9.97% 0.0997	Units: 1/año
• Tiempo de disipación = Tiempo promedio de sedimentación (20 días)	Units: día
• Tiempo de disipación 0 = tiempo promedio de disipación (10 días)	Units: día
• Tiempo de disipación 0 0 = tiempo promedio de disipación (10 días)	Units: día
• Tiempo de disipación 1 = tiempo promedio de disipación (10 días)	Units: día
• $TIME\ STEP = 1$ The time step for the simulation.	Units: año [0,?]
• $Ton\ carbón$ = Cantidad de Carbón usado en hornos $HORNO * (1 - 0.1808) * Fact.\ Carbón$	Units: toneladas/año

- Ton casc. arroz = Cantidad de cascarilla de arroz usado en horno
Ton carbón*Factcascarr
Units: toneladas/año
- Ts = Temperatura de emisión de gases 358
Units: °K
- Ts 0 = Temperatura de emisión de gases 358
Units: °K
- Ts 1 = Temperatura de emisión de gases 358
Units: °K
- Ts 1 0 = Temperatura de emisión de gases 358
Units: °K
- U = velocidad promedio de emisión de gases 3
Units: m/s
- u 0 =u= velocidad promedio de emisión de gases 3
Units: m/s
- u 1=u= velocidad promedio de emisión de gases 3
Units: m/s
- u 1 0=u= velocidad promedio de emisión de gases 3
Units: m/s
- Ventas anuales = ventas anuales de ladrillo precio tn*Producc Total/1e+006
Units: millones soles/año
- Vs = velocidad promedio anual del viento 5
Units: m/s
- Vs 0 = velocidad promedio anual del viento 5
Units: m/s
- Vs 1 = velocidad promedio anual del viento 5
Units: m/s
- Vs 1 0 = velocidad promedio anual del viento 5
Units: m/s
- Y = Altura de inversión térmica de gases atmosféricos IF THEN ELSE(HI=1, 1, 0.7)
Units: km
- Y 0 = Altura de inversión térmica de gases atmosféricos 0.9
Units: km
- Y 1 = Altura de inversión térmica de gases atmosféricos 0.9
Units: km
- Y 1 0 = Altura de inversión térmica de gases atmosféricos 0.9
Units: km

2.8.2. SUPUESTO

Para la simulación de la situación problema planteado se tiene los siguientes supuestos:

- El aumento de la demanda de ladrillo maquinado se mantiene constante en el tiempo, no se consideran sustitutos para este producto y esto se hace del conociendo que se tiene del déficit de vivienda en las regiones de distribución y venta de ladrillo de aproximadamente 450000 viviendas en INEI 2007
- No hay cambios en el uso de combustibles usados en proceso de cocción de ladrillo industrial en la región Lambayeque que es carbón, cascarilla de arroz – café y gas natural.
- No hay ningún tratamiento por parte de las empresas de las emisiones gaseosas generadas para los próximos 15 años
- La proporción de ladrillo consumido en la región versus el vendido en otras regiones se mantiene constante.
- En número de casos de rinitis es ocasionado solo por el material particulado menor de 10 micras (MP_{10}) generadas por la producción de ladrillo industrial.
- Las Materia prima es tierra extraída de las parte superior de la corteza es decir aquella que es

2.8.3. VALIDACIÓN DEL MODELO

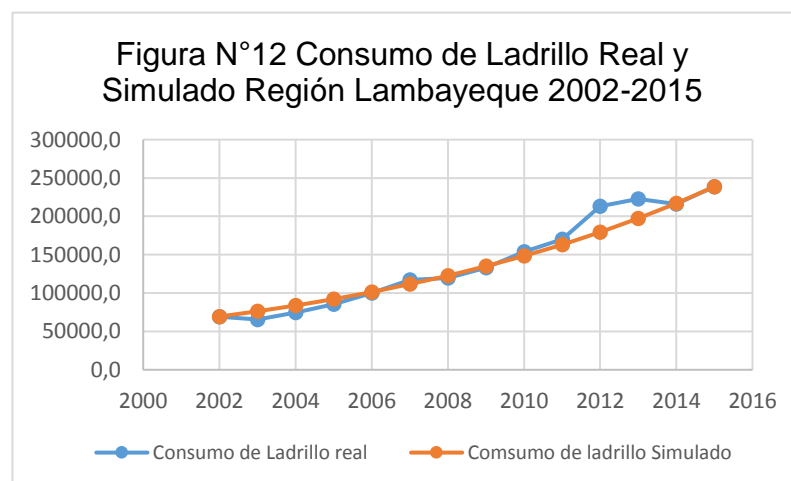
La validación de un modelo representa un paso de gran importancia ya que contrasta los datos reales conocidos con los datos modelados obtenidos con el único fin que esperar la obtención de otros datos mediante el modelo que puedan ser confiables. La Tabla N°21 muestra el consumo de Ladrillo Real vs Consumo de Ladrillo simulado en las región Lambayeque 2002 – 2015

Tabla N° 21 Consumo de Ladrillo Real y Simulado Región Lambayeque 2002-2015

AÑO	Consumo de Ladrillo real	Consumo de ladrillo Simulado
2002	69373.1	69373.1
2003	65552.4	76289.6
2004	74724.8	83895.7
2005	85334.3	92260.1
2006	99861.8	101458.0
2007	117183.6	111574.0
2008	119788.3	122698.0
2009	132912.7	134931.0
2010	154002.6	148383.0
2011	170009.0	163177.0
2012	213308.9	179446.0
2013	222696.3	197337.0
2014	216073.9	217011.0
2015	238751.7	238647.0

Fuente: Elaboración Propia

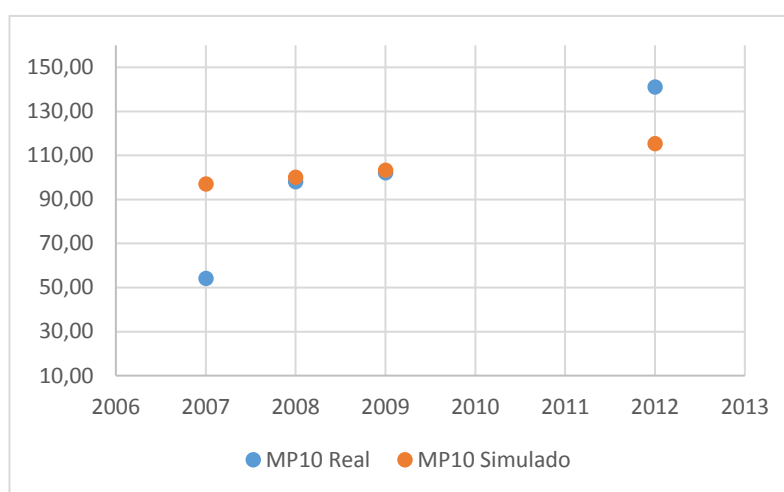
En la Figura N°12 se grafican los datos de la tabla N° 22 mostrando mejor la cercanía de los datos real y simulado



Fuente: Elaboración propia

En la Figura N°13 se grafican los datos reales y simulados del material particulado menor de 10 micras, desafortunadamente la carencia de mediciones periódicas por parte de las autoridades del MINSA hace que no se tengas más datos que harían de este proceso más certero.

Figura N°13 Promedio anual de Material Particulado (PM₁₀) Real y Simulado para Ind., Ladrillera

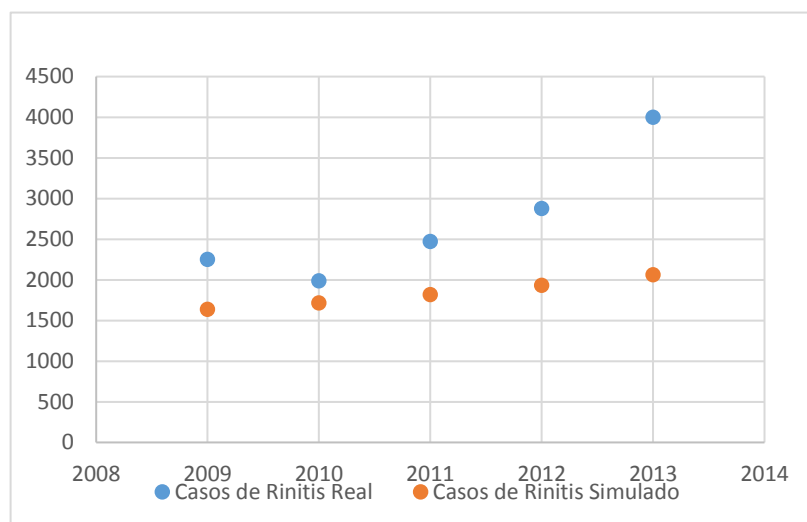


Fuente: Elaboración propia

Además unas declaraciones a fines del año 2014 dadas por Eric Concepción Gamarra, coordinador de Gestión del Aire del Minam expresa en (RPP Radio Programas el Peru Noticias, 2014) lo siguiente: “El límite permisible es de 150 µg por metro cúbico por día; sin embargo, ese valor ha sido superado en algunas oportunidades. No hemos podido monitorear todo el año, pero sí estamos seguros que en un momento de este periodo debe pasarse este valor”, valor que en la simulación de MP₁₀ solo generado por Industria Ladrillera en la región para el año 2015 es de 121 µg por metro cúbico, valor que se superaría si a este se le suma el aporte de otras industrias y del parque automotor, como lo menciona Eric Concepción Gamarra; en la mismas entrevista a RPP “la quema de caña de azúcar, la presencia de ladrilleras y la enorme combustión que generan los vehículos de transporte público, son tres de los factores que más contaminan el aire de Chiclayo”.

En la siguiente figura N° 14 se detalla el promedio anual de Material particulado (PM_{10}) Real y Simulado para Ind. Ladrillera

Figura N°14 Casos de Rinitis Alérgica y Vasomotora real y Simulada para Ind. Ladrillera



Fuente: Elaboración propia

III. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS.

La simulación de escenarios se realiza para 10 años en el futuro al término de los cuales se pudieron identificar los impactos más significativos a través de los efectos que tendrán sobre el medio, entre ellos tenemos por ejemplo impactos sobre el aire en la etapa de molienda de materia prima y cocción del ladrillo, correspondiente a emisiones de MP_{10} , emisiones gaseosas tóxicas CO, SO_x, NO_x y de efecto invernadero como el CO₂.

Para el dióxido de carbono que es uno de los gases de efectos invernadero, en el Perú existe un inventario de emisiones de CO₂ equivalente detallado en la tabla N°23 Emisiones de CO₂ eqv. nivel nacional y las emisiones CO₂ eqv. generadas por producción de ladrillo industrial en región Lambayeque, podemos observar como el crecimiento de estas emisiones en la región Lambayeque generados por la elaboración de ladrillo pasa de ser unos 0.048% a 0.171% del total nacional para el año 2014 cuadruplicándose en 12 años. El equivalente de CO₂ o equivalente de dióxido de carbono (CO₂eq o Carbon Dioxide Equivalent, en inglés), es una medida en toneladas de la totalidad de la emisión de gases de efecto invernadero (huella de carbono). Los gases de efecto invernadero distintos del dióxido de carbono (metano, óxido nitroso, hidrofluorocarburos, etc.) son convertidos a su valor equivalente en dióxido de carbono, multiplicando la masa del gas en cuestión por su potencial de calentamiento global.

En lo que respecta a las emisiones de material particulado menores a las 10 micras (PM₁₀) se evidencia una relación de significancia a través de la correlación de Spearman con los casos de rinitis alérgica y vasomotora ver anexo tabla N°24. Como se puede apreciar en el cuándo el nivel de significancia es menor a 0.01 por tal motivo se rechaza la hipótesis nula y se acepta la del investigador que es en la que relación entre los valores analizados. En este caso la relación MP_{10}

y RA se proyectó con una ecuación exponencial en la que después de cierto valor los casos de RA se incrementan significativamente mostrándose nocivo para la salud

Resultados ver anexo Tabla N°31 y figuras N°15, 16, 17

Tabla N° 23 Emisiones de CO₂ eqv. Nivel Nacional y Las emisiones CO₂ eqv. Generadas por Producción de Ladrillo Industrial en región Lambayeque

Año	CO ₂ eqv. Nivel Nacional Toneladas	CO ₂ eqv. Ladrilleras- Región Lambayeque Toneladas	%
2002	134788000	64594.50	0.048
2003	140310000	71034.60	0.051
2004	145567000	78116.80	0.054
2005	150324000	85905.00	0.057
2006	160061000	94469.70	0.059
2007	163925000	103888.00	0.063
2008	167373000	114246.00	0.068
2009	143075000	125636.00	0.088
2010	147978000	191236.00	0.129
2011	151930000	210302.00	0.138
2012	155883000	231269.00	0.148
2013	159837000	254326.00	0.159
2014	163789000	279683.00	0.171

Fuente: Elaboración propia

La simulación de la producción de ladrillos a 15 años en el futuro y el consumo de recursos (tierra y agua) se presenta en la tabla 31, según el INEI - Censos Nacionales 2007 con respecto el déficit de habitacional para la región nor-oriental del Perú que son las regiones a donde distribuyen la producción de ladrillo de la región Lambayeque, esta representaría aproximadamente el 3% de la necesidad de ladrillo para cubrir el déficit habitacional que es de 466 923 viviendas. Por otra parte

traduciendo el tonelaje de materia prima extraída a superficie de área depredada se estaría afectando para el año 2032 un total de 2058.35 hectáreas de tierra cultivable.

La simulación de las emisiones producidas durante la fabricación de ladrillo industrial en la región se presenta en la tabla 31 donde se evidencia un gran crecimiento de las emisiones en lo que respecta al NO_x, SO_x, y MP₁₀.

La tabla 31 también nos muestra el número de casos anuales y acumulados de rinitis alérgica vasomotora ocasionada por las emisiones de material particulado PM₁₀ producidas por la industria ladrillera en la región Lambayeque para los próximos 15 años y se grafica más en figura N°16 (Anexo).

3.2 PROPUESTA TEÓRICA

Al construir un modelo de simulación dinámico sobre el proceso productivo del ladrillo industrial en la región Lambayeque, modelando sus consumos de recursos en el tiempo, sus emisiones gaseosas, material particulado y lo que representa cualitativamente estas emisiones para la salud humana, y su contribución al calentamiento global nos permite apreciar de mejor forma sus posibles efectos en el futuro, exponiendo una realidad futura compatible con el desarrollo sistémico de la realidad actual.

Al establecer estos futuros escenarios podemos de mejor forma identificar cuáles son los impactos más significativos en términos de efectos negativos al medio ambiente que produce la industria ladrillera en la región Lambayeque.

IV. CONCLUSIONES

- Se Identificaron los Impactos ambientales significativos generados por la Industria ladrillera en la región Lambayeque, que son en el aire producidos en la etapa de cocción a través de la generación de las emisiones gaseosas y material particulado.
- Se construyó un Modelo de Simulación dinámica sobre el proceso productivo, consumo de recursos y sus impactos en el medio ambiente y la salud.
- Se realizaron proyecciones a 15 años en el futuro (año 2032), para consumo de recursos como materia prima y agua, emisiones y concentraciones de CO, CO₂, SO_x, NO_x y MP₁₀ relacionados con la salud y el medio ambiente.
- Para el año 2032 se habrán extraído 27.99 millones de toneladas de tierra, degradado 2058.35 ha de tierra cultivable (capa superficial a profundidad promedio de 0.8 metros).
- Desde el año 2002 hasta el año 2017 se habría extraído 1.12 millones de m³ de agua y en los próximos 15 años (2032) se extraerán del subsuelo 4.48 millones de agua para ser utilizados en la fabricación de ladrillo industrial un ritmo de producción para el año 2032 de 7237.27 toneladas de ladrillo diarias que serán comercializadas en la región Lambayeque, Piura, Trujillo y oriente del país.
- La Relación que se encontró entre las concentraciones de material particulado menor de 10 micras y casos de Rinitis alérgica y vasomotora fue exponencial, tal es así que desde el año 2002 hasta el año 2017 se habrían producido 26 754 casos de Rinitis y para el año 2032 se producirán 234497 casos de Rinitis solo relacionados con las emisiones de MP₁₀ generados por la fabricación de ladrillo industrial en la región.

- Para el año 2032 los casos de rinitis alérgica y vasomotora relacionados con las emisiones de material particulado menor de 10 micras será 58 721 casos solo ese año a un costo total aproximado es de 55.48 millones de soles solo en tratamiento.
- Desde el año 2002 hasta el 2017 las emisiones generados por la Industria ladrillera en la región Lambayeque cuadruplicaron el valor de CO₂ equivalente y los próximos 15 años (año 2032) se producirían 1.55 millones de toneladas de CO₂ equiv. solo ese año.
- El año 2020 se superaría los Estándares de Calidad Ambiental para MP₁₀ si solo dependiera de las emisiones generados por la Industria ladrillera con un valor de 157.847 µg/m³ (ECA para MP₁₀ = 150 µg/m³)
- En 5 años (2023) se habrá superado el límite permisible para SO₂ con un valor de 83.2 µg /m³ (tabla 26) ECA límite anual de 80 µg /m³
- En 12 años (2030) se habrá superado el límite ECA para NO_x con un valor de 102.44 µg /m³ (tabla 26) ECA límite anual de 100 µg /m³

V. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a las instituciones gubernamentales y privadas monitorear periódicamente las emisiones gaseosas en la región actividad que no se realiza como debería.
- Se recomienda a las instituciones de salud encargadas de acopiar información sobre los usuarios que son atendidos en sus instalaciones médicas, incorporar a sus registros la data de las instituciones privadas las mismas que no proporcionan información.
- Se recomienda a las instituciones correspondientes como es el caso de MINAN la pronta ejecución y actualización de inventarios ambientales en la región Lambayeque ya que la última que existe es del año 2006 y hace referencia a datos del 2004.
- Se recomienda a los municipios de la región, la OEFA el MIPRODU contribuir con la fiscalización de las industrias ladrilleras para que cumplan en adoptar medidas que mitiguen los impactos ambientales que se generan durante sus actividades industriales.
- Se recomienda para próximos trabajos de investigación, incluir de generación de residuos sólidos producidos por la Industria ladrillera así como las emisiones de sus fuentes móviles ligados a esta industria.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DIGESA Direccion General de Salud Ambiental. (2014). *Informe Nacional de la Calidad del Aire*. Informe Final, Ministerio del Ambiente (MINAN), Lima, Lima. Recuperado el 14 de Febrero de 2018, de www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/Informe-Nacional-de-Calidad-del-Aire-2013-2014.pdf
- Abril, D., & Navarro, E. (08 de Junio de 2009). *La paja de arroz, Consecuecia de su Manejo y Alternativa de provechamiento*.
- Agencia Andina Peruana de Noticias. (22 de Octubre de 2010). *Andina*. Recuperado el 05 de octubre de 2017, de <http://andina.pe/agencia/noticia.aspx?id=323992>
- Amézquita, L. J. (2006). *Modelamiento de Cadenas Agroindustriales mediante simulaion de Redes*. Cartagena, Colombia. Recuperado el 23 de Marzo de 2015, de <https://juancarlosvergaras.files.wordpress.com/2013/04/libro-cadenas.pdf>
- Andrade, S. H., & Lince, M. E. (2011). Evolución: herramienta software para modelado y simulación con Dinámica de Sistemas. *Revista de Dinámica de Sistemas Vol. 5 Núm. 1*, 27.
- Aracil, J. (1995). *Dinamica de Sistemas* (4ta edicion ed.). Madrid, Madrid, España: Isdefe. Recuperado el 20 de diciembre de 2015, de http://www.simposio.palmira.unal.edu.co/documentos/Dinamica_Aracil.pdf
- Aracil, J., & Francisco, G. (1997). *Dinamica de Sistemas*. Madrid, Madrid, España: Alianza. Recuperado el 12 de Diciembre de 2015, de <http://tiesmexico.cals.cornell.edu/courses/shortcourse5/minisite/pdf/Literatura/Aracil%20Gordillo%20DS.pdf>
- Arboleda, G. J. (2008). *Manual para la Evaluacion de Impacto Ambiental de Proyectos, Obras o Actividades*. Medellin, Colombia. Recuperado el 01 de Agosto de 2016, de http://www.kpesic.com/sites/default/files/Manual_EIA_Jorge%20Arboleda.pdf

- Arechiga, U., Mungia, L., & Marquez, C. (2012). *Evaluacion preliminar del impacto ambiental por produccion artesanal de ladrillo: eficiencia y calidad del aire (segunda etapa)*. Informe Final, Instituto Nacional de Ecología, Mexico D.F.
- Boletin empresarial. (2013). *Actualidad Empresarial*. Recuperado el 22 de Marzo de 2018, de <http://aempresarial.com/web/informativo.php?id=20826>
- Caro, G. L., & Goyhenecha, C. (29 de Noviembre de 2006). Diagramas de Forrester "El diagrama característico de la dinámica de sistemas". *Universidad Tecnológica Metropolitana - Facultad de Ingeniería*, 18.
- Casado, P. M. (2005). *Proceso de Producción mas Limpia en Ladrilleras de arequipa y Cusco*. Lima.
- Casado, P. M. (Enero de 2010). *Elaboracion de Limites Maximos Permisibles de Emisiones para la Industria Ladrillera*. Obtenido de http://www.redladrilleras.net/documentos_galeria/LMPs%20Ladrilleras.pdf
- CONAN, PNUMA, USS, Municipalidad de Chiclayo. (2008). *Perspectivas del Medio Ambiente Urbano: Geo Chiclayo*. Informe final, Lambayeque, Chiclayo. Recuperado el 20 de Enero de 2018, de file:///C:/Users/windows/AppData/Local/Packages/Microsoft.MicrosoftEdge_8wekyb3d8bbwe/TempState/Downloads/-Perspectivas_del_Medio_Ambiente_Urbano_-_GEO_Chiclayo-2008GEO_Chiclayo_2008_1.pdf.pdf
- Consejeria de Medio Ambiente y Ordenacion del Territorio; Junta de Andalucia. (2014). *Guía de apoyo para la notificación de la industria de fabricación de elementos cerámicos de construcción*. Recuperado el 16 de marzo de 2018, de www.juntadeandalucia.es:www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal_web/administracion_electronica/Tramites/Vigilancia_Preencion/Modelos/EPRTTR/Modelos/Guias_apoyo/Guia_Ep3g_Fabricacion_Elementos_Ceramicos_Construccion.pdf.pdf
- CORPOCESAR. (Junio de 2013). *Diagnostico Sectorial de la Industria Ladrillera en Dpto del Cesar*. Recuperado el 25 de Marzo de 2014, de <http://www.corpocesar.gov.co/files/DIAGNOSTICO%20PML%20SECTOR%20LADRILLEROS.pdf>

- Cuberos, M. R. (2008). Ambiente y confortabilidad en el ambito urbano: Unidad III - Impacto Ambiental y Reglamentación ambiental. *Universidad de Zulia*.
- DIGESA, Direccion General de Salud Ambiental -. (2005). *Inventario de Emisiones de Fuentes Fijas Cuenca Atmosferica de la Ciudad de Chiclayo*. Informe Final, Chiclayo. Recuperado el 20 de Abril de 2017, de http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/inventario_aire/fuentes_fijas/Informe%20Chiclayo-Final.pdf
- Division de Salud Ambiental - Depto Programas sobre Ambiente. (1999). *Manual de Consultas de factores de Emision*. Santiago. Recuperado el 22 de Enero de 2018, de <http://www.declaracionemision.cl/documentos/2502681e05202ed19008ee5af6084c40.pdf>
- Enciclopedia Libre, W. (s.f.). *Wikipedia*. Recuperado el 14 de febrero de 2016, de https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_din%C3%A1mico
- Forrester, J. w. (1981). *Dinámica Industrial*. Buernos Aires: Editorial Ateneo.
- García, J. M. (2014). *Teoría y ejercicios prácticos de Dinámica de Sistemas*. Barcelona. doi:4-607-9304-4
- Gesta Zonal de Chiclayo, 1. (2006). *Plan “A Limpiar el Aire” de la cuenca atmosférica de Chiclayo*. Informe Final, Chiclayo. Recuperado el 17 de Enero de 2018, de <http://bibliotecavirtual.minam.gob.pe/biam/bitstream/id/394/BVI00059.pdf>
- Gestion Diario. (27 de Octubre de 2017). *Diario de Noticias Gestion*. Obtenido de <https://gestion.pe/economia/asociacion-ladrillera-ceramicos-peru-inicia-actividades-gremiales-presenta-objetivos-144325>
- Herrera, C. J. (2008). *Introduccion al Estudio del Medio Ambiente*. Mexico D. F, Mexico.
- Jaurilariza, Eusko; Gobierno Vasco. (2005). *Guia Tecnica para Medición, Estimación y Cálculo de las Emisiones al Aire - Producto Ceramicos*. Vasco, España: IHOBE - Sociedad Pública de Gastion Ambiental.
- Jaurilariza, Eusko; Gobierno Vasco. (2012). *Guia para la Prevencion de Esmisiones Difusas de particulas*. Vasco, España: IHOBE - Sociedad Pública de Gastion Ambiental. Obtenido de

- http://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/guia_emisiones_difusas/es_doc/adjuntos/guia_emisiones_difusas.pdf
- Jorge Molinas, M. C. (2006). Impacto Económico del Asma y la Rinitis alérgica por cascara de soja. *Dialnet*, 14. Recuperado el 20 de enero de 2018, de file:///C:/Users/windows/AppData/Local/Packages/Microsoft.MicrosoftEdge_8wekyb3d8bbwe/TempState/Downloads/Dialnet-ImpactoEconomicoDelAsmaYLaRinitisAlergicaPorCascar-4295908.pdf
- Lascano, E. G. (2015). Factores Conductuales y Ambientales que Inciden en las Rinitis Alérgicas Relacionadas con su tratamiento y control Intradomiciliario, En el Hospital de Especialidades FFf.AA. No.1 De Quito 2014. *Tesis Mestría*. Quito.
- Lockwood, A., & Welker-Hood. (2009). *EL Impacto del Carbón en la Salud Humana*.
- Lopez, A. E. (2011). Caracterización de las Unidades Productivas de la Industria Ladrillera.
- Ministerio del Ambiente MINAM. (2001). <http://www.minam.gob.pe>. *DECRETO SUPREMO N° 074-2001-PCM Reglamento de Estándares nacionales de calidad ambiental del Aire*. Lima, Perú. Recuperado el 01 de Agosto de 2017, de MINAM: <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/D.S.-N%C2%BA-074-2001-PCM.pdf>
- Ministerio del Ambiente MINAM. (11 de Octubre de 2014). Chiclayo presenta un alto índice de contaminación atmosférica. *El Comercio*, pág. 1. Recuperado el 20 de Enero de 2018, de <https://elcomercio.pe/peru/lambayeque/chiclayo-presenta-alto-indice-contaminacion-atmosferica-305744>
- Quiroga, M. R. (Diciembre de 2007). *Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe* (Vol. 55). Santiago, Chile: CEPAL - Naciones Unidas. Recuperado el 20 de Diciembre de 2016, de Comisión Económica para América Latina CEPAL: <http://www.cepal.org/deype/publicaciones/xml/4/34394/lcl2771e.pdf>
- Rivera, P. J. (22 de marzo de 2013). Desarrollo de un Modelo Dinámico para determinar la incidencia de los factores contaminantes del aire en la población de Lima Metropolitana. pág. 9. Recuperado el 14 de abril de 2016, de

http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/indata/v15_n2/pdf/a08v15n2.pdf

- RPP Radio Programas el Peru Noticias. (21 de Noviembre de 2014). Chiclayo posee elevados niveles de contaminación según especialista. *Chiclayo posee elevados niveles de contaminación según especialista*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2017, de <http://rpp.pe/peru/actualidad/chiclayo-posee-elevados-niveles-de-contaminacion-segun-especialista-noticia-744140>
- Ruiz, F. A. (2001). Desarrollo de un Modelo de Simulacion para evaluar el Horizonte de Contaminacion con cobre de bosques esclerofilo. *tesis de Grado Magister en gestion y Planificacion Ambiental*, 125. Santiago, Chile. Recuperado el 14 de Abril de 2016, de http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2001/ruz_a/pdf/ruz_a.pdf
- Tello, A. (s.f.). La contaminacion aumenta los casos de rinitis. *La Gaceta UDG*. Recuperado el 20 de enero de 2018, de <http://www.gaceta.udg.mx/Hemeroteca/paginas/362/362-6.pdf>
- Valderrama, O. M., & Chavarro, G. L. (2014). Estudio dinámico del Impacto Ambiental asociado al reciclaje y reutilización de envases pet en el valle del Cauca. *Universidad del Valle*, 68.
- Zapata, P. L. (2009). *Determinacion de Oxihemoglobina y Carboxihemoglobina en trabajadores de fabricas de tejas y ladrillos*. Cuzco.

ANEXOS

Tabla N° 6 Modelo difusión velocidad viento - Radiación X \leq 1 Km

estabilidad	a	c	d	f
A	213	440.8	1.941	9.27
B	156	106.6	1.149	3.3
C	104	61	0.911	0
D	68	33.2	0.725	-1.7
E	50.5	22.8	0.678	-1.3
F	34	14.35	0.740	-0.35

Tabla N° 7 Modelo difusión velocidad viento - Radiación X $>$ 1 Km

estabilidad	c	d	f
A	459.7	2.094	-9.6
B	108.2	1.098	2.0
C	61	0.911	0
D	44.5	0.516	-13.0
E	55.4	0.305	-34.0
F	62.6	0.180	-48.6

Tabla N°14 Factores de Emisión CO

ETAPA DEL PROCESO / COMBUSTIBLE		FACTOR DE EMISIÓN	UNIDAD	CÓDIGO	FUENTE
Secadero					
Artificial		CONSIDERAR LOS F.E. DE LA PARTE INFERIOR DE ESTA TABLA "INSTALACIONES AUXILIARES/SECADERO"			
Cocción					
Combustible	Tipo de horno				
Gas natural	Túnel	0,030	kg/t producto	C	CORINAIR
Gas natural	Hoffmann	0,075		C	CORINAIR
Fuel oil / Gasoil	Túnel	0,060		C	CORINAIR
Fuel oil / Gasoil	Hoffmann	0,095		C	CORINAIR
Carbón / coque	Túnel	0,715		C	CORINAIR
Carbón / coque	Hoffmann	1,195		C	CORINAIR
Biomasa	Túnel	0,800		D	EPA
INSTALACIONES AUXILIARES / SECADERO					
COMBUSTIBLE	FACTOR DE EMISIÓN (kg/GJ)	PODER CALORÍFICO INFERIOR (GJ/t)	FACTOR DE EMISIÓN (kg/t comb.)	FUENTE	
Orujillo ^a	0,570	17,20	9,98	CORINAIR	
Resto de biomasa ^a	0,570	14,20	8,09	CORINAIR	
Fuel Oil	0,040	40,40	1,62	CORINAIR	
Gas Oil	0,093	43,00	4,00	CORINAIR	
Butano	0,029	47,30	1,37	CORINAIR	
Propano	0,029	47,30	1,37	CORINAIR	
Gas natural	0,030	48,00	1,44	CORINAIR	

^a Factor correspondiente a Biomasa (madera). En ausencia de otros factores más específicos para cada tipo de biomasa, se ha aplicado este valor multiplicándolo por el poder calorífico correspondiente a cada combustible

Fuente: (Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio; Junta de Andalucía, 2014)

Tabla N° 15 Factores de Emisión NOx

ETAPA DEL PROCESO / COMBUSTIBLE		FACTOR DE EMISIÓN	UNIDAD	CÓDIGO	FUENTE
Secadero					
Artificial		CONSIDERAR LOS F.E. DE LA PARTE INFERIOR DE ESTA TABLA “INSTALACIONES AUXILIARES/SECADERO”			
Cocción					
Combustible	Tipo de horno				
Gas natural	Túnel	0,090	kg/t producto	C	D. 503/04
Gas natural	Hoffmann	0,250		C	CORINAIR
Fuel oil / Gasoil	Túnel	0,550		C	D. 503/04
Fuel oil / Gasoil	Hoffmann	0,810		C	D. 503/04
Carbón / coque	Túnel	0,725		C	D. 503/04
Carbón / coque	Hoffmann	1,175		C	D. 503/04
Biomasa	Túnel	0,185		E	D. 503/04
INSTALACIONES AUXILIARES / SECADERO					
COMBUSTIBLE	FACTOR DE EMISIÓN (kg/GJ)	PODER CALORÍFICO INFERIOR (GJ/t)	FACTOR DE EMISIÓN (kg/t comb.)	FUENTE	
Orujillo ^a	0,200	17,20	3,44	D. 503/04	
Resto de biomasa ^a	0,200	14,20	2,84	D. 503/04	
Fuel Oil	0,159	40,40	6,42	D. 503/04	
Gas Oil	0,089	43,00	3,83	D. 503/04	
Butano	0,174	47,30	8,23	D. 503/04	
Propano	0,174	47,30	8,23	D. 503/04	
Gas natural	0,100	48,00	4,80	D. 503/04	

* Factor correspondiente a Biomasa (madera). En ausencia de otros factores más específicos para cada tipo de biomasa, se ha aplicado este valor multiplicándolo por el poder calorífico correspondiente a cada combustible

Fuente: (Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio; Junta de Andalucía, 2014)

Tabla N° 16 Factores de Emisión SO_x

ETAPA DEL PROCESO / COMBUSTIBLE		FACTOR DE EMISIÓN	UNIDAD	CÓDIGO	FUENTE
Secadero			-	-	-
Artificial		CONSIDERAR LOS F.E. DE LA PARTE INFERIOR DE ESTA TABLA “INSTALACIONES AUXILIARES/SECADERO”			
Cocción					
Combustible	Tipo de horno				
Gas natural	Túnel	0,335	kg/t producto	C	D. 503/04
Gas natural	Hoffmann	2,950		C	CORINAIR
Fuel oil/ gasoil	Túnel	2,000		C	D. 503/04
Fuel oil/ gasoil	Hoffmann	2,950		U	D. 503/04
Carbón/ coque	Túnel	3,665		C	D. 503/04
Carbón/ coque	Hoffmann	6,065		U	D. 503/04
Biomasa	Túnel	0,335		C	D. 503/04
INSTALACIONES AUXILIARES / SECADERO ^b					
COMBUSTIBLE	FACTOR DE EMISIÓN (kg/GJ)	PODER CALORÍFICO INFERIOR (GJ/t)	FACTOR DE EMISIÓN (kg/t comb.)	FUENTE	
Orujillo ^c	0,099	17,20	1,70	CORINAIR	
Resto de biomasa ^c	0,0035	14,20	0,0497	CORINAIR	
Fuel Oil	0,495	40,40	20,0	CORINAIR	
Gas Oil	0,093	43,00	4,00	CORINAIR	
Butano	0,00211	47,30	0,0998	CORINAIR	
Propano	0,00211	47,30	0,0998	CORINAIR	
Gas natural	0,00417	48,00	0,2 ^d	CORINAIR	

^a Debido a la gran variabilidad de porcentaje de azufre en la materia prima, las emisiones de azufre se calculan de forma más exacta considerando que todo el azufre de la materia prima se libera como SO₂ durante la cocción y que cada kg de azufre da lugar a 2 kg de SO₂. Es necesario considerar en los balances de masa el azufre presente en el combustible

^b Para instalaciones de combustión, los F.E. de SO_x se han obtenido aplicando la fórmula propuesta por el CORINAIR: F.E._{SO_x}(kg/GJ)=20×S/PCI, en la que S es el % de azufre en el combustible, PCI el poder calorífico inferior y se ha supuesto que no existe retención en las cenizas ni medidas secundarias. Se consideran por defecto, según el Decreto 503/2004, los siguientes porcentajes de azufre en los combustibles: Fuel Oil (1%); Gasoil (0,2%); Gas natural (0,01%); Butano y propano (0,005%); Orujillo (0,085%); Resto de biomasa (0,0025%)

^c Factor correspondiente a Biomasa (madera). En ausencia de otros factores más específicos para cada tipo de biomasa, se ha aplicado este valor multiplicándolo por el poder calorífico correspondiente a cada combustible

^d Si se tiene el consumo de gas natural en m³, se debe pasar a toneladas multiplicando por la densidad (0,8 kg/m³) y dividiendo por 1000 para pasar de kg a t. En el caso de disponer el dato en kWh se debe pasar a toneladas dividiendo por 11,89 kWh/m³, por lo que ya se tiene en m³, y después pasarlo a toneladas como se indicó anteriormente

Fuente: (Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio; Junta de Andalucía, 2014)

Tabla N° 17 Factores de Emisión (kg/tonelada Material)(EPA)

PROCESO	PM ₁₀	SO _x ^b	CO	CO ₂	NO _x
Molienda y tamizado					
Material seco (máximo 4% de humedad)	0,265 ^c	–	–	–	–
Material húmedo (máximo 13% de humedad)	0,00115 ^c	–	–	–	–
Con filtro de mangas	0,0016 ^c	–	–	–	–
Horno de gas natural	0,435	0,39	0,6	200	0,175
Horno gas natural materiales alto contenidos de azufre					
Sin control	–	2,55	0,6	200	0,175
Scrubber vía húmeda eficiencia media	–	0,5	0,6	200	0,175
Scrubber relleno alta eficiencia	–	0,0025	0,6	200	0,175
Horno carbón	0,7	0,6	0,4	150	0,255
Horno túnel serrín	0,425	0,39	0,80	245	0,185
Horno biomasa y secadero (gases del horno de cocción utilizados para secar la biomasa)	0,155	–	–	–	–

Fuente: (Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio; Junta de Andalucía, 2014) tomado de EPA-42 tabla 11.3-2 y 11.3-3 donde están expresadas en lb/ton)

Tabla N° 18 Factores de Emisión MP₁₀

ETAPA DEL PROCESO / COMBUSTIBLE	FACTOR DE EMISIÓN	UNIDAD	CÓDIGO	FUENTE
Molienda				
Material seco (≈ 4% humedad)	0,265	kg/t materia prima	E	EPA
Material húmedo (≈ 13 % humedad)	0,00115		E	EPA
Filtro de mangas (≈ 6,5 % humedad)	0,0016		E	EPA
Conformado ^a	–	–	–	–
Secadero				
Artificial	CONSIDERAR LOS F.E. DE LA PARTE INFERIOR DE ESTA TABLA “INSTALACIONES AUXILIARES/SECADERO”			
Cocción				
Gas natural	0,435	kg/t producto	D	EPA
Fuel oil / Gasoil	No disponible		-	
Carbón / Coque	0,7		C	EPA
Biomasa	0,425		D	EPA
INSTALACIONES AUXILIARES / SECADERO				
COMBUSTIBLE	FACTOR DE EMISIÓN (g/GJ)	PODER CALORÍFICO INFERIOR (GJ/t)	FACTOR DE EMISIÓN (kg/t comb.)	FUENTE
Orujillo ^b	38	17,20	0,654	CORINAIR
Resto de biomasa ^b	38	14,20	0,540	CORINAIR
Fuel Oil	40	40,40	1,62	CORINAIR
Gas Oil	1,9	43,00	0,0817	CORINAIR
Butano	1,2 ^c	47,30	0,0568	CORINAIR
Propano	1,2 ^c	47,30	0,0568	CORINAIR
Gas natural	0,45 ^c	48,00	0,0216	CORINAIR

^a En las fuentes de la EPA existe un factor de emisión para la etapa de conformado, pero se indica que no es aplicable a líneas de extrusión típicas, por tanto no se ha propuesto en este documento

^b Factor correspondiente a madera, en ausencia de otros factores más específicos para cada tipo de biomasa, se ha aplicado este valor con el poder calorífico correspondiente a cada combustible

^c Para estos combustibles se ha considerado que todas las partículas producidas son PM₁₀

Fuente: (Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio; Junta de Andalucía, 2014)

Tabla N° 19 Factores de Emisión PM₁₀ almacenamiento de Carbón

CONTAMINANTE	Almacenamiento de carbón	Unidades
PM ₁₀	4,1	t/ha/año
PM ₁₀	3	g/t carbón

Fuente: (Jaurizar, Eusko; Gobierno Vasco, 2012) Corinair

Tabla N° 24 Correlación de Spearman MP10
y Rinitis Alérgica y Vasomotora

Correlaciones			MP10	RA
Rho de Spearman	MP10	Coeficiente de correlación	1.000	.964**
		Sig. (bilateral)	.	.000
		N	7	7
	RA	Coeficiente de correlación	.964**	1.000
		Sig. (bilateral)	.000	.
		N	7	7

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Tabla N° 25 SCC para EPA establece códigos para tipos e Hornos en Ladrilleras

PROCESO	CÓDIGO SCC
HORNO TÚNEL CON SERRÍN	3-05-003-10
HORNO TÚNEL GAS	3-05-003-11
HORNO TÚNEL FUEL OIL / GASOIL	3-05-003-12
HORNO TÚNEL CARBÓN	3-05-003-13
HORNO HOFFMANN GAS	3-05-003-14
HORNO HOFFMANN FUEL OIL / GASOIL	3-05-003-15
HORNO HOFFMANN CARBÓN	3-05-003-16

Fuente: (Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio; Junta de Andalucía, 2014)

Tabla N° 26 Estándares de Calidad Ambiental para Aire

CONTAMINANTES	PERIODO	FORMA DEL ESTANDAR		METODO DE ANALISIS ^{1[1]}
		VALOR	FORMATO	
Dióxido de Azufre	Anual	80	Media aritmética anual	Fluorescencia UV (método automático)
	24 horas	365	NE más de 1 vez al año	
PM-10	Anual	50	Media aritmética anual	Separación inercial/ filtración (Gravimetría)
	24 horas	150	NE más de 3 veces/año	
Monóxido de Carbono	8 horas	10000	Promedio móvil	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	1 hora	30000	NE más de 1 vez/año	
Dióxido de Nitrógeno	Anual	100	Promedio aritmético anual	Quimiluminiscencia (Método automático)
	1 hora	200	NE más de 24 veces/año	
Ozono	8 horas	120	NE más de 24 veces/año	Fotometría UV (Método automático)
Plomo	Anual ^{2[2]}			Método para PM10 (Espectrofotometría de absorción atómica)
	Mensual	1.5	NE más de 4 veces/año	
Sulfuro de Hidrógeno	24 horas ²			Fluorescencia UV (método automático)

Fuente: (Ministerio del Ambiente MINAN, 2001) Decreto Supremo N°074-2001-PCM

Tabla N° 27 Factores de Emisión Industria Ladrillera (1)

MATERIALES PARA CONSTRUCCIÓN (ladrillos principalmente)		
Contaminante/proceso		Factor de emisión - CAPV
PM 10	Molido y separación en seco (basado en 4% de humedad en materia prima)	0,27 kg PM ₁₀ /t MP procesada
	Molido y separación de materia húmeda (basado en 13% de humedad)	0,0011 kg PM ₁₀ /t MP procesada
	Molido y separación con filtro de mangas	0,0016 kg PM ₁₀ /t MP procesada
	Línea de extrusión con filtros de mangas ¹	0,0018 kg PM ₁₀ /t ladrillo cocido
	Horno con gas natural	0,435 kg PM ₁₀ /t ladrillo cocido
	Horno de serrín	0,425 kg PM ₁₀ /t ladrillo cocido
	Horno de serrín + secadero de serrín ²	0,15 kg PM ₁₀ /t ladrillo cocido
SO₂	Horno de gas natural o serrín/Balance de masa	2 kg SO ₂ /kg S en materia prima
NOx	Horno secadero con quemador de gas	0,05 kg NOx/t de producto
	Horno con gas natural	0,18 kg NOx/t de producto
	Horno con serrín	0,19 kg NOx/t de producto
CO	Horno secadero con quemador de gas	0,16 kg CO/t producto
	Horno con gas natural	0,60 kg CO/t producto
	Horno de serrín	0,80 kg CO/t producto
CO₂	Combustión de gas natural	56,1kg CO ₂ /GJ
		202 kg CO ₂ /MWh
NMVOC (como propano)	Secadero de ladrillos	0,015 kg NMVOC/t de producto
	Secadero de ladrillos con un quemador de gas suplementario	0,015 kg NMVOC/t de producto
	Horno de ladrillos	0,012 kg NMVOC/t de producto
	Horno de serrín + secadero de serrín ²	0,09 kg NMVOC/t de producto
CH₄	Secadero de ladrillos	0,01 kg NMVOC/t de producto
	Secadero de ladrillos con un quemador de gas suplementario	0,06 kg NMVOC/t de producto
	Horno de ladrillos	0,019 kg NMVOC/t de producto
HCl	Horno túnel (gas natural o serrín))	0,09 kg HCl/t producto cocido

¹ No aplicable a líneas de extrusión típicas. Aplicable a líneas de extrusión con varios puntos de goteo en transportador cuando se procesa materia con un contenido de humedad 5-9%.

² El secadero de serrín aprovecha la corriente de gases de un horno que quema serrín.

Nota: "Los sectores afectados por el Comercio de Derechos de emisión de gases de efecto invernadero disponen de una metodología específica para calcular las emisiones de CO₂ de acuerdo a la Decisión de la Comisión 2004/156/CE, "por la que se establecen directrices para el seguimiento y la notificación de las emisiones de gases de efecto invernadero de conformidad con la Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo."

Fuente: (Jaurilariza, Eusko; Gobierno Vasco 2005)

Tabla N° 28 Factores de Emisión Industria Ladrillera (2)

MATERIALES PARA CONSTRUCCIÓN (ladrillos principalmente)			
Contaminante/proceso			Factor de emisión - CAPV
HF	HORNO TUNEL Gas natural o serrín ³	Sin medidas secundarias	0,19 kg HF/ t producto
		Horno de serrín + secadero de serrín ²	0,09 kg HF/ t producto
FLUORUROS totales	HORNO TUNEL Gas natural o serrín	Sin medidas secundarias	0,3 kg Fluoruro /t producto
		Con scrubber seco	0,014 kg Fluoruro /t producto
		Con scrubber húmedo de eficiencia media	0,09 kg Fluoruro /t producto
		Con scrubber de lecho fijo de alta eficiencia	0,0007 kg Fluoruro /t producto
METALES	Horno ¹	Cd	$0,8 \cdot 10^{-5}$ kg/t producto cocido
		Cr	$2,5 \cdot 10^{-5}$ kg/t producto cocido
		Pb	$0,8 \cdot 10^{-4}$ kg/t producto cocido
		Ni	$3,6 \cdot 10^{-5}$ kg/t producto cocido
	Horno de serrín	As	$1,5 \cdot 10^{-5}$ kg/t producto cocido
		Hg	$3,6 \cdot 10^{-6}$ kg/t producto cocido
	Horno de gas natural	As	$1,5 \cdot 10^{-5}$ kg/t producto cocido
		Hg	$3,6 \cdot 10^{-6}$ kg/t producto cocido
	Horno de serrín + secadero de serrín ²	As	$1,0 \cdot 10^{-5}$ kg/t producto cocido
		Cd	$1,1 \cdot 10^{-5}$ kg/t producto cocido
		Cr	$2,4 \cdot 10^{-5}$ kg/t producto cocido
		Pb	$0,6 \cdot 10^{-4}$ kg/t producto cocido
		Hg	$0,6 \cdot 10^{-5}$ kg/t producto cocido
		Ni	$1,7 \cdot 10^{-5}$ kg/t producto cocido

¹ Otros tipos de hornos no identificados en la tabla 5.

² El secadero de serrín aprovecha la corriente de gases de un horno que quema serrín.

³ Las emisiones de HF dependen principalmente del contenido en F₂ de la materia prima. Aunque se dispone de factor de emisión al efecto, se recomienda para mayor exactitud realizar un balance de materia en el que se aplique la relación de paso siguiente: $1 \text{ kg F}^- \Rightarrow 1,05 \text{ kg HF}$ (se asume que se libera a la atmósfera todo el F⁻ de la materia prima).

Fuente: (Jaurizar, Eusko; Gobierno Vasco 2005)

Tabla N° 29 Emisiones Combustible Gas Natural

Tipo de caldera	Factores de emisión				
	SO ₂ [Kg/10 ⁶ m ³]	NO _x [Kg/10 ⁶ m ³]	CO [Kg/10 ⁶ m ³]	Material Particulado PM ₁₀ [Kg/10 ⁶ m ³]	COT [Kg/10 ⁶ m ³]
Caldera de uso Industrial > de 100 ⁶ BTU/hr	9.6	8800	640	16 - 80	27.2
Caldera de uso Industrial. 10 ⁶ a 100 ⁶ BTU/hr	9.6	2240	560	99.2	92.8
Caldera de uso comercial. 0.3 ⁶ a 10 ⁶ BTU/hr	9.6	1600	336	72	92.8
Caldera uso Residencial, menos de 0.3 ⁶ BTU/hr	9.6	1504	640	2.72	176

Fuente: (Division de Salud Ambiental - Dpto Programas sobre Ambiente, 1999)

Tabla N° 30 Emisiones Combustible Carbón

Configuración de quemado	Factores de Emisión				
	SO ₂ [Kg/Ton]	NO _x [Kg/Ton]	CO [Kg/Ton]	Material Particulado [Kg/Ton]	Material Particulado PM ₁₀ [Kg/Ton]
Carbón pulverizado, fondo seco	19*S (17.5*S)	15.55 (18.63)	0.25 (0.25)	5*A (5*A)	1.15*A (1.15*A)
Carbón pulverizado, fondo húmedo	19*S (17.5*S)	17 (17)	0.25 (0.25)	3.7*A (3.7*A)	1.3*A (1.3*A)
Carbón pulverizado, ciclón	19*S (17.5*S)	16.9 (16.9)	0.25 (0.25)	1*A (1*A)	0.13*A (0.13*A)
Alimentador extendido	19*S (17.5*S)	3.75 (3.75)	3 (3)	4.5 (4.5)	2.5 (2.5)
Cama fluidizada	<i>f</i>	1.95 ⁽¹⁾ 7.6 ⁽²⁾	9 (9)	8.5 (8.5)	6.2 (6.2)

(): Los valores contenidos entre paréntesis corresponden a los factores de emisión para carbón subbituminoso.

S: Corresponde al contenido de azufre del carbón. Si por ejemplo, el carbón contiene un 1.2% de azufre, entonces S= 1.2, debiéndose multiplicar la cantidad que precede a S por 1.2.

f: Los factores de emisión para calderas con cama fluidizada son función del contenido de azufre y de la relación calcio- azufre, por lo que es necesario utilizar la siguiente fórmula $\text{Kg SO}_2/\text{Ton de carbón} = 19.8 \cdot (S) \cdot (\text{Ca}/S)^{-1}$. Donde Ca/S es la relación molar entre el calcio y el azufre.

(1): Corresponde al factor, tanto para carbón bituminoso como subbituminoso, para cama fluidizada circulante.

(2): Corresponde al factor, tanto para carbón bituminoso como subbituminoso, para cama fluidizada de burbujas.

A: Corresponde al porcentaje de ceniza del carbón. Si por ejemplo, el carbón contiene un 8% de ceniza, entonces A= 8, debiéndose multiplicar la cantidad que precede a A por 8.

Fuente: (Division de Salud Ambiental - Depto Programas sobre Ambiente, 1999)

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

ENCUESTA TÉCNICA N° 1

1. NOMBRE EMPRESA:.....
DIRECCIÓN /UBICACIÓN.....
2. CAPACIDAD TOTAL DE PRODUCCION ESTIMADA POR MES
(DISEÑO) EN TONELADAS O MILLARES.....
3. PRODUCCION DE LOS UTIMOS 06 MESES

MES DE JULIO MES DE OCTUBRE.....
MES DE AGOSTO ,,,,,,..... . MES DE NOVIEMBRE.....
MES DE SETIEMBRE MES DE DICIEMBRE,,,,,,.....
PRODUCCION DE 2016_____2015_____2014_____
4. TIPOS DE HORNOs:.....
5. TIPO COMBUSTIBLE PARA HORNO Y CANTIDAD (M3,
TONELADAS,ETC)
CARBON..... CANT. APROX POR MES.....
PAJILLA DE ARROZ..... CANT. APROX POR MES.....
CASARA DE CAFÉ..... CANT. APROX POR MES.....
PETROLEO..... CANT. APROX POR MES.....
GLP..... CANT. APROX POR MES.....
GNC..... CANT. APROX POR MES.....
OTROS:..... CANT. APROX POR MES.....
6. FUENTE O SUMINISTRO DE AGUA.....
7. PROCEDENCIA DEL CARBÓN
.....
8. DISPOSICION DE RESIDUOS, EFLUENTES O
EMISIONES.....
9. EXISTE TRATAMIENTO A LAS EMISIONES GASEOSAS, EFLUENTES
LIQUIDOS O RESIDUCOS SOLIDOS (INDICAR CUALES)
.....

Tabla N° 31 A : Datos Simulados de Consumo de Materia Prima, Emisiones gaseosas, Material Particulado menor de 10 micras y Casos de Rinitis alérgica y Vasomotora 2002-2017

Año	Materia Prima (Ton)	Consumo de agua (m3)	Producc Total (ton)	Ventas anuales (millones de soles)	Area de tierra depredada (Ha)	CO2 equiv (Ton/año)	CO2t (Ton/año)	ConcCO (microgr/m3)	ConcNO2 (microgr/m3)	ConcSO2 (microgr/m3)	ConcMP10 (microgr/m3)	CASOS DE RA POR AÑO	RA acumulado MP
2002	170110.0	33945.3	150540.0	27.097	12.50	64594.5	24059.0	109.01	13.99	4.33	75.00	1259	591
2003	187070.0	37329.6	165548.0	29.799	25.01	71034.6	26457.7	102.79	13.67	6.08	77.28	1299	1850
2004	205721.0	41051.4	182054.0	32.770	38.76	78116.8	29095.5	97.66	13.50	7.86	79.67	1343	3149
2005	226231.0	45144.2	200204.0	36.037	53.89	85905.0	31996.3	93.56	13.46	9.71	82.19	1390	4491
2006	248786.0	49645.1	220165.0	39.630	70.52	94469.7	35186.3	90.43	13.56	11.63	84.86	1442	5882
2007	273590.0	54594.7	242115.0	43.581	88.82	103888.0	38694.4	88.24	13.79	13.65	87.70	1500	7324
2008	300867.0	60037.8	266254.0	47.926	108.93	114246.0	42552.3	86.95	14.15	15.79	90.73	1564	8824
2009	330863.0	66023.5	292800.0	52.704	131.06	125636.0	46794.7	86.53	14.65	18.06	93.98	1636	10388
2010	363851.0	72606	321992.0	57.959	155.39	191236.0	76953.1	86.99	15.30	20.49	97.46	1716	12024
2011	400127.0	79844.9	354094.0	63.737	182.14	210302.0	84625.3	91.26	16.82	23.32	101.56	1816	13740
2012	440019.0	87805.4	389397.0	70.092	211.56	231269.0	93062.5	96.41	18.50	26.36	105.98	1930	15556
2013	483889.0	96559.6	428220.0	77.080	243.91	254326.0	102341.0	102.46	20.35	29.63	110.75	2062	17486
2014	532133.0	106187	470914.0	84.765	279.49	279683.0	112544.0	109.46	22.38	33.16	115.91	2214	19548
2015	585186.0	116773	517864.0	93.216	318.62	307567.0	123765.0	117.49	24.62	36.99	121.51	2392	21762
2016	643529.0	128416	569495.0	102.509	361.65	338232.0	136104.0	126.61	27.07	41.14	127.59	2601	24154
2017	707689.0	141219	626274.0	112.729	408.97	371953.0	149674.0	136.90	29.77	45.67	134.21	2850	26755

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 31b : Datos Simulados de Consumo de Materia Prima, Emisiones gaseosas, Material Particulado menor de 10 micras y

Casos de Rinitis alérgica y Vasomotora 2018-2032

Año	Materia Prima (Ton)	Consumo de agua (m3)	Produc. Total (ton)	Ventas anuales (millones de soles)	Área de tierra depredada (Ha)	CO2 equiv. (Ton/año)	CO2t (Ton/año)	Conc CO (microgr/m3)	Conc NO2 (microgr/m3)	Conc SO2 (microgr/m3)	Conc MP10 (microgr/m3)	CASOS DE RA POR AÑO	RA acumulado MP
2018	778246.0	155298	688713.0	123.968	461.00	409037.0	164596.0	148.44	32.74	50.60	141.41	3148	29604
2019	855837.0	170782	757378.0	136.328	518.23	449818.0	181007.0	161.35	36.01	55.98	149.27	3508	32752
2020	941164.0	187808	832889.0	149.920	581.16	494665.0	199053.0	175.73	39.60	61.87	157.85	3949	36260
2021	1035000.0	206533	915928.0	164.867	650.36	543983.0	218898.0	191.72	43.55	68.32	167.22	4494	40209
2022	1138190.0	227124	1007250.0	181.304	726.46	598218.0	240723.0	209.45	47.89	75.38	177.48	5178	44703
2023	1251660.0	249769	1107670.0	199.380	810.15	657860.0	264723.0	229.09	52.66	83.12	188.70	6045	49881
2024	1376460.0	274670	1218100.0	219.258	902.19	723449.0	291116.0	250.81	57.92	91.60	201.00	7163	55926
2025	1513690.0	302055	1339550.0	241.118	1003.40	795577.0	320140.0	274.81	63.69	100.92	214.47	8626	63089
2026	1664600.0	332170	1473100.0	265.158	1114.70	874896.0	352058.0	301.31	70.04	111.14	229.23	10576	71715
2027	1830560.0	365287	1619970.0	291.594	1237.10	962123.0	387158.0	330.53	77.02	122.37	245.43	13225	82291
2028	2013070.0	401707	1781480.0	320.666	1371.70	1058050.0	425757.0	362.75	84.70	134.70	263.20	16901	95516
2029	2213770.0	441757	1959090.0	352.637	1519.72	1163530.0	468205.0	398.26	93.15	148.25	282.71	22121	112416
2030	2434490.0	485800	2154410.0	387.794	1682.49	1279540.0	514885.0	437.37	102.44	163.14	304.12	29725	134537
2031	2677210.0	534234	2369210.0	426.458	1861.50	1407110.0	566220.0	480.44	112.65	179.50	327.63	41118	164262
2032	2944120.0	587497	2605420.0	468.975	2058.35	1547400.0	622672.0	527.86	123.88	197.48	353.45	58721	205381

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 32 : Balance de Masa Carbón Antrasítico

peso carbón			1	g	CO ₂			H ₂ O		SO ₂		peso g		NO ₂	
PM	Compte	%	peso	ecuación	moles	X	44.011	g	18.016	g	64.07	g	coms O ₂	MOLES	60.016
12.011	C	0.7977	0.7977	C+O ₂ =CO ₂	0.066	0.932	0.9325	2.9230					2.125	0.066	
2.016	H	0	0	H ₂ +(1/2)O ₂ = H ₂ O	0.000	0.000		0.0670	0.0000	0.0000			0.000	0.000	
32.07	S	0.018	0.018	S+O ₂ = SO ₂	0.001	0.008			0.0000	0.0078	0.0360		0.018	0.001	
32.00	O ₂	0.03	0.03		0.001	0.013					0.00056		-0.030	-0.001	
28.016	N	0.0073	0.007	N+O ₂ = NO ₂	0.000	0.004							0.008	0.000	0.0036
18.016	H ₂ O	0.055	0.055		0.003	0.043									0
CENIZAS		0.092	0.092												
		1	1	Ton	0.072	1.00000	0.9364		0.0000		0.0078		2.133	0.067	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 33 : Balance de Masa Cascarilla de Arroz

peso Cascarilla de arroz			1	g		CO ₂		H ₂ O		SO ₂		peso		NO ₂	
PM	Compt	%	peso	ecuación	moles	X	g	g	g	g	g	coms O ₂	MOLES	60.016	
12.011	C	0.391	0.391	C+O ₂ =CO ₂	0.033	0.464	1.433					1.042	0.033		
2.016	H	0.052	0.052	H ₂ +(1/2)O ₂ = H ₂ O	0.026	0.367	0.0327	0.3673	0.465			0.413	0.013		
32.07	S	0.001	0.001	S+O ₂ = SO ₂	0.000	0.000		0.0258	0.0004	0.002		0.001	0.000		
32.00	O ₂	0.372	0.372		0.012	0.166				3.E-05		-0.372	-0.012		
28.016	N	0.006	0.006	N+O ₂ = NO ₂	0.000	0.003						0.007		0.0030	0.0129
18.016	H ₂ O		0		0.000	0.000									0.0002
CENIZAS		0.178	0.178												
		1			0.070	1.000	0.0000	0.3673		0.0004		1.090	0.034		

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 34 Resumen de Inventario de Emisiones año 2006

SO ₂	NO ₂	CO
Ton/año	Ton/año	Ton/año
567	1830	9153

Fuente: Gesta del Aire 2006

Extraído de Informe GEO Chiclayo (CONAN, PNUMA, USS, Municipalidad de Chiclayo, 2008)

Valores iniciales al 2002 se tomaron el 95% de estos valores para iniciar simulación debido a que en esos años no habían muchos cambios en las estructura de industrialización de la ciudad de Chiclayo.

Tabla N° 35 Factores de Producción Industria Ladrillera

Relación tierra producto/ materia prima	1.13
Relación producción/consumo	2.17
Relación agua/tierra	0.2
Precio por tonelada	180
taza de crecimiento de consumo anual	0.0997
Relación cascarilla/carbón	0.2
Relación de carbón/mat. Cocida	0.055
Relación de GNC/mat cocida	38.92
Relación de GNC/mat secado	31.57
factor merma cortadora	0.025
factor merma secado	0.02059
factor merma horno	0.04117
factor conversión GJ	0.400118
índice de secado	0.15

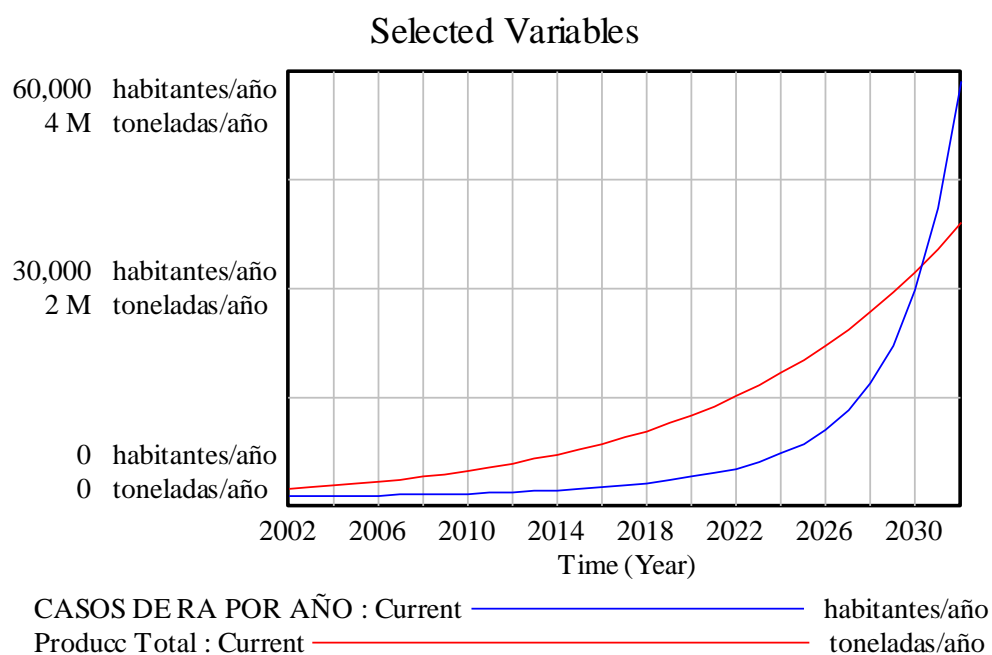
Fuente: Elaboración propia. Datos obtenidos de encuesta industria ladrillera en la región Lambayeque.

Tabla N° 36 Potencial de Calentamiento Global de Emisiones

GAS	PCG	VIDA MEDIA	tiempo dispersión promedio
Dióxido de carbono	1	50 a 200 años	-
Monóxido de carbono	1	-	10 días
Metano	21	15 años	-
Óxido Nitroso	310	120 años	10 días
Oxido de azufre	-	-	10 días
MP10	-	-	20 días

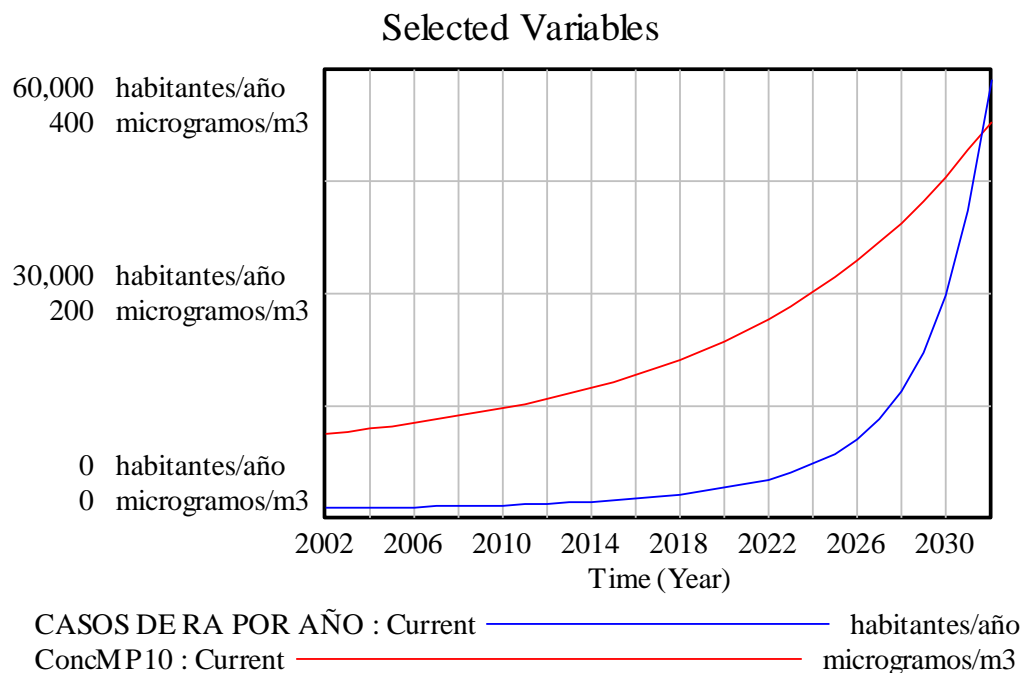
Fuente: Datos obtenidos de (Porto,G.P 2009).

Figura N°15 Producción total de ladrillo y Casos de Rinitis Alérgica y Vasomotora

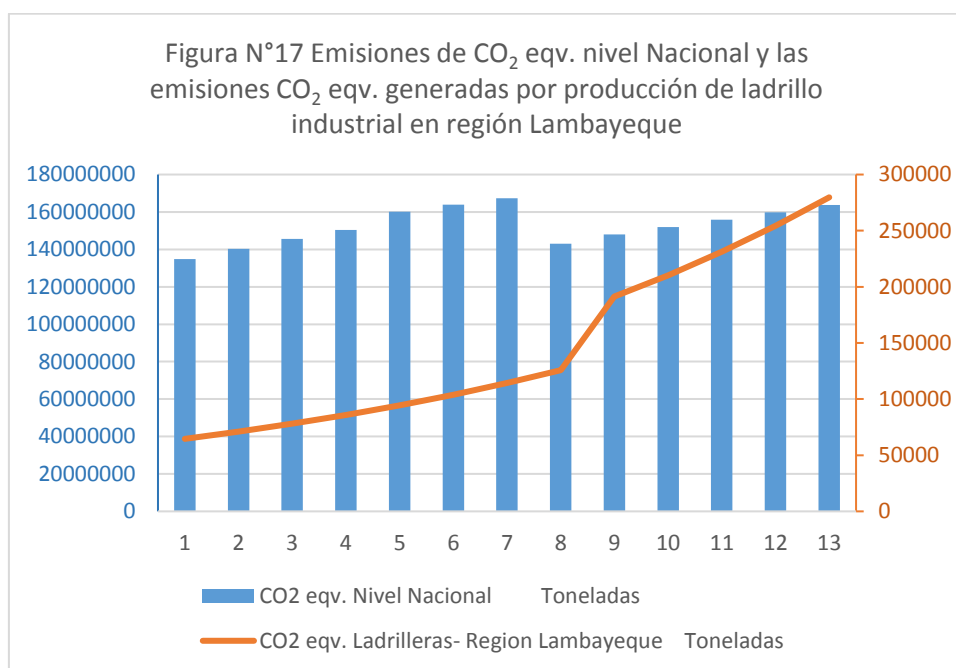


Fuente: Elaboración propia.

Figura N°16 Concentración de MP₁₀ y Casos de Rinitis Alérgica y Vasomotora



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Datos de emisiones CO₂ eqv a nivel nacional obtenidos de INEI y datos de emisiones de CO₂ eqv. generadas por producción de ladrillo industrial en región Lambayeque simulados en modelo.