# UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
## FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y FINANCIERAS
## CARRERA DE ECONOMÍA

**TESIS DE GRADO**

**TÍTULO**

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS ALTERNATIVAS EN LA PRODUCCIÓN DE LADRILLO PARA LA CONTRIBUCIÓN EN LA MITIGACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DEL FACTOR AIRE: CASO PRODUCTORES LADRILLEROS SACABA-COCHABAMBA (2006 – 2016)

**TUTOR:** Lic. Vladimir Gutiérrez Loza

**RELATOR:** Lic. Teresa Paniagua Valda

**POSTULANTE:** Cinthia Daniela Fernández Bengolea

**FECHA**

NOVIEMBRE - 2016

**LA PAZ – BOLIVIA**

# *AGRADECIMIENTOS*

*A Dios y a la Virgen de Concepción, por darme toda su bendición y fortaleza para lograr culminar esta meta.*

*A mi mamá, por ser el pilar fundamental a lo largo de mi vida, estando siempre a mi lado brindándome todo su apoyo, por nunca haber perdido la fe en mi y en que lograría culminar esta etapa de mi vida.*

*A mi papá, hermana y sobrina que siempre han confiado en mi y me dieron su apoyo moral.*

*A mi Tutor, Lic. Vladimir Gutiérrez, por aceptarme para la realización de esta tesis bajo su orientación. Su paciencia y conocimiento fueron fundamentales en el desarrollo del presente trabajo.*

*A Eduardo, por haberme apoyado en todos los momentos difíciles que conllevan la realización de este trabajo.*

*Y a toda mi familia y amigos, que de alguna manera contribuyeron en la elaboración de esta tesis.*

# ÍNDICE

**CAPÍTULO I** ..... 11
**1.1. INTRODUCCIÓN** ..... 11
**1.2. ANTECEDENTES** ..... 12
**1.3. JUSTIFICACIÓN** ..... 13
1.3.1. Justificación social ..... 13
1.3.2. Justificación académica ..... 14
1.3.3. Justificación económica ..... 14
1.3.4. Justificación ambiental ..... 14
**1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA** ..... 15
1.4.1. Identificación del problema ..... 16
1.4.2. Formulación del problema ..... 17
**1.5. OBJETIVOS** ..... 17
1.5.1. Objetivo general ..... 17
1.5.2. Objetivos específicos ..... 17
**1.6. HIPÓTESIS** ..... 17
**1.7. VARIABLES** ..... 18
1.7.1. Variable dependiente ..... 18
1.7.2. Variables independientes ..... 18
**1.8. DISEÑOS METODOLÓGICOS** ..... 18
1.8.1. Método de investigación ..... 18
1.8.2. Tipo de investigación ..... 18
1.8.3. Técnicas de investigación ..... 18
1.8.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos ..... 18
1.8.4.1. Fuentes primarias ..... 19
1.8.4.2. Fuentes secundarias ..... 19
1.8.5. Delimitación del problema ..... 20

**CAPÍTULO II** ..... 21
**MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL** ..... 21
**2.1. ESCUELA NEOCLASICA** ..... 21
**2.1.1. Externalidades de la Contaminación** ..... 22
2.1.1.1. La solución Piguviana ..... 24
2.1.1.2. Los arreglos Coasianos ..... 26
**2.2. DESARROLLO SOSTENIBLE** ..... 28
**2.3. GASES DE EFECTO INVERNADERO Y CAMBIO CLIMÁTICO** ..... 30
**2.3.1. Efecto invernadero y el cambio climático** ..... 30
**2.3.2. Efecto invernadero** ..... 31
**2.3.3. Cambio climático** ..... 32
**2.3.4. Los escenarios de emisiones** ..... 33
**2.3.5. Proyecciones en la concentración de los GEI** ..... 34
**2.3.6. Proyecciones en los cambios futuros de la temperatura** ..... 35
**2.3.7. Proyecciones en los cambios futuros en las precipitaciones** ..... 37
**2.4. PROBLEMA DE LA CONTAMINACIÓN** ..... 37
**2.4.1. Contaminación atmosférica** ..... 38
**2.4.2. Contaminantes criterio y sus efectos** ..... 39
2.4.2.1. Monóxido de carbono ..... 39
2.4.2.2. Ozono ..... 40
2.4.2.3. Dióxido de nitrógeno (NO2) ..... 41
2.4.2.4. Material particulado (PM10) ..... 41
2.4.2.5. Dióxido de azufre (SO2) ..... 41
2.4.2.6. Índice de contaminación atmosférica (ICA) ..... 42
**2.5. GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE** ..... 42
**2.5.1. Inventario de emisiones** ..... 42
**2.5.2. Fuentes de emisiones contaminantes** ..... 42
2.5.2.1. Fuentes fijas o puntuales ..... 43

2.5.2.2. Fuentes de área ..... 43
2.5.2.3. Fuentes móviles ..... 43
2.5.2.4. Fuentes naturales ..... 43
**2.6. PRODUCCIÓN DEL LADRILLO** ..... 44
**2.6.1. Ladrillo** ..... 44
**2.6.2. Tipos de ladrillo** ..... 46
**2.6.3. Usos** ..... 46
2.6.3.1. Aparejos ..... 46
**2.6.4. Proceso de elaboración** ..... 48
2.6.4.1. Maduración ..... 49
2.6.4.2. Tratamiento mecánico ..... 49
2.6.4.3. Depósito de materia prima procesada ..... 50
2.6.4.4. Humidificación ..... 50
2.6.4.5. Moldeado ..... 50
2.6.4.6. Secado ..... 50
2.6.4.7. Cocción ..... 51
**2.6.5. Arcillas** ..... 51
2.6.5.1. Propiedades Físicas de las arcillas. ..... 51
2.6.5.2. Propiedades químicas de las arcillas. ..... 51
2.6.5.3. Acción del calor sobre las arcillas ..... 52
2.6.5.4. Coloración. ..... 52
**2.6.6. Tipos de ladrillos en Bolivia** ..... 53
**2.6.7. Insumos para la producción artesanal de ladrillos** ..... 53
2.6.7.1. Combustibles ..... 53
2.6.7.2. Gas natural ..... 54
**2.6.8. Producción Artesanal de Ladrillos** ..... 54
**2.7. CONCEPTOS IMPORTANTES EN LA PRODUCCIÓN DE LADRILLO** ..... 56

**CAPÍTULO III** ..... 58
**MARCO PRÁCTICO** ..... 58
**3.1. ASPECTOS PREVIOS** ..... 58
**3.2. PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE LADRILLO QUE EMPLEAN LOS PRODUCTORES LADRILLEROS SACABA-COCHABAMBA** ..... 58
**3.2.1. Datos generales de la unidad productiva** ..... 59
3.2.1.1. Producción según cantidad de hornos por productor. ..... 59
3.2.1.2. Tiempo de funcionamiento de la unidad productiva ..... 60
3.2.1.3. Tipos de ladrillos producidos en Sacaba. ..... 61
3.2.1.4. Capacidad de hornos por unidad productiva ..... 62
**3.2.2. Características de la unidad productiva y producción de ladrillo** ..... 64
3.2.2.1. Quemas de horno de manera mensual ..... 64
3.2.2.2. Cantidad de quemas de horno anual ..... 64
3.2.2.3. Estacionalidad de la producción de ladrillos ..... 65
3.2.2.4. Porcentaje de quemas mensuales realiza en temporada de producción alta y baja66
3.2.2.5. Cantidad de piezas cerámicas producidas mensualmente en temporada baja ..... 67
3.2.2.6. Cantidad de piezas cerámicas producidas mensualmente en temporada alta ..... 67
3.2.2.7. Carga promedio de ingreso a hornos de 1 y 2 quemadores ..... 69
3.2.2.8. Producción anual de ladrillo según tipo ..... 70
**3.2.3. Combustibles y materias primas utilizadas en la producción de ladrillo** .....70
**3.2.4. Empleo de equipos de seguridad en la producción de ladrillos** ..... 72
**3.2.5. Costos indirectos de producción** ..... 72
**3.3. ANÁLISIS ECONÓMICO** ..... 73
**3.3.1. Cadena productiva del Ladrillo** ..... 73
**3.4. TECNOLOGÍAS Y PRÁCTICAS INEFICIENTES EN LA PRODUCCIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES** ..... 77
**3.4.1. Aprovisionamiento de la arcilla** ..... 77

**3.4.2. Costos de extracción de arcilla** ..... 77
**3.4.3. Materia prima e insumos** ..... 78
**3.4.4. Mano de obra** ..... 79
**3.4.5. Activos fijos** ..... 80
**3.4.6. Combustible para el cargado y descargado** ..... 80
**3.4.7. Fraguado** ..... 82
**3.4.8. Mezclado** ..... 82
**3.4.9. Moldeado** ..... 83
**3.5. INDICADORES DE DESEMPEÑO MATERIAS PRIMAS E INSUMOS** ..... 84
**3.5.1. Balance de energía** ..... 84
**3.5.2. Insumos energéticos** ..... 85
3.5.2.1. Aserrín ..... 85
3.5.2.2. Carbón ..... 85
3.5.2.3. Leña ..... 86
3.5.2.4. Hojas de eucalipto ..... 86
3.5.2.5. Distribución de energía ..... 87
**3.5.3. Indicadores de desempeño cocción** ..... 88
3.5.3.1. Consumo específico de energía ..... 88
3.5.3.2. Emisiones atmosféricas ..... 88
3.5.3.3. Recursos económicos ..... 89
3.5.3.4. Eficacia en la quema en términos de satisfacción al cliente ..... 89
**3.6. ANÁLISIS COSTOS BENEFICIO A PARTIR DE INDICADORES AMBIENTALES, ECONÓMICOS Y FINANCIEROS** ..... 90
**3.6.1. Cambio del horno tipo volcán a leña a horno tipo túnel intermitente** ..... 90
3.6.1.1. Insumos energéticos ..... 91
3.6.1.2. Balance de energía ..... 91
3.6.1.3. Costos de producción con el horno túnel ..... 92
3.6.1.4. Eficacia en la quema en términos de satisfacción al cliente ..... 93

**3.6.2. Optimización en el uso de recursos** ..... 93
3.6.2.1. Indicadores ambientales ..... 93
3.6.2.2. Balance de masa con la máquina mezcladora ..... 94
3.6.2.3. Uso y aprovechamiento de materia prima e insumos ..... 95
3.6.2.4. Indicadores económicos ..... 95
3.6.2.5. Costos de producción ..... 96
3.6.2.6. Flujo de caja opción mezclado semimecanizado ..... 96
**CAPÍTULO IV** ..... 99
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES** ..... 99
**4.1. CONCLUSIONES** ..... 99
**4.2. RECOMENDACIONES** ..... 101
**BIBLIOGRAFÍA** ..... 104

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla Nº 1 Número de productores de ladrillo y muestra de estudio ..... 59

Tabla Nº 2 Porcentaje de quemas según temporada de los productores de ladrillos ... 66

Tabla Nº 3 tipos de ladrillos..... 68

Tabla Nº 4 volumen de gas empleado en los proceso de producción según temporada ..... 71

Tabla Nº 5 Datos generales de los productores de ladrillo..... 75

Tabla Nº 6 Volúmenes y superficies de producción de ladrillo..... 76

Tabla Nº 7 Descripción de recursos utilizados para la provisión de arcilla..... 77

Tabla Nº 8 Gastos incurridos para la provisión de arcilla para la producción de ladrillo 78

Tabla Nº 9 Comparación de la extracción y compra de materia prima para el abastecimiento de 1 quema ..... 78

Tabla Nº 10 Detalle la materia prima e insumos utilizados para la preparación del ladrillo..... 78

Tabla Nº 11 Determinación de la mano de obra requerida para el proceso de producción con horno a leña..... 79

Tabla Nº 12 Activos Fijos de una planta ladrillera artesanal con un horno a leña..... 80

Tabla Nº 13 Descripción de las distancias recorridas y tiempo empleado para el cargado y descargado..... 82

Tabla Nº 14Costos de combustible incurridos para el cargado y descargado ..... 82

Tabla Nº 15Cantidad de material prima e insumos planificados para la producción de 100.000 ladrillos..... 82

Tabla Nº 16 Cantidad de materia prima utilizada en el proceso de mezclado ..... 83

Tabla Nº 17 Costos Incurridos en el proceso de mezclado..... 83

Tabla Nº 18 Cantidad de insumos utilizados en el proceso de moldeado..... 84

Tabla Nº 19 Costos Incurridos en el proceso de moldeado en el tiempo de un mes .... 84

Tabla Nº 20 Combustibles utilizados en un horno a leña ..... 87

Tabla Nº 21 Distribución de Energía de un Horno a Leña ..... 87

Tabla Nº 22 Distribución de emisiones según el aporte de los insumos energéticos del horno a leña ..... 88

Tabla Nº 23 Distribución de Costos – Horno a Leña ..... 89

Tabla Nº 24 Descripción de la eficacia en la operación de quema a leña ..... 90

Tabla Nº 25 Distribución de energía horno túnel ..... 91

Tabla Nº 26 Parámetros de desempeño obtenidos con un horno túnel ..... 92

Tabla Nº 27 Comparación de los costos de producción de un horno túnel con un horno volcán a leña ..... 92

Tabla Nº 28 Descripción de la eficacia en la operación de quema con el horno túnel .. 93

Tabla Nº 29 Comparación de consumo de materia prima e insumo entre un mezclado manual y un mezclado semimecanizado ..... 95

Tabla Nº 30 Activos fijos necesarios para la mejora del proceso de mezclado ..... 95

Tabla Nº 31 Comparación de los costos de producción entre un mezclado manual y un mezclado semimecanizado ..... 96

Tabla Nº 32 Flujo de caja ..... 97

Tabla Nº 33 Indicadores Financieros con la inversión de una máquina mezcladora..... 98

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura Nº 1 Modelo de desarrollo ..... 23
Figura Nº 2 Efecto invernadero y calentamiento global ..... 30
Figura Nº 3 Efecto invernadero ..... 31
Figura Nº 4 Diagrama de análisis en el cambio de temperatura en relación con el promedio mundial para los escenarios A2 y B2 en los meses de diciembre, enero, febrero y junio, julio y agosto. ..... 36
Figura Nº 5 Ladrillo pieza de cerámica ..... 45
Figura Nº 6 Tipos de aparejo con el ladrillo ..... 47
Figura Nº 7 Aparejo ingles ..... 47
Figura Nº 8 Aparejo en panderete ..... 47
Figura Nº 9 Proceso de producción de ladrillos ..... 55
Figura Nº 10 Layout de la planta ladrillera modelo para el análisis del cargado y descargado ..... 81

# ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica Nº 1Número de hornos según socio productor ladrillero..... 60

Gráfica Nº 2 Tiempo de funcionamiento de los hornos ladrilleros..... 61

Gráfica Nº 3Tipo de ladrillo producidos por los ladrilleros..... 61

Gráfica Nº 4Capacidad total de producción 1 horno..... 62

Gráfica Nº 5Capacidad total de producción 2 hornos..... 63

Gráfica Nº 6Quemas de hornos de manera mensual..... 64

Gráfica Nº 7Número de quemas de horno anual..... 65

Gráfica Nº 8Épocas de producción de ladrillo..... 66

Gráfica Nº 9 Producción semanal de cerámicas..... 67

Gráfica Nº 10 Quemas de hornos de manera mensual..... 68

Gráfica Nº 11Carga promedio de ingreso a hornos..... 69

Gráfica Nº 12Cantidad de ladrillos producidos en un año..... 70

Gráfica Nº 13 Aporte de combustible a las emisiones de contaminaciones..... 71

Gráfica Nº 14 Empleo de equipos de seguridad..... 72

# CAPÍTULO I

## 1.1. INTRODUCCIÓN

Durante muchos años, empresas industriales, comerciales y de servicio han buscado soluciones que permitan reducir los impactos ambientales negativos generados en sus procesos, como en nuestro caso: “las emisiones contaminantes generadas en el proceso de cocción durante la quema de ladrillos”.

En la mayoría de los casos los esfuerzos de éstas empresas para contrarrestar los impactos ambientales en sus procesos se han enfocado en la “remediación” de los daños, es decir, en el tratamiento de la contaminación una vez generada, como en el caso del sector ladrillero mediante la “instalación de ozonizadores de aire en el proceso de cocción”.

Esto naturalmente ha significado para las organizaciones destinar importantes recursos financieros porque muchas veces estas opciones llegan a convertirse en gastos perdurables para la empresa, razón por la cual el “buen desempeño ambiental” es considerado generalmente como sinónimo de “costos” adicionales que incide negativamente en la competitividad.

La fabricación de ladrillos de forma artesanal, se ha convertido en un problema ecológico en muchas ciudades de nuestro país, debido al tipo de combustibles que se utilizan para la cocción de esos productos: leña, llantas, madera, plásticos o textiles, entre otros, al ser quemados, emiten una gran cantidad de gases a la atmósfera, como monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre y partículas sólidas, es por esto que se requieren otros combustibles que puedan cubrir los requerimientos de energía necesarios para la cocción de los productos y que sustituyan a los que hasta ahora se han empleado para la elaboración de ladrillos.

La gran mayoría de ladrilleras de micro y pequeño tamaño presentan un alto grado de informalidad y utilizan técnicas artesanales para la fabricación de sus productos. La planta de fabricación está representada básicamente por el horno y un espacio de terreno como patio de labranza. Las ladrilleras artesanales emplean hornos fijos de fuego directo,

techo abierto y tiro ascendente para la cocción también denominada quemado o simplemente quema de ladrillos.

El uso de estos últimos materiales como combustible genera emisiones de gases altamente tóxicos y cancerígenos.

La contaminación atmosférica en Cochabamba es monitoreada a través de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire (Red MoniCA). La Red MoniCA monitorea diferentes contaminantes, con tres metodologías: monitoreo pasivo, activo y automático. Los datos indican que existe una sólida tendencia a un deterioro de la calidad del aire, debido al aumento, en particular, del material particulado (PM10), dióxido de carbono (CO2), óxidos de nitrógeno y ozono (O3).

## 1.2. ANTECEDENTES

Bolivia posee una gran cantidad de recursos naturales, renovables y no renovables. Es el séptimo país a nivel mundial con recursos forestales tropicales húmedos; el octavo en cuanto a bosques; el séptimo en biodiversidad; el segundo de Sudamérica en reservas gasíferas; y posee reservas importantes de varios minerales, como: zinc, estaño, plata, litio y otros MDSP (Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación 2002).

Sin embargo, estos recursos se encuentran amenazados por la presión demográfica, puesto que el año 2015 la tasa de crecimiento poblacional en Bolivia fue de 4.1%. Paralelamente al aumento de la población, aumentaron las industrias, generando un crecimiento anual del PIB del 5.5%. Este proceso de industrialización contribuye a: la deforestación, quema, extracción selectiva de especies, caza ilegal; aumento de la producción de: desechos sólidos, desechos líquidos y emisiones de gases contaminantes a la atmósfera.

El sector industrial de nuestro país se encuentra repartido principalmente en cuatro ciudades, que llegan a constituir el eje de la producción boliviana. Estas ciudades son: Santa Cruz, Cochabamba, La Paz y El Alto.

La industria en Cochabamba se puede dividir en dos grupos. El primer grupo consiste en la industria altamente competitiva que cuenta con tecnología de punta, por ejemplo, COBOCE, CERAMIL, DURALIT, etc. El segundo grupo incluye a las pequeñas industrias que son generalmente artesanales. Estas empresas como las “ladrilleras” y “yeseras” no cuentan con los medios suficientes, ni con tecnologías apropiadas para una producción eficiente.

La zona de producción de ladrillos se encuentra en el Distrito Nº 5 de la ciudad de Cochabamba. Para ser más precisos, se ubica atrás del aeropuerto Jorge Wilsterman. A esta zona se la denomina Champa Rancho.

Los Similares proyectos que hayan sido aplicados en Bolivia son los siguientes

- ✓ Estudio medio ambiental Estudios de mercado del sector ladrillero artesanal, (2011-2012) Cooperación técnica Suiza
- ✓ Características de las empresas ladrilleras. Boletín informativo,2011 Interoperación.
- ✓ Empresas ladrilleras Base de datos, (2011-2014) Proyecto Eficiencia Energética en ladrilleras artesanales

## 1.3. JUSTIFICACIÓN

El propósito fundamental de la misma consiste en describir, explicar y predecir el fenómeno o hecho al cual se refiere el tema de investigación, es decir como una parte del sector productor de ladrillo en Cochabamba Bolivia aplica su tecnología y como esta genera impacto ambiental por medio de una ineficiente producción.

### 1.3.1. Justificación social

Sin duda, por muchos años la actividad productora de ladrillos ha sido percibida en forma negativa por la opinión pública. Primero porque se tiene claro que esta contamina y perjudica el medio ambiente, lo cual la hace incompatible con algunos sectores económicos como, por ejemplo, la agricultura. Segundo porque se asume que no genera

valor agregado en la economía, pues se trata de una industria secundaria muy artesanal. Tercero porque se la percibe como actividad que no promueve el desarrollo sostenible ni de los productores tampoco de otros vinculado a ellos. Por lo cual se considera que estudiar el impacto de las tecnologías empleadas podría ayudar a ver mejores formas de ser eficientes y reducir la contaminación que se genera por la producción de ladrillos de forma rustica.

### 1.3.2. Justificación académica

La investigación que se realizará considera que el estudio económico de la implementación de tecnologías alternativas en la producción de ladrillo para la contribución en la mitigación del impacto ambiental del factor aire: caso productores ladrilleros sacaba-Cochabamba trabajara diferentes asignaturas vinculadas a la carrera de economía ambiental por tanto ello implica una filosofía de compromiso con el desarrollo sostenible que debe ser estudiado principalmente desde el punto de vista académico.

### 1.3.3. Justificación económica

El estudio o análisis económico de la implementación de tecnologías alternativas en la producción de ladrillo para la contribución en la mitigación del impacto ambiental del factor aire: caso productores ladrilleros Sacaba - Cochabamba proveerá de elementos de decisión que permitan la asignación de recursos económicos en las inversiones de los productores de ladrillo, ya que se tomarán en cuenta características económicas.

### 1.3.4. Justificación ambiental

La presente investigación pretende contribuir a la reducción de impactos negativos en el medio ambiente y daños a la salud pública; ambos como consecuencia de la de la producción de ladrillo que es efectuada con alternativas tecnológicas que no mitigan el impacto ambiental.

## 1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Bolivia, uno de los sectores más contaminantes por emitir Gases de Efecto Invernadero (G.E.I) es el sector ladrillero, pese a no ser un sector industrial, su tipo de producción artesanal es ineficiente en el uso de materias primas (arcilla, agua y aditivos) y sobre todo combustibles (leña, plástico, llantas o gas)

Las ladrilleras artesanales utilizan combustibles con alto impacto ambiental en hornos de baja eficiencia energética, afectando la calidad del aire de las ciudades cercanas. Emite Gases de Efecto Invernadero (GEI) que impacta al cambio climático y a la salud de las personas; además de contribuir significativamente a la deforestación y la disponibilidad de agua, incrementando las causas del cambio climático.

En la ciudad de Cochabamba existe un grupo importante de ladrilleras artesanales instaladas en la zona sud de la ciudad. Estas industrias se generan, debido a que el ladrillo es uno de los materiales principales en la construcción y es por esto que muchas personas se dedican a su elaboración. Las personas que se dedican a la producción de ladrillos, en su mayoría son inmigrantes de las zonas mineras (Oruro y Potosí). De las 1000 familias que habitan en esta zona el 70 % son emigrantes.

La producción artesanal de ladrillos es muy importante, debido a su alta demanda como material de construcción. Por ejemplo, en la ciudad de Cochabamba, la producción mensual de ladrillos se estima cerca de los 3 millones de unidades, que se elaboran aproximadamente en 155 hornos. Esta producción consiste en varios pasos que son los siguientes:

Primero los materiales que se utilizan son: agua (estancada), arcilla, aserrín y residuos de curtiembres. Estos materiales se los mezcla hasta obtener una masa uniforme y manejable tipo barro. La masa se coloca en carretillas de metal y se la transporta hacia un lugar abierto. Pequeñas porciones de masa se colocan en moldes de madera de aproximadamente 10 x 25 cm. Una vez retirados los moldes, se obtienen los ladrillos crudos.

Estos adobes son colocados en el suelo con un orden determinado, tomando en cuenta que deben permanecer en un lugar abierto. El secado al sol de los mismos dura aproximadamente 48 horas.

Una vez que los adobes ya están secos, se los lleva a los hornos de cocción, donde son sometidos, durante tres días seguidos, a una temperatura que varía entre 800 y 1,300ºC. Estos hornos funcionan con gas natural y una vez que los ladrillos están cocidos se apagan, para que después de unos días sean retirados. En cada horno aproximadamente entran 70 mil ladrillos, pero esto tardaría alrededor de una semana.

En este contexto es importante indicar que el cambio climático es una problemática mundial pocas veces percibido de manera individual, pero cuando hablamos de la producción de ladrillos y observamos su repercusión a en la salud propiamente dicho en la salud de los habitantes del municipio de Sacaba la problemática cobra mayor importancia.

El volumen y los materiales que son utilizados en la producción de ladrillos indiscutiblemente generan gases contaminantes, en ese sentido la producción artesanal debe ser estudiada bajo dos perspectivas, la primera en relación a la mejora de las tecnologías alternativas y la segunda en relación a los costos empleados en los procesos productivos. De esa manera se entiendo que el tema ambiental y económico tiene estrecha relación.

### 1.4.1. Identificación del problema

La producción artesanal de ladrillo genera altos niveles de contaminación y sumado a esto, la falta de información respecto a nuevas tecnologías de tratamiento del ladrillo y la Emisión de Gases Invernadero exponen claramente que en la actualidad y en nuestro medio, la producción del ladrillo se ha convertido en una práctica inadecuada, que a la larga repercute no sólo en contar con un producto de baja calidad, sino también en el ecosistema y por ende, en la salud de las personas.

### 1.4.2. Formulación del problema

¿Cuáles son las tecnologías alternativas en la producción de ladrillo para la contribución en la mitigación del impacto ambiental en el aire para el caso productores ladrilleros Sacaba-Cochabamba?

## 1.5. OBJETIVOS

### 1.5.1. Objetivo general

Determinar tecnologías alternativas en la producción de ladrillo para la contribución en la mitigación del impacto ambiental del factor aire para el caso productores ladrilleros Sacaba-Cochabamba.

### 1.5.2. Objetivos específicos

1. Identificar Indicadores de desempeño materias primas e insumos en la producción de ladrillos artesanales.

2. Analizar los procesos de producción de ladrillo, tecnologías y prácticas ineficientes en la producción de ladrillo

3. Describir los procesos de producción de ladrillo que emplean los productores ladrilleros sacaba-Cochabamba.

4. Realizar un análisis costos beneficio a partir de indicadores ambientales, económicos y financiera.

## 1.6. HIPÓTESIS

El análisis económico de tecnologías alternativas determinara cuales son las más adecuadas para su implementación y contribución en la mitigación del impacto ambiental en el aire.

## 1.7. VARIABLES

### 1.7.1. Variable dependiente

Implementación y contribución en la mitigación del impacto ambiental en el aire.

### 1.7.2. Variables independientes

Análisis económico de tecnologías alternativas

## 1.8. DISEÑOS METODOLÓGICOS

### 1.8.1. Método de investigación

Bajo un enfoque de eficiencia energética y sostenibilidad ambiental la investigación se centra en la búsqueda de mecanismos para reducir el impacto ambiental causado por la producción artesanal de ladrillos. Por lo anteriormente expuesto se empleará el método deductivo.

### 1.8.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación es exploratoria ya que permite aproximarnos a un fenómeno del cual no se conoce mucho con el fin de aumentar la familiaridad hacia éste y tener una visión aproximada, esto debido a la carencia de información respecto al objeto de estudio.

### 1.8.3. Técnicas de investigación

De acuerdo al método de investigación citado, se realizará el desarrollo en dos tipos de fuentes.

### 1.8.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las fuentes de recolección de información para la presente investigación son:

### 1.8.4.1. Fuentes primarias

Con el fin de asegurar que la información recolectada sea válida se utilizaran **tres técnicas de recolección de información** las mismas que se describen a continuación:

#### a) Encuestas

Asimismo, se hizo uso de encuestas que estuvieron dirigidas a diferentes productores de ladrillo en la ciudad de Sacaba Cochabamba, así como personal técnico y colaboradores de la asociación de productores de ladrillo de Cerro Blanco Sacaba Cochabamba. Dicha encuesta se aplicó con el propósito fundamental de llegar a describir el proceso productivo al detalle de los procesos de producción-económicos y ambientales de ladrillo.

La encuesta es una técnica de recolección de información que se refiere a la aplicación de un cuestionario de preguntas dirigidas a determinada población, que permite recoger aspectos, condiciones, situación, opiniones, y otros factores referentes a un tema de estudio. (Rodríguez, otros. 1984)

#### b) Observación

Consiste en el registro del comportamiento y/o conducta que manifiestan los encuestados o entrevistados. Puede utilizarse como instrumento de medición en muy diversas circunstancias. En el caso propio de la presente investigación se procedió a visitar constantemente a los hornos de producción de ladrillo de Cerro Blanco Sacaba Cochabamba, para su constante caracterización.

Así como las comunidades que hacen al área de influencia de la investigación finalidad de constatar los procesos productivos.

### 1.8.4.2. Fuentes secundarias

Se refiere a la documentación bibliográfica que brindo información para desarrollar la investigación, estos documentos fueron obtenidos de: biblioteca especializada economía monoblock central, biblioteca facultad de ingeniería, hemeroteca de la UMSA y SWISSCONTACT con la finalidad de consultar los Estudios de mercado del sector ladrillero artesanal, (2011-2012) boletín informativo, 2011 y base de datos, (2011-2014).

### 1.8.5. Delimitación del problema

#### a) Espacial

Se eligió la ciudad de Cochabamba - Sacaba porque es el lugar donde existe mayor producción de ladrillo artesanal.

#### b) Temporal

Año 2006 – 2016 Se toma como base el año 2006 porque a partir de la gestión indicada recién inician los estudios relacionados con la investigación.

# CAPÍTULO II

# MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

## 2.1. ESCUELA NEOCLASICA

El enfoque neoclásico confía en las fuerzas del mercado y en el principio del laissez-faire como mecanismo adecuado para conseguir el bienestar colectivo a través del ejercicio del egoísmo individual. El valor económico de los bienes que no tienen precio de mercado, entre ellos las externalidades ambientales, se determina en función de la utilidad que las personas les atribuyen.

Arthur Pigou publica en 1920 su obra Economía del bienestar, donde codifica la noción de “efectos externos” como la “situación en la que, por funcionar mal el mercado, los costes sociales son mayores que los costes del productor, o los beneficios sociales son menores que los beneficios del productor.

Uno de los principales inconvenientes que se ha visto, es que no toman en consideración las interdependencias entre el sistema natural y económico y la necesidad de un desarrollo equilibrado del ecosistema, debido, fundamentalmente, al hecho de que en esa época no existe una percepción clara de las verdaderas dimensiones del problema ambiental.

La fase de protección ambiental se basa en el modelo neoclásico, por lo que este paradigma mantiene la concepción antropocéntrica en el establecimiento de valores éticos, considerando que el sistema natural es externo al económico. Sus defensores, siguiendo el principio del laissez-faire, apuestan por la definición de derechos de propiedad como solución al problema de las externalidades y la aplicación de medidas “final de tubo”, consistentes en el establecimiento de límites admisibles de contaminación y obligaciones de resarcimiento por los daños causados.

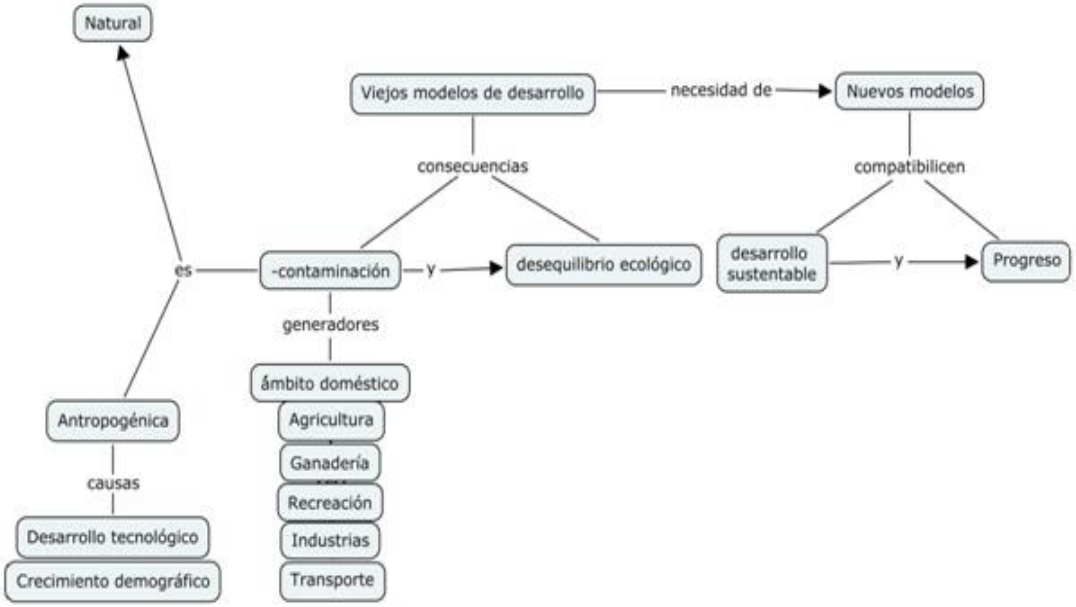
Una crítica menos extrema a los problemas que supone el desarrollo económico es la que considera, no ya el agotamiento de los recursos no renovables, sino la degradación a que se somete el medio natural, mermando su aptitud para proporcionar bienes

ambientales. En este sentido, el desarrollo económico supone niveles crecientes de producción y consumo, lo que conlleva un aumento en la utilización de recursos naturales, generando un flujo creciente de residuos. Si se supera la capacidad regeneradora del medio natural para asimilar esos residuos, se están disminuyendo sus posibilidades para proporcionar recursos. La preocupación por los límites del crecimiento y las iniciativas internacionales para frenar las consecuencias del modelo económico e incitar el cambio hacia el desarrollo sostenible, marcan el comienzo de la etapa de administración de los recursos. Sus propuestas para solucionar el problema ambiental consisten en la implantación de nuevas tecnologías para mejorar la eficiencia energética, la conservación de los recursos y la aplicación del principio de "quien contamina, paga" para internalizar las externalidades ambientales. Cámara De La Fuente, M. (1993)

### 2.1.1. Externalidades de la Contaminación

Es de todos conocidos que el modelo de desarrollo económico actual no ha resultado en una convivencia armónica con el medio ambiente, lo que genera directamente cargos en contra del bienestar humano, su existencia presente y futura. Por ello, es la sostenibilidad ambiental y no la sostenibilidad económica la que debe promoverse en el futuro. La figura 4 muestra como los viejos modelos de desarrollo inciden en la generación de contaminación antropogénica en el ámbito doméstico, agricultura, ganadería, industria transporte y recreación, todo ello inherente al desarrollo tecnológico y crecimiento poblacional; por lo que es necesario de crear nuevos modelos de gestión de desarrollo que sean innovadores y que involucren la sustentabilidad sin descuidar el progreso.

**Figura Nº 1 Modelo de desarrollo**




La dinámica del sistema capitalista ha generado distorsiones en el mercado, desigualdad social y lesiones al medio ambiente. Si se le permite funcionar a su propia inercia no se conseguirá una solución económica eficiente debido a la presencia de externalidades. De acuerdo a la doctrina económica, se genera una externalidad cuando la actividad de un agente económico causa un efecto real involuntario en el bienestar de otro agente, esta variación puede ser una mejora o un empobrecimiento. (San Juan, 2009). Las externalidades, por tanto, pueden ser positivas o negativas. El ejemplo característico de una externalidad positiva es el de la empresa creadora de empleos que activa la economía de un pequeño pueblo y se convierte en polo de desarrollo.

El ejemplo claro de la externalidad negativa es el menoscabo en la salud de los habitantes de la ciudad de Cochabamba, por la contaminación del humo de las chimeneas de los hornos de producción de ladrillo en Sacaba-Cochabamba.

En ambos casos, el problema es que los efectos de las externalidades no se ven reflejados en el sistema de precios. Siguiendo el caso el costo que eroga la comunidad en atender a los enfermos por el humo de las ladrilleras, no es asumido por el contaminador y esto significa que existe un costo individual del producto y un costo oculto

que es transferido a la sociedad quien deberá solventarlo a través de sus sistemas de salud pública.

Todas las externalidades pueden ser toleradas hasta cierto nivel, dicha tolerancia dependerá de la capacidad de mitigación o de neutralización de los efectos nocivos generados en el medio por el agente económico que en el caso concreto son las ladrilleras. Desgraciadamente estos efectos pasan inadvertidos hasta que alcanzan niveles que son difíciles de revertir.

El sistema de precios no mide exactamente las consecuencias ambientales de la actividad económica, y por lo tanto, crean incentivos económicos negativos, que provocan un grave daño al medio ambiente (FMI, 2000). Las externalidades negativas son consideradas fallas del mercado, ya que la sociedad estaría implícitamente subsidiando dicho producto en el monto del costo correspondiente al daño social, o externalidad, en que incurre como resultado de su producción (Acuatella, Et. al, 2005). Esta dinámica del sistema capitalista ha generado distorsiones en el mercado, desigualdad social y lesiones al medio ambiente. Si se le permite funcionar a su propia inercia no se conseguirá una solución económica eficiente debido a la presencia de externalidades.

#### 2.1.1.1. La solución Piguviana

Según lo expuesto, encontramos que el sistema de precios no recoge la realidad de los costos de los productos, generando señales equívocas que alientan conductas agresivas hacia el medio ambiente, y que tarde o temprano se traducen en un menoscabo a la calidad de vida de la población. Como consecuencia de ese razonamiento, Pigou (1920) propuso, corregir las distorsiones generadas en los sistemas de precios por la presencia de externalidades negativas con el cobro de un impuesto cuyo monto compensaría los daños causados.

A este mecanismo se le denomina Impuesto Piguviano y es el origen de los denominados impuestos ambientales, cuya finalidad es lograr la internalización de las externalidades generadas a través del uso del mismo sistema de precios. Los impuestos ambientales de inspiración Piguviana, pretenden servir de contrapeso para incrementar el costo

marginal privado de las empresas contaminantes de tal forma que los agentes económicos se responsabilicen por el costo externo que trasladan a la sociedad (eficiencia estática) (Gago et al., 2004).

El diseño de este instrumento parte de la idea de que a la empresa solo le resulta conveniente contaminar hasta el nivel en que le sea más barato pagar el impuesto que modificar sus procesos adoptando tecnologías más limpias, lo que incentiva un comportamiento ambiental más amigable con el ambiente (eficiencia dinámica) (Gago, Et al., 2004). Evidentemente, este punto de equilibrio debe calcularse en un nivel de contaminación óptimo, es decir, por debajo de los niveles naturales de saturación y las capacidades de remisión de cada medio contaminado y naturalmente, también por debajo de los niveles en que las sobrecargas de contaminantes puedan generar daños a la salud de la población.

Como todo impuesto, la recaudación se obtiene de multiplicar un tipo impositivo, idealmente relacionado con el daño ambiental ocasionado por la unidad de descarga gravada, por una base imponible, (Gago, et al. 2004). La tasa del impuesto debe estar relacionada directamente con el costo marginal del daño causado. (Seroa da Motta, 2001). Los sujetos pasivos del impuesto son los agentes contaminadores, es decir, los contribuyentes propietarios de las fuentes que emiten sustancias que degradan el medio que se pretende mejorar.

Los impuestos Piguviano dieron paso a la creación del Principio “El que contamina paga” acogido por la comunidad internacional como principio rector de las políticas públicas que utilizan instrumentos económicos para favorecer el desarrollo ambientalmente adecuado (ONU, 1992). Los estudios de Pigou (1920), tenían como finalidad poner de manifiesto las divergencias entre los objetivos del bienestar privado contra los del bienestar común. Para él, la forma de conciliar estos intereses es a través de la intervención del Estado quien deberá asumir la tutela de la seguridad social y de las oportunidades de la educación, la vivienda y la sanidad.

#### 2.1.1.2. Los arreglos Coasianos

La propuesta de Pigou sobre la adopción de impuestos ambientales para contrarrestar los efectos de la contaminación, comenzó a difundirse ampliamente entre los estudiosos de los fenómenos económicos, obteniendo pronto un análisis profundo sobre sus debilidades y pertinencia. La solución Piguviana halló eco en Ronald Coase (Premio Nobel de economía en 1991, fundador del Análisis Económico del Derecho, método de análisis que incorpora variables económicas al pensamiento jurídico), quien en 1960 publicó un famoso artículo denominado "El problema del Costo Social", en donde expone su famoso teorema, partiendo de una crítica al trabajo de Pigou. Para Coase (1960), resulta innecesaria la intervención del Estado para igualar los costos argumentando que la respuesta más viable no siempre es un impuesto, sino que deben evaluarse los costos que cada posible solución causaría.

Entre los escenarios posibles, considerados por Coase, al detectar una actividad contaminante, puede solicitarse al agente económico en cuestión el pago de un impuesto que sea equivalente al daño causado, reubicar su actividad, o bien tolerarla. De acuerdo al Teorema de Coase, debe evaluarse hasta qué punto la sociedad está dispuesta a tolerar la actividad que genera la contaminación en función de los beneficios que dicha actividad produce.

Como se mencionó, las externalidades causadas por un agente económico no necesariamente son negativas, por tanto, "una comparación entre la utilidad y el daño producido es un elemento para decidir si un efecto nocivo debe ser considerado como una molestia", (Coase, 1960). Así la cuestión se reduce a evitar el daño mayor, sin embargo, este razonamiento se centra exclusivamente sobre valores económicos evidentes, soslayando los principios universales de igualdad y libertad de trabajo con que funciona la sociedad. El propio razonamiento del autor lo lleva a descubrir que:

"Para llevar a cabo las transacciones del mercado, en que los costos ambientales sean nulos (o sea repuestos o redimidos) es necesario, entre otras cosas, descubrir con quién deseamos transar, informar a la gente que deseamos intercambiar y en qué términos, conducir negociaciones que lleven a un convenio, redactar el contrato, llevar a cabo la

inspección necesaria para asegurarnos de que los términos en el contrato se observan" (Coase, 1960).

Sin embargo, estos requisitos son demasiado costosos o simplemente irrealizables debido a los mismos fallos de los sistemas económicos. Desafortunadamente, para Coase, "la ausencia de mercados universales producida por las externalidades invalida la previsión de eficiencia y, por consiguiente, impide una de las condiciones necesarias para la maximización del bienestar social" (Elena, Rodríguez & Sánchez, 2002).

La escuela Coasiana promueve, en la medida de lo posible, el arreglo entre el agente generador y el receptor de externalidades de tal forma que pueda llegarse a la solución que implique un menor costo de mitigación. Estos "Arreglos Coasianos" según la teoría, deben ser aplicados aún y cuando el contaminador sea una empresa de carácter estatal, ya que debe prevalecer el interés general sobre el particular. Es decir, la costosa intervención estatal sólo debe considerarse justificada cuando las alternativas de composición entre sociedad y empresas no funcionan.

Es de señalarse además que Coase reconoce la aplicación de los impuestos Piguviano como una solución posible, aunque no la única ni la más deseable. La crítica a los impuestos ambientales realizada por el autor, se basa en la dificultad de medir con certeza el daño producido por el agente contaminador, ya que en ocasiones la cuantía del daño se encuentra fuera del control del empresario. Por ejemplo, el daño causado por una empresa a los habitantes cercanos a la fuente emisora puede maximizarse al aumentar la población del vecindario, y por lo tanto los costos de reparación, ¿Debe entonces aumentar el costo del impuesto a pagar?, Si la capacidad de inmisión del medio contaminado varía por temporadas, ¿Cómo determinar de forma justa el daño causado?

La crítica que finalmente establece Coase es que "el principio de que 'el que contamina paga' termina siendo la de que "el que paga contamina", y seguramente la cuantía de este pago será mucho menor que el verdadero desgaste ambiental" (Abraham, 2004). Puede decirse que Coase demostró la existencia de soluciones alternas a la intervención del Estado en el arreglo de los problemas que generan los fallos de mercado, no solamente los de carácter ambiental, evidenciando además las inconsistencias de la

teoría Piguviana, sin embargo, la aplicación de los arreglos Coasianos difícilmente tiene una aplicación práctica. Las limitaciones de la teoría del Costo Social surgen porque: a) Los costos de transacción de los arreglos privados, acuerdos y seguimiento de su cumplimiento, etc. resultan elevados para las partes, b) no se cuenta con información confiable suficiente, c) Existen otras externalidades difíciles de cuantificar y d) los arreglos pueden ser eficientes para las partes, pero no para el marco jurídico de las economías.

## 2.2. DESARROLLO SOSTENIBLE

La investigación se elaborará bajo el enfoque de Desarrollo Sostenible ya que hoy en día el concepto de ambiente está ligado al de -Desarrollo Sostenible-; esta relación nos permite entender los problemas ambientales y su vínculo con el desarrollo sustentable, el cual debe garantizar una adecuada calidad de vida para las generaciones presente y futura. “Esta concepción”, consagrada en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre “Medio Ambiente y Desarrollo” en Río de Janeiro, Brasil (1992).

En la declaración de Río, se acordó medidas y objetivos para integrar las actividades ambientales y de desarrollo incluidas en el Programa 21 , este programa se ha concebido como una respuesta a los principales problemas del medio ambiente y del desarrollo, incluidos los aspectos económicos y sociales del desarrollo sostenible; como la pobreza, el consumo, la dinámica de la población, la salud humana, los asentamientos humanos y como respuesta a todas las inquietudes relacionadas con el medio ambiente y los recursos naturales. El desarrollo sostenible entraña la viabilidad a largo plazo de la producción y el consumo en relación con todas las actividades económicas, entre ellas la industria, la energía, la agricultura, el transporte, el turismo y la infraestructura, con objeto de utilizar los recursos de la forma más racional desde un punto de vista ecológico y de reducir al mínimo los desperdicios. (Cumbre De Las Américas 1996)

Al respecto a principios del siglo XX los impactos ambientales de origen humano (o antropogénicos) se han agudizado de forma alarmante. Existe una íntima relación entre medio ambiente y desarrollo, conceptualizada en el término "desarrollo sostenible", que en forma paulatina está siendo incorporada en la nueva legislación internacional. Esta

concepción, es hoy objeto de dispares procesos: ha adquirido un significado con un marcado sesgo ambiental. Muchos gobiernos, las Naciones Unidas, así como organizaciones internacionales intergubernamentales y de la sociedad civil lo han adoptado como concepción guía para sus procesos de planificación y programas. (Cumbre De Las Américas 1996)

Existen y están en incremento problemas ambientales de carácter internacional, que por su naturaleza requieren una acción colectiva. Estos problemas se originan en la interdependencia generada entre los países por el uso de los recursos naturales de interés común, el uso de los recursos naturales fronterizos, las externalidades transfronterizas, las complejas vinculaciones intersectoriales (entre el medio ambiente y el comercio internacional, el incremento del consumo de combustibles fósiles, etc.) Como respuesta, han surgido múltiples organizaciones internacionales que contribuyen a su solución mediante el ejercicio de cuatro funciones básicas, con diferentes énfasis y diversas interrelaciones entre ellas: (1) Servir de foro para la formulación de políticas ambientales; (2) Suministrar información; (3) Reforzar la capacidad de gestión de los países, y (4) contribuir al desarrollo y mantenimiento de una legislación ambiental internacional. En las últimas décadas las organizaciones intergubernamentales internacionales se han constituido en los mayores generadores del derecho ambiental global y regional. (Cumbre De Las Américas 1996)

Cada vez se acepta más que si bien el derecho público ambiental internacional gobierna en forma primaria las relaciones entre los Estados, ellos no son su único sujeto, y que las normas del derecho internacional imponen también obligaciones de diverso grado a los otros miembros de la comunidad internacional, como es el caso de las organizaciones internacionales, las organizaciones no gubernamentales, los individuos y las empresas privadas. (Cumbre De Las Américas 1996)

Se ha conformado un gran cuerpo de Derecho Internacional del Medio Ambiente que encuentra sus fuentes en los tratados y otros instrumentos de carácter jurídicamente vinculante, el derecho consuetudinario, diversas decisiones de las organizaciones internacionales, así como en declaraciones, guías y recomendaciones, que se relacionan directa o indirectamente a la protección del medio ambiente. De conformidad a ello, los

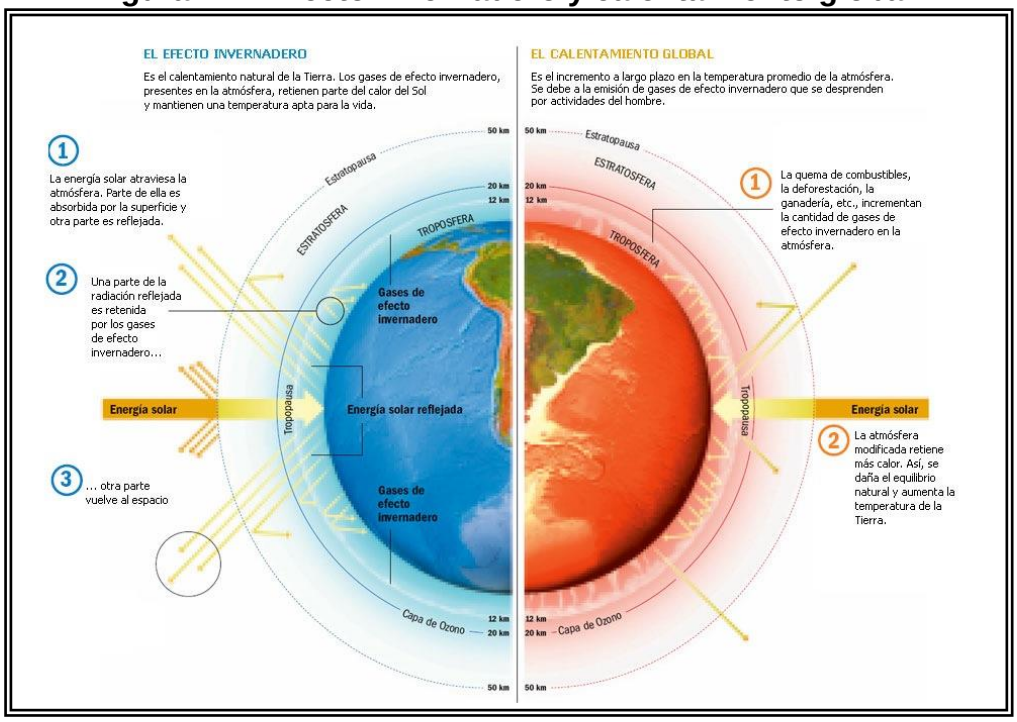
principios y normas del DIMA que se han desarrollado, comprenden una compleja red de relaciones bilaterales y multilaterales.

No existen reglas de juego comunes que sujeten a todos los Estados a unos mismos estándares. En la medida en que los tratados aplican diferentes estándares, las reglas aplicables a un Estado determinado dependen de los tratados de que hacen parte, y las decisiones de las organizaciones internacionales y el derecho consuetudinario que pende sobre él. Además, existen grandes disparidades en el desarrollo del derecho ambiental entre las regiones, las subregiones y los países de acuerdo a los actores que se revisó. (Cumbre De Las Américas 1996)

## 2.3. GASES DE EFECTO INVERNADERO Y CAMBIO CLIMÁTICO

### 2.3.1. Efecto invernadero y el cambio climático

**Figura Nº 2 Efecto invernadero y calentamiento global**




Fuente UNEP-GRID-Areland.2008.

### 2.3.2. Efecto invernadero

El Efecto Invernadero (Figura 3), se debe su nombre precisamente al hecho de que la atmósfera terrestre se comporta como un invernadero, al dejar pasar con mayor facilidad a través de sí los rayos solares incidentes que los reenviados desde el interior hacia el exterior. De algún modo se puede entender el concepto de "Efecto Invernadero y Cambio Climático", como una relación de acción y reacción. Es decir, el Efecto Invernadero es responsable del Cambio Climático, considerando este efecto como la acción, y todas las reacciones en el medio ambiente y consecuencias que este fenómeno conlleva, se podrían identificar como la reacción. (Castro, R., 1999)

**Figura Nº 3 Efecto invernadero**

Fuente UNEP-GRID-Areland.2008

Loisel (2002), señala que se debe entender el Efecto Invernadero como un fenómeno natural, y que sin él la temperatura media de la superficie de la tierra sería de unos –15º C en lugar de +15 º C, convirtiendo así nuestro planeta en un lugar muy desértico para la especie humana y la vida en general. Sin perjuicio de lo anterior, los motivos de inquietud de la comunidad científica mundial pasan por el Efecto Invernadero adicional, originado por la actividad humana de la era industrial, siendo éste, probablemente, el principal responsable del calentamiento global actual. (Castro, R., 1999)

El actual exceso de concentración de ciertos gases en la atmósfera, principalmente el dióxido de carbono, metano, cloro flúor, carburos y los óxidos nitrosos entre otros, son

responsables del Efecto Invernadero adicional. Estos gases son conocidos como "Gases de Efecto Invernadero" (GEI). Entre ellos se distinguen dos grupos, los GEI primarios ($CO_2$, $CH_4$, $N_2O$, entre otros) y los GEI indirectos o precursores de un GEI primario (NOX, CO, entre otros). (Castro, R., 1999)

**Cuadro 1. Principales Gases Efecto Invernadero.**

| Gas efecto invernadero | Fuente emisora | Tiempo de vida en la atmósfera (años) | Contribución al efecto invernadero (%) |
|---|---|---|---|
| Dióxido de Carbono ($CO_2$) | Combustibles fósiles, deforestación, destrucción de suelos | 5 a 200 | 54 |
| Cloro flúor carburos (CFCs) | Refrigeración, aire acondicionado, aerosoles, espumas plásticas | 45 | 21 |
| Metano ($CH_4$) | Ganado, biomasa, arrozales, escapes de gasolina, minería | 12 | 12 |
| Ozono y otros | Fotoquímicos, automóviles, etc. | - | 8 |
| Óxido nitroso ($NO_2$) | Combustibles fósiles, cultivos, deforestación | 114 | 6 |

Fuente: IPCC 2007a.

### 2.3.3. Cambio climático

El concepto de Cambio Climático, bajo el contexto de este trabajo, se entenderá como todas las variaciones climáticas globales permanentes en el tiempo, que tengan relación o sean ocasionadas por el fenómeno de Efecto Invernadero, ya sea directa o indirectamente. Así entonces, se podrá identificar como Cambio Climático no sólo al aumento medio de la temperatura de la tierra, sino que también al aumento de fenómenos climáticos catastróficos o extremos como: tormentas atípicas o sequías prolongadas, así como también cambios experimentados en la extensión de la capa de hielo terrestre y marítimo, cambios en el nivel del mar y cambios observados en las pautas de circulación atmosférica y oceánica. (IPCC, 2001a p.873)

El Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC, en su sigla en inglés), en su Artículo 1, define "Cambio Climático" como: "Un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la

atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables". El UNFCCC distingue entre cambio climático atribuido a actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad climática atribuida a causas naturales. (IPCC, 2001a p.874)

### 2.3.4. Los escenarios de emisiones

Existen cuatro familias o grupos de escenarios, los cuales se utilizan para proyectar en el futuro lo que acontecerá con el fenómeno Efecto Invernadero y el Cambio Climático. Este conjunto de familias de escenarios se les denomina escenarios IE – EE, los cuales fueron aprobados por el IPCC el 15 de marzo de 2000. Es importante dejar en claro que este conjunto de familias de escenarios no contempla ningún tipo de iniciativas relacionadas con el clima, lo que significa que ninguno de ellos se basa explícitamente en la hipótesis de cumplimiento de la Convención Marco sobre el Cambio Climático o de los objetivos de emisiones del PK. (IPCC, 2001a p.27)

El primer grupo o familia de escenarios, denominado con la sigla A1, propone una situación donde el planeta sigue una tendencia globalizadora, con tecnologías muy eficientes y un crecimiento de la población rápido. Este grupo está compuesto por 3 escenarios, los cuales se diferencian en el tipo de fuente energética que predomina. Se tiene el escenario A1FI, en el cual predomina el uso intensivo de fuentes fósiles de combustible y energía, también está el escenario A1T en el cual las fuentes de energía son alternativas a las fósiles y, además, está el escenario A1B en el cual se proyecta una situación donde el origen de la energía está equilibrado entre fuentes fósiles y fuentes alternativas. (IPCC, 2001a p.27)

El segundo grupo, que se denomina con la sigla A2, propone una situación donde el mundo no sigue un patrón globalizante, sino que se conservan las identidades locales y la población crece a un ritmo medio. El desarrollo económico y tecnológico es fragmentado y más lento que en otros escenarios. (IPCC, 2001a p.57)

El tercer grupo de escenarios denominado con la sigla B1, es en el cual se proyecta una situación donde, al igual que en los escenarios A1, se sigue una tendencia globalizadora. Se caracterizan por el eficiente aprovechamiento de los recursos mediante tecnologías

limpias, así como también la utilización menos intensiva de materiales. Se sigue una línea encaminada a la sostenibilidad social, económica y ambiental, pero sin planteamientos sobre el clima. (IPCC, 2001a p.101)

Finalmente, en el cuarto grupo de escenarios denominado con la sigla B2, se plantea una situación donde el planeta no sigue un patrón globalizador, sino que priman las soluciones locales para problemáticas sociales, económicas y ambientales. La evolución tecnológica es menos rápida pero más diversa que en los grupos A1 y B1. En resumen, este escenario está orientado a la protección del medio ambiente y a la igualdad social, pero siempre a nivel local o regional. (IPCC, 2001a p.106)

### 2.3.5. Proyecciones en la concentración de los GEI

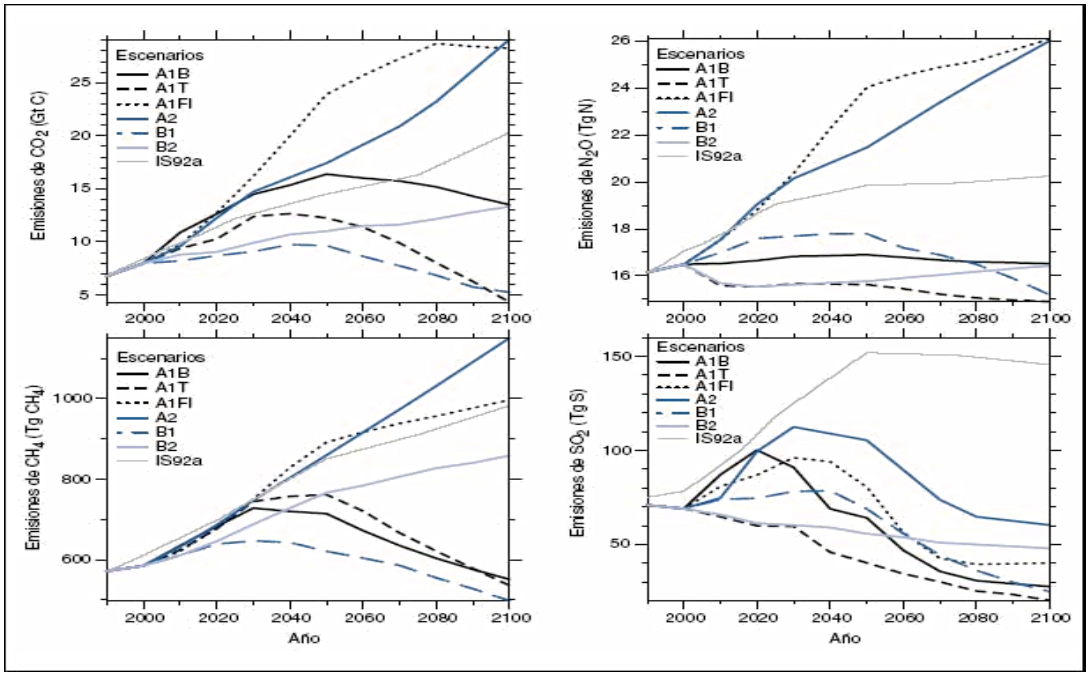
En cuanto a la concentración del $CO_2$ proyectada por el IPCC para el año 2100, variará según el escenario que se examine. Ésta se proyecta entre 540 y 970 ppm, lo que es entre 90% y 250% mayor que las 280 ppm en 1975. Las medidas destinadas a estimular el almacenamiento del carbono atmosférico en los ecosistemas terrestres podrían influir en la disminución de los efectos de un exceso de éste, pero el límite de reducción de la concentración del $CO_2$ por medio de este método es de 40 a 70 ppm. Por lo tanto, se espera que las fuentes de combustión fósil seguirán rigiendo la concentración de este gas en la atmósfera. (IPCC, 2001b p.142)

Con respecto a otros GEI primarios, éstos muestran distintos comportamientos en su concentración al ser examinados los distintos grupos de escenarios. Pero fundamentalmente se predice que, con respecto al $CH_4$ su concentración variará entre un –11% a un 112% entre los años 1998 a 2100. Con respecto a la concentración de $N_2O$, ésta variará entre un 12% a un 46%. (IPCC, 2001b p.142)

Adicionalmente, se calcula que el nivel de la concentración de O3 troposférico, entre los años 2000 y 2100, cambiará entre un –12% a un 62%. Ese aumento de O3 se puede deber al aumento simultáneo en la emisión antropógena (Del término Antropogénico. Que es de origen humano, que es producido por el hombre) de otros GEI como el NOX. (IPCC, 2001b p.65-68)

En el Grafico se muestran las proyecciones de la concentración de algunos GEI en la atmósfera hasta el año 2100, considerando los distintos escenarios descritos con anterioridad. Adicionalmente, se incluye con fines de comparación el modelo IS92a, el cual corresponde a una versión más antigua de familias de escenarios, pero no por ello menos imprecisos. (IPCC, 2001b p.65-68)

**Proyección de las emisiones de algunos GEI en los distintos escenarios utilizados por el IPCC**




IPCC, 2002.Climate Change and Biodiversity. IPCC Technical paper Nº V.

"El gran aumento de la emisión de GEI y otros contaminantes que se proyecta en los seis escenarios IE – EE para el siglo XXI, degradará el medio ambiente global en formas que van más allá del cambio climático" (IPCC, 2001b). Esta aseveración sin duda es preocupante, por lo que un camino o vía para resguardar, de algún modo, el futuro de los ecosistemas en el planeta, estaría dado por asegurar los compromisos de la Convención Marco sobre el Cambio Climático y de los objetivos de emisiones del PK.

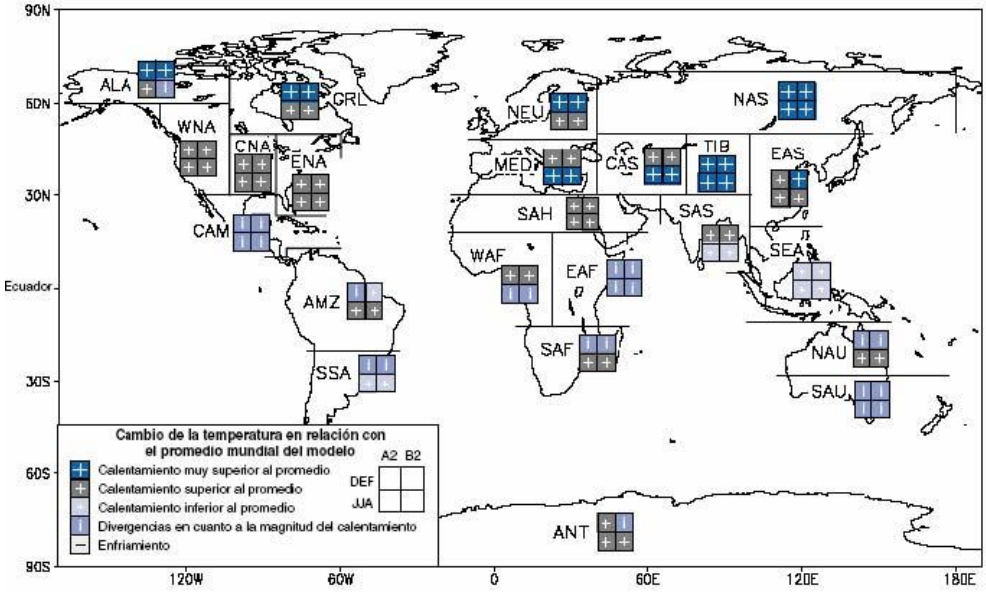
### 2.3.6. Proyecciones en los cambios futuros de la temperatura

Se espera y es muy probable que el aumento de la temperatura media en el hemisferio norte, para el periodo entre los años 1990 y 2100, sea más rápido que el promedio

mundial de la misma en todo el planeta. Simulaciones llevadas a cabo por el IPCC han demostrado que, en regiones septentrionales, el aumento de la temperatura supera en un 40% el índice medio de calentamiento global, que es entre 1,3 a 6,3º C, en todos los modelos utilizados. Solamente en el sur de Asia y en la región meridional de América del Sur, en los meses de junio a agosto, se espera un aumento menor al promedio mundial. (IPCC, 2001 p.21)

En la figura 4 se muestra de forma gráfica lo expuesto en el párrafo anterior. En él se analiza la concordancia entre los resultados de distintos modelos climáticos en lo que respecta al calentamiento regional relativo, comparado con el calentamiento medio mundial.

**Figura Nº 4 Diagrama de análisis en el cambio de temperatura en relación con el promedio mundial para los escenarios A2 y B2 en los meses de diciembre, enero, febrero y junio, julio y agosto.**




IPCC, 2002.Climate Change and Biodiversity. IPCC Technical paper Nº V.

El futuro es incierto frente a este punto, pero se pronostica que la temperatura media de la superficie del planeta aumentará entre 1,4 y 5,8º C, en todos los escenarios IE – EE en el periodo entre 1990 y 2100. El ritmo de cambio proyectado es muy superior al experimentado durante el siglo XX y es muy probable que alcance valores sin precedentes. (IPCC, 2001 p.21)

### 2.3.7. Proyecciones en los cambios futuros en las precipitaciones

Estimaciones realizadas por IPCC (2002), señalan que se espera un aumento de la precipitación media anual en todo el mundo durante el siglo XXI, con aumentos y disminuciones que van desde un 5 y hasta un 20% a escala regional. Adicionalmente al aumento de la media anual de precipitaciones, se espera que aumente también la concentración de vapor de agua y la evaporación en todo el planeta. (IPCC, 2001 p.26)

Es probable que las precipitaciones aumenten en las regiones situadas en latitudes altas tanto en verano como en invierno. También se esperan aumentos en latitudes medias del norte, en la zona tropical de África y en el Antártico durante el invierno, y en el sur y este de Asia en verano. Las precipitaciones durante el invierno continuarán descendiendo en Australia, América Central y el sur de África. (IPCC, 2001 p.26)

## 2.4. PROBLEMA DE LA CONTAMINACIÓN

La generación de contaminación es inherente al desarrollo del ser humano, desde su presencia en la tierra, ha explotado los recursos naturales para su provecho y eso es correcto, éstos eran abundantes y la naturaleza absorbía los contaminantes sin mostrar el impacto en ella de manera alarmante, sin embargo, el ser humano no generó una cultura hacia el cuidado del medio ambiente, porque pensó que los recursos naturales eran inagotables.

En el siglo XVIII, Malthus (1798) en su estudio vislumbró las consecuencias que el vertiginoso crecimiento industrial y poblacional inevitablemente causaría en el destino de nuestra especie y la organización social. De su ensayo sobre el Principio de la Población se creó el concepto de Catástrofe Malthusiana, en el que afirmó que la tendencia de la población es geométrica y la de los medios de subsistencia es aritmética o lineal, irremediablemente, en algún momento de la historia, el crecimiento se vería severamente frenado por la disputa de dichos medios.

El crecimiento de la población y la utilización de estos recursos naturales en forma indiscriminada y sin ningún enfoque sustentable, ha llevado a la sociedad actual a un disfrute las ventajas que ofrece el desarrollo, pero a un costo no cuantificable, pero si

visible. La generación de contaminación en sus diversas formas, el calentamiento global y el cambio climático auguran un futuro no promisorio, sino de pocas expectativas para la subsistencia de las diversas formas de vida en la tierra incluyendo las del ser humano; por lo anterior, se hace necesaria la búsqueda de una conciliación de gestión e innovación entre las metas de desarrollo mundial con las capacidades del medio ambiente, de tal forma que se garantice la coexistencia de un crecimiento económico con una mejora integral de la población actual y futuras generaciones.

### 2.4.1. Contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica (CA) se define como la presencia de sustancias extrañas, energía, o la variación importante en la proporción de sus constituyentes, que pueden provocar efectos perjudiciales o crear molestias, en la población, los ecosistemas y los bienes materiales.

De la misma forma, de acuerdo a la Ley del Medio Ambiente en Bolivia, Ley 1333, la CA se define como: "Presencia en la atmósfera de uno o más contaminantes, de tal forma que se generen o puedan generar efectos nocivos para la vida humana, la flora o la fauna, o una degradación de la calidad del aire, del agua, del suelo, los inmuebles, el patrimonio cultural o los recursos naturales en general."

Existe una estrecha relación entre la contaminación atmosférica y el tamaño de las áreas urbanas. Mientras mayor es la densidad poblacional, el parque automotor, industrias y servicios, mayor es el consumo de combustible. A esto se suman las características topográficas adversas, que presentan condiciones favorables para la formación de una cuenca atmosférica contaminada que implica impactos sobre la salud y los ecosistemas que la sustentan.

Los contaminantes de la atmósfera se clasifican, de acuerdo a cómo se forman, en dos grupos principales: en contaminantes primarios y contaminantes secundarios. Los contaminantes primarios son aquellos que son emitidos directamente a la atmósfera ($CO_2$, CO, HC, $SO_2$, $NO_{12}$, $PM\text{-}_{10}$), y provienen de diversas fuentes. Los contaminantes secundarios no son emitidos directamente a la atmósfera, sino que se producen como

consecuencia de las transformaciones y reacciones químicas y fotoquímicas que sufren los contaminantes primarios (H2SO4, HNO3, O3 troposférico).

La contaminación del aire proviene de una compleja mezcla de fuentes que van desde las chimeneas industriales y vehículos de motor, hasta el uso doméstico de limpiadores y pinturas.4 fenómenos de mezcla, transporte, deposición y transformaciones químicas que experimentan los contaminantes una vez emitidos a la atmósfera. Este efecto se caracteriza porque no es posible regularlo directamente y no se pueden atribuir fuentes específicas al efecto global de todas ellas. Es por esto que se hace muy importante la medición o monitoreo de la calidad aire ambiente.

### 2.4.2. Contaminantes criterio y sus efectos

#### 2.4.2.1. Monóxido de carbono

El CO es un gas incoloro casi inodoro e inflamable. El CO se produce principalmente a partir de la combustión incompleta de materiales orgánicos y normalmente está presente en cantidades traza en la atmosfera.

A pesar de que el monóxido de carbono se encuentra presente de forma natural en la atmosfera, es una sustancia tóxica que provoca asfixia, ya que desplaza el oxígeno unido a la hemoglobina. El hierro de la hemoglobina tiene más afinidad por el CO (320 veces) que por el Os- Esto provoca que el 1% de los puntos de unión de la hemoglobina de la sangre estén ocupados por el CO.

Cuando la concentración de CO alcanza 100 ppm, el porcentaje de unión a la hemoglobina se incrementa hasta el 16%.

La gravedad de estos efectos depende del nivel y tiempo de exposición, ya que es necesario un período de tiempo para que el CO inhalado se equilibre en la sangre. Concentraciones superiores a 750 ppm (0,1% en aire) originan pérdidas de conciencia y muerte. Los efectos nocivos del CO son reversibles a bajas concentraciones, la aspiración de aire no contaminado provoca la sustitución de la hemoglobina del O2 por el CO. El problema se agrava en enfermos del corazón, ya que éstos son más sensibles a insuficiencias temporales de oxígeno. Se ha comprobado la correlación existente entre

el número de ingresos hospitalarios por problemas coronarios y los niveles de CO en atmósferas urbanas.

Aunque el tráfico rodado constituye la principal fuente antropogénica de CO, los envenenamientos de CO por un mal funcionamiento de hornos y calentadores son bastante habituales.

#### 2.4.2.2. Ozono

El Os es el alótropo triatómico del oxígeno, es un gas azul pálido con un olor áspero y desagradablemente característico. El 03 es un oxidante altamente reactivo, muy tóxico y a concentraciones mayores de 125 fig.3, es considerado un contaminante importante. Este gas existe de manera natural en la atmósfera, presentando altas concentraciones en la atmósfera superior, donde se forma a partir de la radiación solar ultravioleta. En la troposfera el O3 se forma principalmente debido a reacciones fotoquímicas con hidrocarburos y óxidos de nitrógeno.

El Oses un gas relativamente insoluble en agua. Cuando el Os reacciona, causa efectos tóxicos en la superficie de las vías respiratorias menores. La dosis-respuesta es mayor en los bronquiolos terminales y respiratorios. En contraste con el NO2 y el SO2, existe alteración pulmonar en la función pulmonar, tanto en asmáticos, como en individuos sanos. No obstante, todavía no se ha llegado a comprender la gran variedad de las respuestas individuales.

Las concentraciones de fondo de O3, en la troposfera, en lugares remotos y relativamente no contaminados del mundo oscilan entre 40 ng/m3 y 70 [ng/m3 con un promedio de vida de 1 h. En las ciudades y áreas a sotavento de las ciudades, las concentraciones medias horarias máximas pueden llegar hasta 400 ng/m3. Las altas concentraciones de O3 pueden persistir de 8 h a 12 h por día durante varios días si las condiciones atmosféricas favorecen la formación de O3 y las condiciones de dispersión son deficientes. Por lo general, las concentraciones de O3 son mayores en exteriores que en interiores.

#### 2.4.2.3. Dióxido de nitrógeno (NO2)

El NO2 es un gas inflamable, pardo-rojizo, oxidante, con un fuerte olor desagradable que junto a las partículas en suspensión forman una capa rojiza y marrón que cubre muchas zonas urbanas.

Las concentraciones ambientales de NO2 en el aire son variables. Las concentraciones naturales de fondo en el aire ambiental pueden estar en el rango de menos de 1 ng/m3 a más de 9 ng/m3. Las concentraciones anuales medias en el aire ambiental urbano pueden variar entre 20 ng/m3 a QQ^g/m3 con concentraciones máximas de 75 ng/m3 a 1.000 ng/m3 por hora. Las concentraciones de NO2 en interiores pueden alcanzar valores promedio de 200 ng/m3 durante varios días, con concentraciones máximas de 2.000 ng/$m^3$ por hora en los casos en que haya dispositivos de calefacción a gas con inadecuada ventilación.

#### 2.4.2.4. Material particulado (PM10)

Las PM10 son partículas sólidas o líquidas suspendidas en el aire, compuestas por una química diversa y tamaño menor a 10 /cm como diámetro aerodinámico. Las PM10 son también llamadas partículas gruesas y se originan en procesos mecánicos como erosión, o por quema incompleta de material orgánico, formando humos.

Las PM10 logran entrar al sistema respiratorio hasta la región traqueo bronquial y se acumulan en los pulmones, contribuyendo al daño del tejido pulmonar y a la disminución de la función pulmonar.

Los efectos de las PM10 sobre la salud de las personas dependen de la composición química del material, por tanto, no existe un umbral único.

#### 2.4.2.5. Dióxido de azufre (SO2)

El S02 es un gas incoloro producto de la oxidación de materiales que contienen azufre (por ejemplo, productos pirotécnicos). El SO2 es un gas reactivo que en contacto con vapor de agua forma ácidos. La principal fuente natural son los volcanes activos y la principal fuente antropogénica es la quema de combustibles fósiles (carbón y petróleo).

Los efectos principales del SO2 en la salud incluyen impactos en la respiración, afecciones respiratorias debilitamiento de las defensas pulmonares, agravamiento de enfermedades respiratorias, cardiovasculares y la muerte. Entre las personas sensibles al SO2 están los asmáticos y quienes padecen enfermedades pulmonares crónicas o afecciones cardiovasculares. Los ancianos y los niños son los más afectados por el SO2.

#### 2.4.2.6. Índice de contaminación atmosférica (ICA)

El índice de contaminación atmosférica es un valor adimensional calculado a partir de la concentración de los contaminantes y de los límites permisibles especificados en la norma NB 62011. Su objetivo es facilitar la comprensión de la información sobre el riesgo por exposición a contaminantes del aire y de las acciones de protección que puedan realizarse.

## 2.5. GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE

La gestión de la calidad del aire es un proceso que implica tomar medidas y planes de acción para prevenir la contaminación y controlar las fuentes de emisión de sustancias contaminantes, o la reducción hasta niveles aceptables de aquellos agentes (gases, partículas en suspensión, elementos físicos y hasta cierto punto agentes biológicos) cuya presencia en la atmósfera puede ocasionar efectos adversos en la salud de las personas o en su bienestar.

### 2.5.1. Inventario de emisiones

El inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos es un instrumento estratégico para la gestión de la calidad del aire. Un inventario permite conocer las fuentes emisoras de contaminantes, así como el tipo y cantidad de contaminantes que emite cada una de ellas.

### 2.5.2. Fuentes de emisiones contaminantes

Para propósito de un inventario de emisiones, las fuentes de emisión se agrupan en cuatro tipos diferentes:

#### 2.5.2.1. Fuentes fijas o puntuales

Se define a las fuentes fijas como toda instalación establecida en un solo lugar y que tenga como propósito desarrollar procesos industriales o comerciales, de servicios o actividades, que generen o puedan generar emisiones contaminantes a la atmósfera. Se incluye por ejemplo a sectores industriales como el químico, petrolero, de pinturas, tintas, papel, hierro, vidrio y cemento, entre otros.

Las estimaciones de emisiones de fuentes puntuales se dividen principalmente en dos partes: La emisión por la combustión de combustible para la generación de calor o energía y la emisión por los procesos del producto de una industria.

#### 2.5.2.2. Fuentes de área

Las fuentes de área representan emisiones de fuentes que son demasiado numerosas y dispersas como para incluirlas dentro de las fuentes puntuales. Sin embargo, son emisoras significativas de contaminantes. Estas fuentes por lo general contemplan el uso de solventes comerciales, domésticos, fuentes industriales y comerciales ligeras (lavado en seco, limpieza de superficies), fuentes móviles que no circulan por carreteras y fuentes de manejo de residuos.

#### 2.5.2.3. Fuentes móviles

Son fuentes que modifican constantemente su posición, están conformadas por los vehículos automotores que circulan por las carreteras, calles, avenidas, como los automóviles privados, públicos, y todos aquellos diseñados para operar en carreteras públicas. Por la gran magnitud de sus emisiones los vehículos automotores se tratan separadamente de otras fuentes.

#### 2.5.2.4. Fuentes naturales

Además de las actividades humanas; los fenómenos naturales y la vida, tanto animal como vegetal, pueden desempeñar un papel importante en el problema de la contaminación del aire, y por lo general, la instrumentación de estrategias de control no puede reducirlas con facilidad.

A menudo se consideran dos fuentes naturales de importancia, las emisiones biogénicas y las emisiones de los suelos. Las emisiones biogénicas son aquellas que se emiten en cantidades significativas de hidrocarburos a la atmósfera. En esta categoría se encuentran hierbas, cultivos, arbustos, bosques, etc. Dentro de las emisiones de suelos se encuentran el N2O que es producido en el suelo por la desnitrificación (reducción de nitritos o nitratos a nitrógeno gaseoso como N2 o NO2) y por nitrificación (oxidación del amoniaco a nitrato).

La contaminación es definida en el Artículo 3, Fracción VI de la Ley General del Equilibrio Ecológico y de Protección al Ambiente (LGEEPA) como la presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico, es consecuencia de la influencia sobre el medio de diferentes fuerzas. Cabrera (1981) afirma que la contaminación se clasifica por su origen, "en natural (tolvaneras, erupciones volcánicas, incendios en los bosques causados por rayos, etc.) y artificial (cuando deriva de actividades humanas)".

## 2.6. PRODUCCIÓN DEL LADRILLO

En cuanto al proceso de producción de ladrillo artesanal se refiere, se ilustra con un Marco Referencial, presentado a continuación:

### 2.6.1. Ladrillo

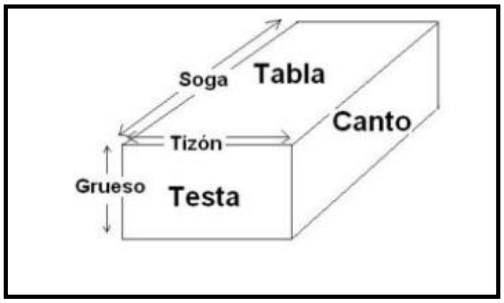
Se define como ladrillo a un bloque de arcilla amasado con agua obtenido por moldeo, secado y cocción. La arcilla, que es la materia prima de esta pieza cerámica, está compuesta básicamente por sílice, alúmina y una variedad de óxidos metálicos. La distribución de estos elementos varía según el lugar de procedencia de la arcilla. Una arcilla pura contiene alrededor de 47% de sílice, 39% de alúmina y 14% de agua. En América, su producción se remonta a épocas prehispánicas donde el uso de arcillas fue destinado a la producción de adobe secado al sol, el cual ayudo a levantar casas y otras estructuras.

Un ladrillo es una pieza cerámica, generalmente ortoédrica, obtenida por moldeo, secado y cocción a altas temperaturas de una pasta arcillosa, cuyas dimensiones suelen rondar

24 x 11,5 x 6 cm. Se emplea en albañilería para la ejecución de fabricaciones de ladrillo, ya sean muros, tabiques, tabicones, etc. Se estima que los primeros ladrillos fueron creados alrededor del 6.000 a.C.

El ladrillo es la versión irreversible del adobe, producto de la cocción a altas temperaturas.

**Figura Nº 5 Ladrillo pieza de cerámica**




Su forma es la de un prisma rectangular, en el que sus diferentes dimensiones reciben el nombre de soga, tizón y grueso, siendo la soga su dimensión mayor. Así mismo, las diferentes caras del ladrillo reciben el nombre de tabla, canto y testa (la tabla es la mayor).

Por lo general, la soga es del doble de longitud que el tizón o, más exactamente, dos tizones más una junta, lo que permite combinarlos libremente. El grueso, por el contrario, puede no estar modulado.

Existen diferentes formatos de ladrillos, por lo general de un tamaño que permita manejarlo con una mano. En particular, destaca el formato métrico, en el que las dimensiones son 24 x 11,5 x 5,25 cm (nótese que cada dimensión es dos veces la inmediatamente menor más 1 cm de junta).

En Bolivia la albañilería de muros trabaja en base a ladrillos de 6 huecos con dimensiones de 24 cms. de largo, 18 cms. de alto y 12 cms. de ancho, de buena calidad, adecuado cocido y sonido metálico.

### 2.6.2. Tipos de ladrillo

Según su forma, los ladrillos se clasifican en:

- ✓ Ladrillo Perforado, que son todos aquellos que tienen perforaciones en la tabla que ocupen más del 10% de la superficie de la misma. Muy popular para la ejecución de fachadas de ladrillo visto.
- ✓ Ladrillo Macizo, aquellos con menos de un 10% de perforaciones en la tabla. Algunos modelos presentan rebajes en dichas tablas y en las testas para ejecución de muros sin llagas.
- ✓ Ladrillo Tejar o Manual, simulan los antiguos ladrillos de fabricación artesanal, con apariencia tosca y caras rugosas. Tienen buenas propiedades ornamentales.
- ✓ Ladrillo Hueco, son aquellos que poseen perforaciones en el canto o en la testa, que reducen el volumen de cerámica empleado en ellos. Son los que se usan para tabiquería que no vaya a sufrir cargas especiales. Pueden ser de varios tipos:
- ✓ Rasilla: Su Grueso y su Soga son mucho mayores que su Tizón. Sus dimensiones habituales son 24x11.5x2.5
- ✓ Ladrillo Hueco Simple: Posee una hilera de perforaciones en la testa.
- ✓ Ladrillo Hueco Doble: Posee dos hileras de perforaciones en la testa.

### 2.6.3. Usos

Los ladrillos son utilizados en construcción en cerramientos, fachadas y particiones. Se utiliza principalmente para construir muros o tabiques. Aunque se pueden colocar a hueso, lo habitual es que se reciban con mortero. La disposición de los ladrillos en el muro se conoce como aparejo, existiendo gran variedad de ellos.

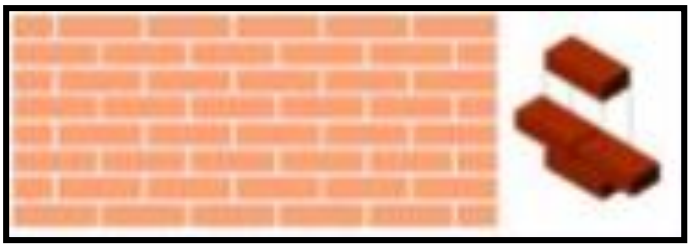
#### 2.6.3.1. Aparejos

Aparejo es la ley de traba o disposición de los ladrillos en un muro, estipulando desde las dimensiones del muro hasta los encuentros y los enjarjes, de manera que el muro suba de forma homogénea en toda la altura del edificio.

Algunos tipos de aparejo son los siguientes:

- ✓ Aparejo a sogas: Los costados del muro se forman por las sogas del ladrillo, tiene un espesor de medio pie (el tizón) y es muy utilizado para fachadas de ladrillo cara vista.

**Figura Nº 6 Tipos de aparejo con el ladrillo**

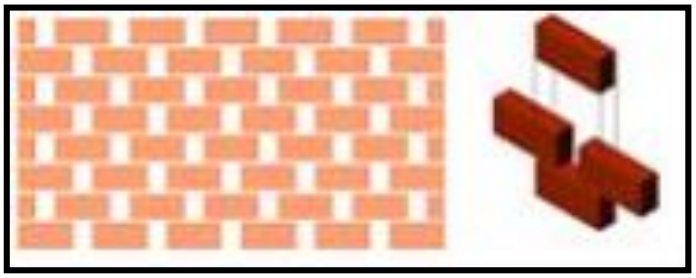


- ✓ Aparejo a tizones o a la española: En este caso los tizones forman los costados del muro y su espesor es de 1 pie (la soga). Muy utilizado en muros que soportan cargas estructurales (portantes).
- ✓ Aparejo inglés: En este caso se alternan hiladas en sogas y en tizones, dando un espesor de 1 pie (la soga). Se emplea mucho para muros portantes en fachadas de ladrillo cara vista. Su traba es mejor que el muro a tizones pero su puesta en obra es más complicada y requiere mano de obra más experimentada.

**Figura Nº 7 Aparejo ingles**

- ✓ Aparejo en panderete: Es el empleado para la ejecución de tabiques, su espesor es el del grueso de la pieza y no está preparado para absorber cargas excepto su propio peso.

**Figura Nº 8 Aparejo en panderete**



- ✓ Aparejo palomero: Es como el aparejo en panderete, pero dejando huecos entre las piezas horizontales. Se emplea en aquellos tabiques provisionales que deben dejar ventilar la estancia y en un determinado tipo de estructura de cubierta.
- ✓ En Bolivia, el aparejo más utilizado es el ladrillo parado, es decir los costados del muro se forman por los tizones, y el ancho del muro es el grueso.

### 2.6.4. Proceso de elaboración

Para la fabricación del ladrillo se llevan a cabo una serie de procesos que veremos más adelante. La materia prima utilizada para la producción de ladrillos es, fundamentalmente, la arcilla. Este material está compuesto, en esencia, de sílice, alúmina, agua y cantidades variables de óxidos de hierro y otros materiales alcalinos, como los óxidos de calcio y los óxidos de magnesio.

Las partículas del material utilizado para la fabricación de ladrillos son capaces de absorber higroscópicamente hasta el 70% en peso, de agua. Debido a la característica de absorber la humedad, la arcilla, cuando está hidratada, adquiere la plasticidad suficiente para ser moldeada, y cuando está seca, presenta un aspecto terroso.

Durante la fase de endurecimiento, por secado, o por cocción, el material arcilloso adquiere características de notable solidez con una disminución de masa, por pérdida de agua, de entre un 5 a 15%, en proporción a su plasticidad inicial.

Una vez seleccionado el tipo de arcilla el proceso puede resumirse en los siguientes pasos:

- ✓ Maduración
- ✓ Tratamiento mecánico
- ✓ Depósito de materia prima procesada
- ✓ Humidificación
- ✓ Moldeado
- ✓ Secado
- ✓ Cocción

#### 2.6.4.1. Maduración

Primero se debe someter la arcilla a ciertos tratamientos de trituración, homogeneización y reposo en acopio, con la finalidad de obtener una adecuada consistencia y uniformidad de las características físicas y químicas deseadas.

El reposo a la intemperie tiene, la finalidad de facilitar el desmenuzamiento de los terrones para impedir las aglomeraciones de las partículas arcillosas. La exposición a los distintos fenómenos atmosféricos lleva a la descomposición de la materia orgánica que pueda estar presente y permite la purificación del material. De esta manera se obtiene un material completamente inerte y poco probable a posteriores transformaciones mecánicas o químicas.

#### 2.6.4.2. Tratamiento mecánico

Luego continua el tratamiento mecánico que consiste en una serie de operaciones que tienen la finalidad de purificar y refinar la materia prima. Los instrumentos utilizados suelen ser:

- ✓ Rompe-terrones: como su propio nombre indica, sirve para reducir las dimensiones de los terrones hasta un diámetro de entre 15 y 30 mm.
- ✓ Eliminador de piedras: está constituido, generalmente, por dos cilindros que giran a diferentes velocidades, capaces de separar la arcilla de las piedras o chinos.
- ✓ Desintegrador: se encarga de triturar los terrones de mayor tamaño, más duros y compactos, por la acción de una serie de cilindros dentados.
- ✓ Laminador refinador: está formado por dos cilindros rotatorios lisos montados en ejes paralelos, con separación, entre sí, de 1 a 2 mm, espacio por el cual se hace pasar la arcilla sometiéndola a un aplastamiento y un planchado que hacen aún más pequeñas las partículas. En esta última fase se consigue la eventual trituración de los últimos nódulos que pudieran estar, todavía, en el interior del material.

#### 2.6.4.3. Depósito de materia prima procesada

Al tratamiento mecánico le sigue el depósito de material en silos o en un lugar techado, donde el material se homogeniza definitivamente tanto en apariencia como en características físico químicas.

#### 2.6.4.4. Humidificación

Antes de llegar al moldeo, se pasa la arcilla por un laminado, refinado y, posteriormente se agrega agua para obtener la humedad que se precisa.

#### 2.6.4.5. Moldeado

El moldeado consiste en hacer pasar la mezcla de arcilla a través de una boquilla al final de la extrusora. La boquilla es una plancha perforada que tiene la forma del objeto que se quiere producir.

El moldeado, normalmente, se hace en caliente utilizando vapor saturado aproximadamente a 130 °C y a presión reducida. Procediendo de esta manera, se obtiene una humedad más uniforme y una masa más compacta, puesto que el vapor tiene un mayor poder de penetración que el agua.

#### 2.6.4.6. Secado

Este es uno de los pasos más delicados del proceso de fabricación. El secado tiene la finalidad de eliminar el agua agregada en la fase de moldeado para, de esta manera, poder pasar a la fase de cocción.

Esta fase se realiza en secaderos en los cuales se hace circular aire por el interior de un extremo a otro. Lo más normal es que durante la eliminación del agua no existan cambios de temperatura ni de humedad muy bruscos ya que estos pueden llegar a producir una disminución de la masa de agua a ritmos diferentes en distintas zonas del material lo que nos da como resultado fisuras en el ladrillo.

#### 2.6.4.7. Cocción

La cocción es realizada en hornos de tipo túnel, donde la temperatura de cocción varía entre 900 °C y 1000 °C.

### 2.6.5. Arcillas

La arcilla no es una roca primitiva sino el producto de la descomposición de ciertas rocas ígneas antiguas, se presenta en terrenos llamados estratificados generalmente en capas muy regulares. La arcilla pura es el silicato de aluminio llamado caolín.

Pueden ser de dos clases, según su procedencia:

1. **Primarias o residuales:** Formadas in situ, o sea, donde se desintegró la roca. Contienen partículas sin ninguna clasificación, desde caolinizadas, hasta fragmentos de roca y minerales duros e inalterados. Por su heterogeneidad no son de mucha aplicación en la industria cerámica.
2. **Secundarias o sedimentarias:** Han sido transportadas y depositadas en pantanos, lagos, el océano, etc. Están clasificadas por tamaño debido al transporte. Tienen mejores condiciones para la industria cerámica.

#### 2.6.5.1. Propiedades Físicas de las arcillas.

- ✓ **Elasticidad**: Producida por la mezcla de la arcilla con una adecuada cantidad de agua.
- ✓ **Endurecimiento:** Lo sufren a ser sometidas a la acción de calor.
- ✓ **Color:** este se debe a la presencia de óxidos metálicos.
- ✓ **Absorción:** Absorben materiales tales como aceites, colorantes, gases, etc.

#### 2.6.5.2. Propiedades químicas de las arcillas.

La arcilla pura es bastante resistente a la acción química de los reactivos; sin embargo, es atacada por algunos reactivos, sobre todo si se le aplican en condiciones apropiadas de presión, temperatura y concentración.

- ✓ El ácido clorhídrico y el sulfúrico concentrado la descomponen a una temperatura de 250 a 300° C y actúan más lentamente sobre arcilla calcinada.
- ✓ Algunos álcalis como sosa y potasa atacan el silicato alumínico si hay calentamiento prolongado y la transforman en silicatos dobles de sodio o potasio y aluminio.
- ✓ El anhídrido bórico la trasforma en una masa vítrea (vitrificado) más atacable pro los reactivos químicos.
- ✓ Con mayor facilidad actúa el ácido fluorhídrico y los fluoruros ácidos formando fluoruro de Al y de Si.

Pero para la industria cerámica, las propiedades más importantes son las relacionadas con las reacciones efectuadas entre los diferentes silicatos de la arcilla para formar compuestos de ciertas características como resistencia, dureza, aumento de densidad, disminución de absorción, según la reacción que haya tenido lugar.

### 2.6.5.3. Acción del calor sobre las arcillas

- ✓ La eliminación del agua higroscópica se da a una temperatura de aproximadamente 100° C, aún no pierde su agua de composición y conserva la propiedad de dar masas plásticas.
- ✓ Con una temperatura entre 300 y 400° C el agua llamada de combinación es liberada, perdiendo la propiedad de dar masas plásticas aunque se le reduzca a polvo y se le añada suficiente agua.
- ✓ Entre 600 y 700 C el agua en la arcilla es totalmente eliminada.
- ✓ Por la acción del calor entre 700 y 800° C adquiere propiedades tales como dureza, contracción y sonoridad, la sílice y la alúmina comienzan a formar un silicato anhidro (Mullita: Al2O3 SiO2).
- ✓ Esta combinación se completa al parecer entre 1100 y 1200° C.
- ✓ Hacia los 1500° C aparecen los primeros síntomas de vitrificación.

### 2.6.5.4. Coloración.

Esta se debe a la presencia de óxidos metálicos, principalmente el de hierro (por su actividad y abundancia). Dependiendo de si la llama es oxidante o reductora se colorea

de rojo, amarillo, verde o gris. También el titanio, el vanadio producen fenómenos similares.

### 2.6.6. Tipos de ladrillos en Bolivia

Debido a las diferentes tecnologías de producción, en Bolivia los productos de la industria ladrillera están clasificados en productos artesanales y productos industriales.

### 2.6.7. Insumos para la producción artesanal de ladrillos

Tanto el proceso de producción de ladrillos como el diseño de los hornos de quema de ladrillos, no han sufrido grandes cambios con el paso del tiempo. Este proceso empieza con la selección del terreno y la extracción de la arcilla, la cual se realiza generalmente en el sitio, aunque otras veces es necesario el transporte de la arcilla desde otro terreno. Esta extracción es realizada a cielo abierto. Una vez extraída la arcilla se realiza el mezclado de ésta con agua y aserrín, constituyendo este último, el primer combustible utilizado en la quema. La mezcla es realizada hasta obtener una pasta uniforme tipo barro, la cual es depositada en moldes de madera que dan forma a los ladrillos crudos

Luego, son situados en un campo abierto para que puedan ser secados al sol por un lapso de aproximadamente 48 horas, aunque este tiempo de secado en realidad depende de la temperatura ambiente. Transcurrido este tiempo los ladrillos secos son cargados a los hornos de cocción, donde son sometidos por dos a tres días, a temperaturas que oscilan entre 800 y 1.300 °C.36 Se ha determinado que la temperatura mínima de quemado a la cual los ladrillos comienzan el proceso de transformación de arcilla a ladrillo es de 600 °C y la temperatura a la que llega a completar este proceso es alrededor de los 900 °C.37

#### 2.6.7.1. Combustibles

Los combustibles comúnmente utilizados en el proceso de cocción de la industria ladrillera en Bolivia son: gas natural, aserrín, leña y carbón.

#### 2.6.7.2. Gas natural

El gas natural extraído de los yacimientos, es un producto incoloro e inodoro, no tóxico y más ligero que el aire. Procede de la descomposición de los sedimentos de materia orgánica atrapada entre estratos rocosos, y es una mezcla de hidrocarburos ligeros en la que el metano (CH4) se encuentra en grandes proporciones, acompañado de otros hidrocarburos y gases cuya concentración depende de la localización del yacimiento. El gas natural es una energía eficaz, rentable y limpia, y por sus precios competitivos y su eficiencia como combustible, permite alcanzar considerables economías a sus utilizadores. Por ser el combustible más limpio de origen fósil, contribuye decisivamente en la lucha contra contaminación atmosférica, y es una alternativa energética que destacará en el siglo XXI por su creciente participación en los mercados mundiales de la energía.

La composición del gas natural incluye diversos hidrocarburos gaseosos, con predominio del metano, por sobre el 90% y en proporciones menores etano, propano, butano y pequeñas proporciones de gases inertes como dióxido de carbono.

### 2.6.8. Producción Artesanal de Ladrillos

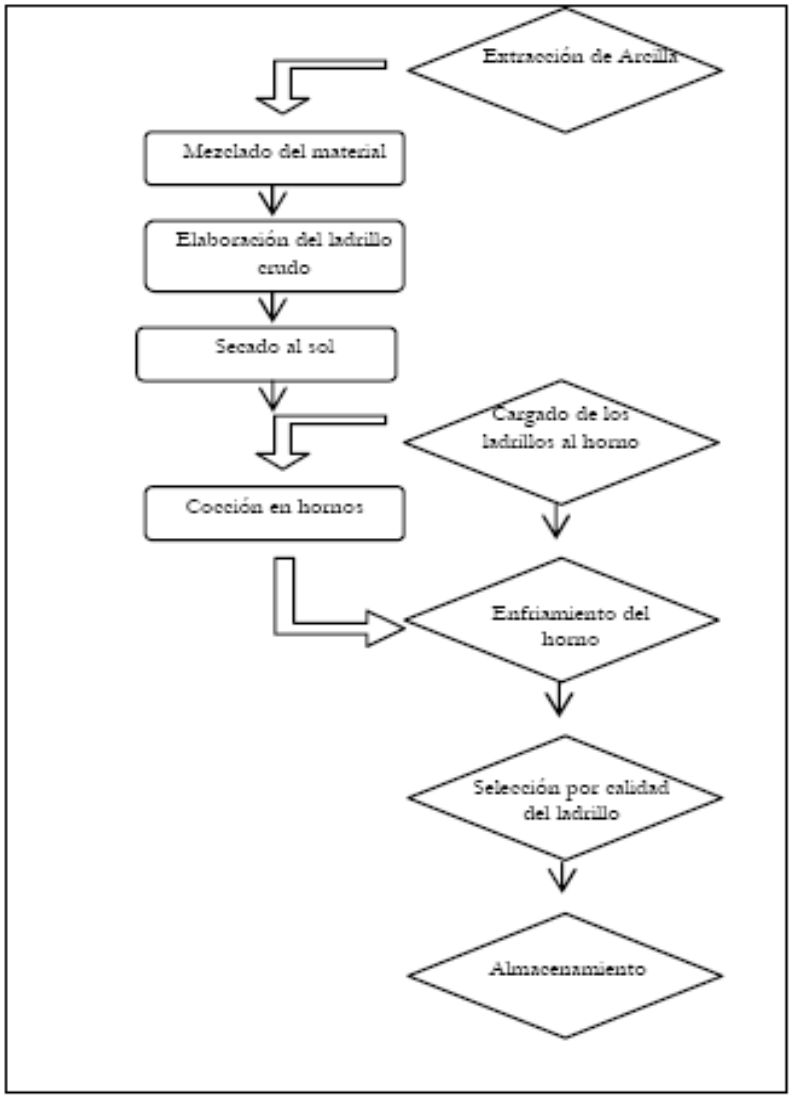
La producción artesanal de ladrillos es muy importante, debido a su alta demanda como material de construcción. Por ejemplo, en la ciudad de Cochabamba la producción mensual de ladrillos se estima cerca de los 3 millones de unidades, que se elaboran aproximadamente en 180 hornos. Esta producción consiste en varios pasos que son los siguientes: Primeramente, los materiales que se utilizan son: agua (estancada), arcilla, aserrín y residuos de curtiembres. Estos materiales se los mezcla hasta obtener una masa uniforme y manejable tipo barro. Esta actividad es desempeñada por niños y adultos.

La masa se coloca en carretillas de metal y se la transporta hacia un lugar abierto. Pequeñas porciones de masa se colocan en moldes de madera, de aproximadamente 10x 25 cm. Una vez retirados los moldes, se obtienen los ladrillos crudos. Estos adobes son colocados en el suelo en un lugar abierto. La colocación de estos adobes se realiza en orden. El secado al sol dura aproximadamente 48 horas.

Una vez que estos adobes están secos, se los llevan a los hornos de cocción. Donde son sometidos, durante tres días seguidos, a una temperatura que varía entre 800 y 1 300ºC. Los hornos funcionan con gas natural. Una vez que los ladrillos están cocidos se apagan los hornos y después de unos días se los retiran. En cada horno aprox. entran 70 mil ladrillos.

A continuación, se presenta una figura Nº 9 que plasma el proceso de producción.

**Figura Nº 9 Proceso de producción de ladrillos**




Esquema de los procesos de producción del ladrillo Fuente: Energética, 2012.

## 2.7. CONCEPTOS IMPORTANTES EN LA PRODUCCIÓN DE LADRILLO

### a) Sinterizado:

(Sinterizado) Sinterización es el tratamiento térmico de un polvo o compactado metálico o cerámico a una temperatura inferior a la de fusión de la mezcla, para incrementar la fuerza y la resistencia de la pieza creando enlaces fuertes entre las partículas

### b) Balance de masas:

Contabilidad de los pesos de los materiales que entran y salen de una unidad de procesamiento.

El balance de materia es un método matemático utilizado principalmente en Ingeniería Química. Se basa en la ley de conservación de la materia (la materia ni se crea ni se destruye, solo se transforma), que establece que la masa de un sistema cerrado permanece siempre constante (excluyendo, las reacciones nucleares o atómicas en las que la materia se transforma en energía según la ecuación de Einstein E=mc2, y la materia cuya velocidad se aproxima a la velocidad de la luz). La masa que entra en un sistema debe salir del sistema o acumularse dentro de él, así:

### c) Hueco:

Volumen vacío de la unidad donde se acepta colocar armaduras. Su superficie mínima en la cara de apoyo tiene que superar los 32 cm2 y el lado mínimo tiene un largo mínimo de 5 cm.

### d) Ladrillo:

Unidad cerámica ortoédrica, utilizada en la construcción, obtenido por el moldeo, secado y cocción a temperatura elevada de una pasta de arcilla, contabilizado como millar como su unidad de medida en cantidades.

### e) Ladrillo artesanal:

Unidad obtenida por cocción de una pasta de arcilla mediante un proceso manual de escaso control.

**f) Tizon:**

Ancho, dimensión intermedia del ladrillo

**g) Unidad producida:**

Ladrillo (UP)

**h) Layout:**

Es un término de la lengua inglesa que no forma parte del diccionario de la Real Academia Española (RAE). El concepto puede traducirse como “disposición” o “plan” y tiene un uso extendido en el ámbito de la tecnología.

# CAPÍTULO III

# MARCO PRÁCTICO

## 3.1. ASPECTOS PREVIOS

El desarrollo del marco práctico está dado por un conjunto de técnicas de investigación en este apartado se presentarán los resultados de las encuestas y el consiguiente levantamiento de información se realizaron coordinaciones con la ayuda conjunta de la Cooperativa de Ladrilleros “La Unión” de Champa Rancho. Que engloba a cuatro sectores: Cerro Blanco, Champa Rancho, San Joaquín y Tamborada.

Las encuestas fueron llenadas y respondidas exclusivamente por los jefes de las unidades productivas, quienes describieron la relación nominal de sus procesos productivos y otros más.

Las estimaciones de las variables de interés se basan principalmente en los resultados de siete aparatados que presenta la encuesta, siendo estas el medio de verificación fundamental. La primera relevar datos relacionados a la producción de ladrillos, el uso de materias primas o combustibles y sobre la seguridad ocupacional. El instrumento de medición constituye un cuestionario aplicado en campo mediante la realización de entrevistas presenciales (cara-a-cara) al informante calificado (jefe de la unidad productiva).

## 3.2. PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE LADRILLO QUE EMPLEAN LOS PRODUCTORES LADRILLEROS SACABA-COCHABAMBA

Los nombres de los diferentes dirigentes la Cooperativa de Ladrilleros “La Unión”. Se encuentra en anexos.

Para la implementación de las encuestas se conformó un grupo de 2 encuestadores. Ambos tenían la tarea de verificar la realización y correcto llenado de los cuestionarios. Posterior al relevamiento de la información se procede a realizar la codificación y edición de los datos para una adecuada transcripción y sistematización de la información.

Cabe considerar, que las unidades productivas son netamente artesanales, es decir no existe grado alguno de mecanización en sus procesos, la tabla Nº 1 muestra la distribución de los asociados según el sector en el que se encuentran, además del área aproximada que ocupan.

**Tabla Nº 1 Número de productores de ladrillo y muestra de estudio**

| Sector | Nro. socios / Aprox. hogares | Muestra socios/ Aprox. hogares | Participación Muestra | Superficie Aprox. (Ha) |
|---|---|---|---|---|
| **Cerro Blanco** | 121 | 83 | 0,62 | 95 |
| **San Joaquín** | 35 | 19 | 0,14 | 65 |
| **Champa Rancho** | 18 | 17 | 0,13 | 35 |
| **Tamborada** | 29 | 14 | 0,11 | 25 |
| **TOTAL** | 203 | 133 | 1,00 | 220 |

Elaboración propia en base a datos de campo 2016.

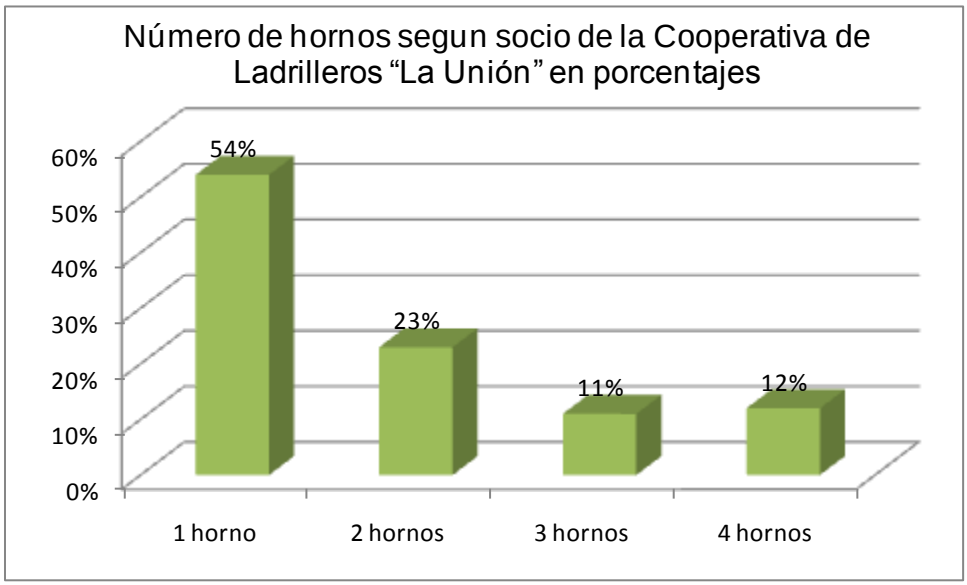
### 3.2.1. Datos generales de la unidad productiva

#### 3.2.1.1. Producción según cantidad de hornos por productor.

Los datos generales de producción, tipos de productos, combustibles usados y en general datos referidos a la actividad cerámica, a continuación, se detallan todas las preguntas englobadas en la misma, de forma sistemática y secuencial.

La gráfica Nº 1 muestra que el 54% de los productores cuenta por lo menos con un horno dentro de su unidad productiva, el 23% tiene dos hornos y el restante tiene entre tres y cuatro hornos el 23%. Un factor a resaltar, es el hecho que todos los hornos tienen el mismo diseño y solo varían en sus medidas.

**Gráfica Nº 1Número de hornos según socio productor ladrillero**



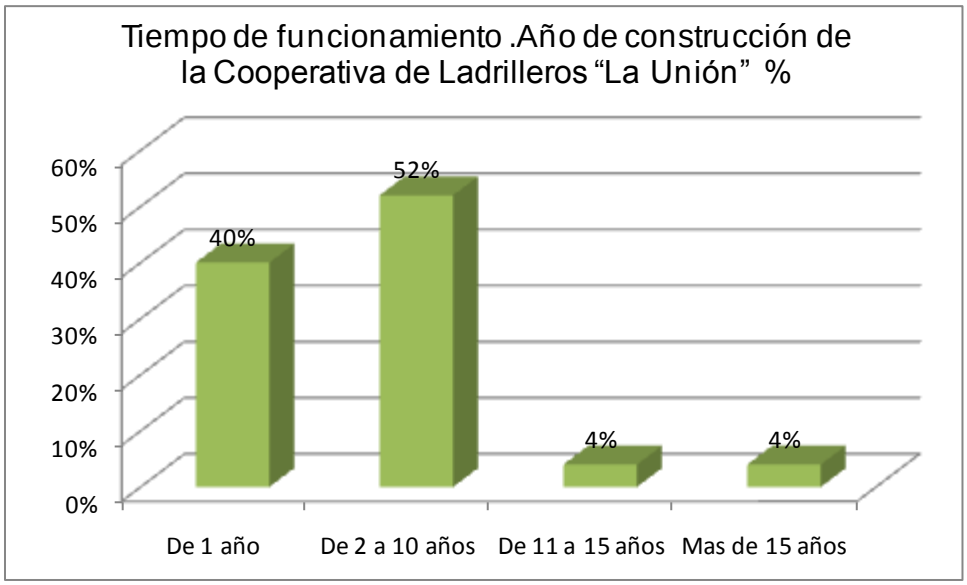

Elaboración propia en base a datos de campo 2016.

Los hornos del sector ladrillero de Champa Rancho, son iguales, es decir son del tipo volcán de tiro abierto y la producción es por lotes, la única variación que existe es en las medidas de los mismos, no existen innovaciones o mejoras de tipo técnico, es así que en promedio se tiene que el primer horno de producción tiene casi 166 m3, el segundo horno ronda los 142 m3 y el último cuenta con 150 m3 de capacidad.

### 3.2.1.2. Tiempo de funcionamiento de la unidad productiva

La gráfica Nº 2, expresa el tiempo de funcionamiento de la unidad productiva. Año de construcción; donde los parámetros considerados fueron cuatro: de 1 año 40% de total, de 2 a 10 años el 52% de 11 a 15 años el 4% y más de 15 años similar porcentaje.

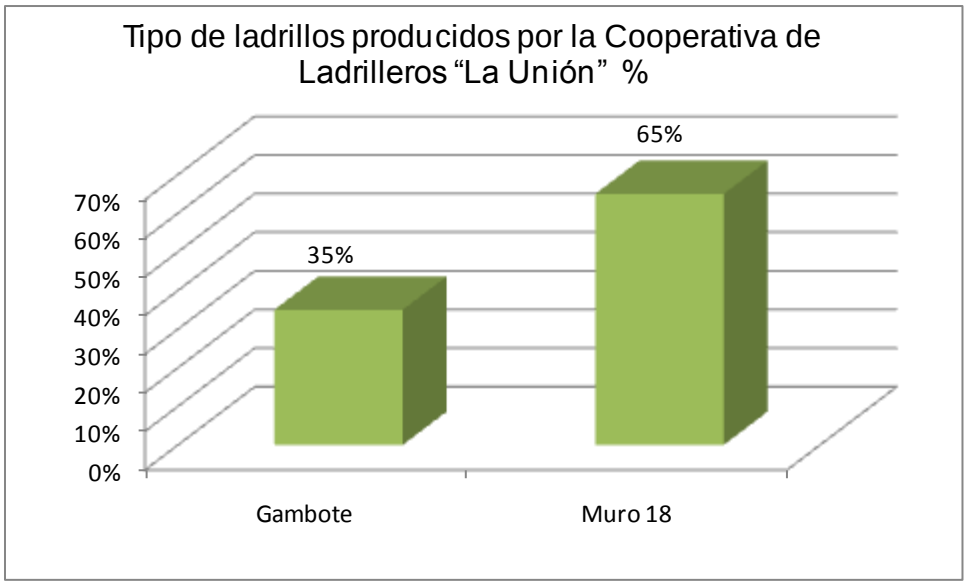
**Gráfica Nº 2 Tiempo de funcionamiento de los hornos ladrilleros**




Elaboración propia en base a datos de campo 2016.

### 3.2.1.3. Tipos de ladrillos producidos en Sacaba.

**Gráfica Nº 3Tipo de ladrillo producidos por los ladrilleros**




Elaboración propia en base a datos de campo 2016.

En general, la producción de material cerámico es solamente de dos tipos de ladrillos macizos, el gambote y el muro 18, de éstos el de mayor producción es el último; el grado

de mecanización es nulo, es así que estos ladrillos son preparados de la misma forma y lo único que varía son las dimensiones de los moldes.

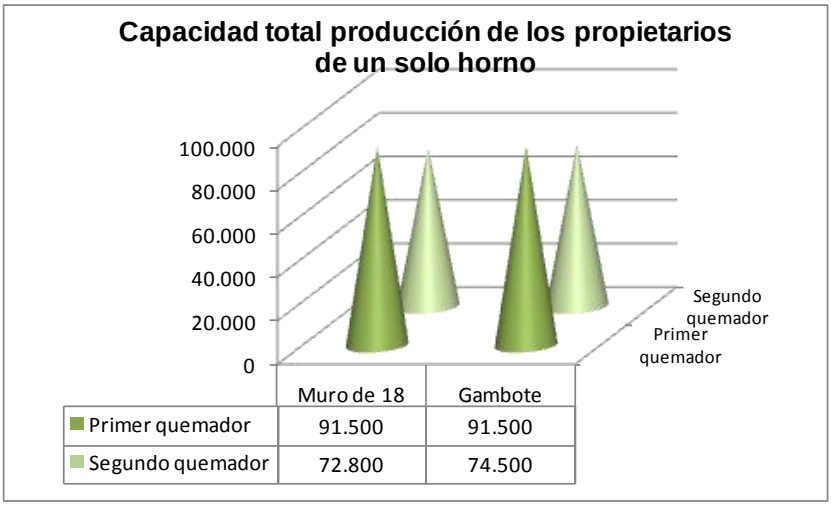
La gráfica Nº 3 muestra que la mayoría de los ladrilleros produce ladrillo tipo muro 18, esto debido a que el mismo es de mayor aceptación en el mercado, pero en muchas unidades productivas se hacen los dos tipos de ladrillos y hasta existen algunos que producen netamente gambote. Se revela que el 65% está especializado en elaborar exclusivamente el muro 18, en comparación a un 30% de los productores que solo hacen ladrillos del tipo gambote. Claro está que dentro de las unidades productivas que fabrican ambos tipos de cerámicas, solamente que lo realizan con menor predominancia.

### 3.2.1.4. Capacidad de hornos por unidad productiva

La capacidad de los hornos productores de ladrillos de la Cooperativa “La Unión” de Champa Rancho, tiene un gran rango de variación, es así que mostramos los valores máximos, mínimos y valores promedio de éstos, según el número de quemadores que dispongan además de una diferenciación según la cantidad de hornos que cada productor posee, en este caso el trabajo de campo tomo atención especialmente con productores de 1 y 2 hornos.

Para el caso de los productores que tienen un horno se tiene los siguientes resultados:

**Gráfica Nº 4 Capacidad total de producción 1 horno**



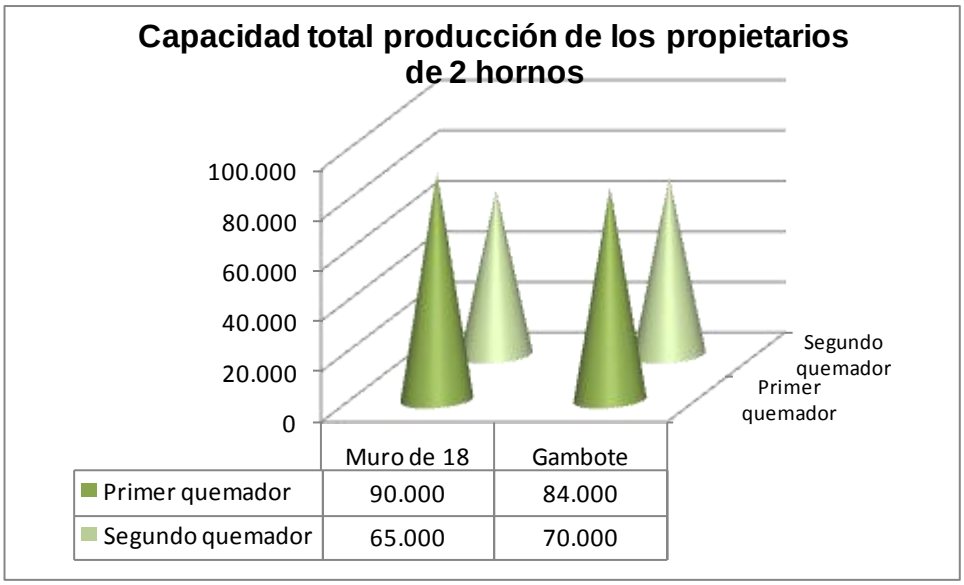

Elaboración propia en base a datos de campo 2016.

La grafica Nº 4 evidencia la producción de los propietarios de un horno reportado por la mayoría de las unidades productivas es usado para la quema de los dos tipos de productos elaborados en el sector, éstos pueden ser sometidos a la cocción de forma simultánea o un producto a la vez, muestra que los hornos que producen exclusivamente muro 18, tienen una capacidad máxima y mínima de 91.500 y 72800 respectivamente, asimismo en promedio producen 82.150.

En el caso de las ladrilleras que producen exclusivamente gambote los valores son de 91.500 mil piezas como máximo valor y 74.500 como mínimo, su valor promedio ronda los 83.000; las unidades productivas que queman ambas piezas cerámicas en simultáneo tienen una menor capacidad de almacenaje en sus hornos, éste valor varía entre las setenta y ochenta mil piezas, siendo menor que sus pares.

Para el caso de los productores que tienen 2 hornos se tiene los siguientes resultados:

**Gráfica Nº 5 Capacidad total de producción 2 hornos**




Elaboración propia en base a datos de campo 2016.

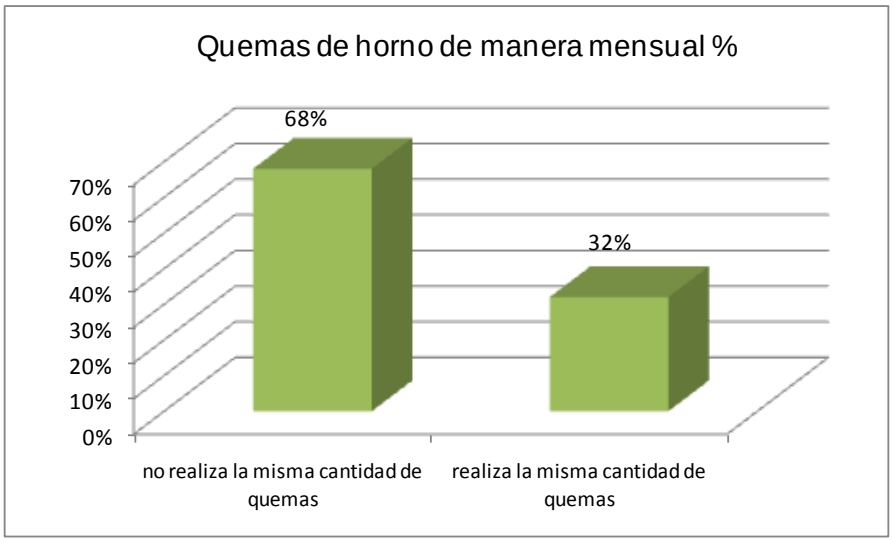
La grafica Nº 5 Para el segundo horno reportado se observa una menor capacidad en el caso del muro 18 teniendo un rango más amplio que va desde los 65.000 hasta las 90.000 piezas, su valor promedio es de 77.500 piezas, el rango decrece para el gambote y se tiene 84000 piezas, con un valor promedio de 77000 piezas.

### 3.2.2. Características de la unidad productiva y producción de ladrillo

#### 3.2.2.1. Quemas de horno de manera mensual

Respecto a este parámetro, la gráfica Nº 6 denota que la mayoría de los productores no realizan quemas en la misma cantidad, este efecto es atribuible a los cambios estacionales y la demanda de materiales de construcción, se tiene un 68% frente al 32% de aquellos que afirman que tienen una quema regular por mes.

**Gráfica Nº 6 Quemas de hornos de manera mensual**



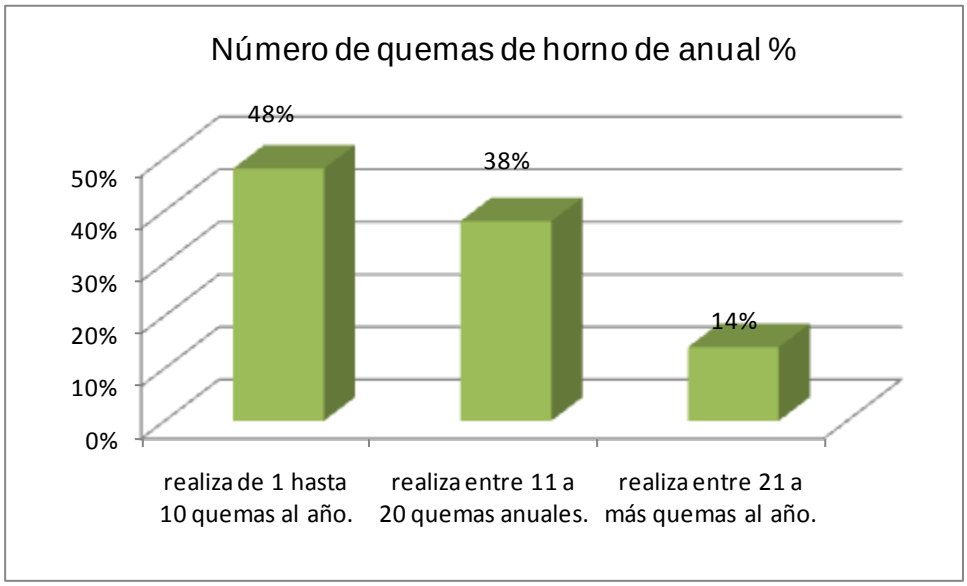

Elaboración propia en base a datos de campo 2016.

#### 3.2.2.2. Cantidad de quemas de horno anual

Respecto al número de quemas mensuales se observó que la mayoría de los productores no llega a hacer una quema cada mes, es por esto que este parámetro fue calculado de forma anual, es así que se observa en la gráfica Nº 7 que el 48% de los ladrilleros realiza entre 1 a 10 quemas en este periodo de tiempo, el 38% llega a quemar entre 11 a 20 veces y el 1,14% hace más de 21 quemas anuales.

La cantidad de quemas depende de varios factores, uno de ellos radica en la preparación de los ladrillos crudos, ya que la informalidad a la que se sujetan los obreros y el patrón hace que falte mano de obra para la preparación de los mismos, asimismo para el carguío del material; otro hecho es el tiempo de cocción y el posterior enfriado de los hornos.

**Gráfica Nº 7 Número de quemas de horno anual**

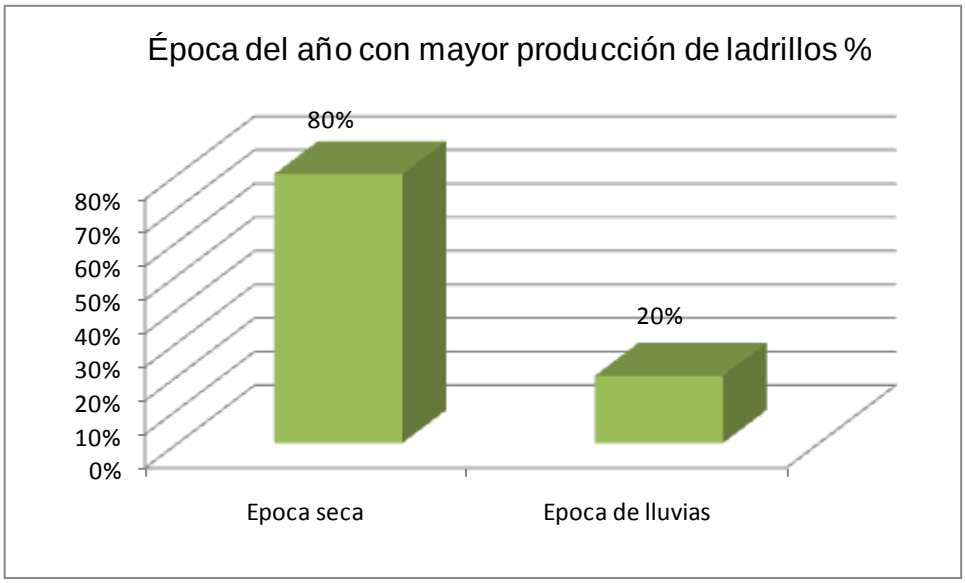



Elaboración propia en base a datos de campo 2016.

### 3.2.2.3. Estacionalidad de la producción de ladrillos

La temporada alta de producción está asociada a la época de sequía, según el 80% de los entrevistados esta tiene un periodo de 8 meses grafica Nº 8, que comprende los meses de abril a noviembre, seguido del 20% que afirma que esta etapa es de 7 meses, a pesar de que las unidades productivas tienen una mayor elaboración del material cerámico en este periodo de tiempo, los precios son menores para el comprador, justamente porque el producto está en demasía en el mercado.

**Gráfica Nº 8 Épocas de producción de ladrillo**




Elaboración propia en base a datos de campo 2016.

### 3.2.2.4. Porcentaje de quemas mensuales realiza en temporada de producción alta y baja

**Tabla Nº 2 Porcentaje de quemas según temporada de los productores de ladrillos**

| Rango | Temporada alta | | Temporada baja | |
|---|---|---|---|---|
| | Frecuencia de quemas | % acumulado | Frecuencia de quemas | % acumulado |
| **0 a 1** | 73 | 93,59% | 78 | 100,00% |
| **1 a 2** | 4 | 98.72% | | |
| **2 a 4** | 1 | 100.00% | | |
| **Total** | 78 | | | |
| **Promedio** | 0.92 quemas | | 0.52 quemas | |
| **Máximo** | 3 quemas | | 1 quema | |
| **Mínimo** | 0.3 quemas | | 0 quemas | |

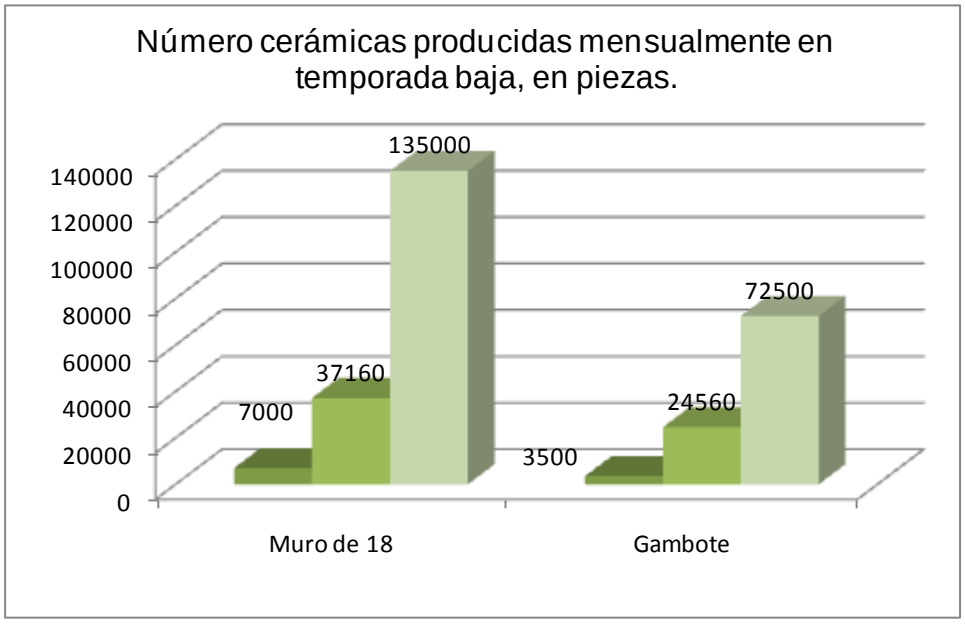
Elaboración propia en base a datos de campo 2016.

Respecto a la cantidad de quemas realizadas por mes según la temporada alta o baja, se observa que el 93,6% de los ladrilleros realiza al menos una quema y en temporadas bajas prácticamente se mantiene el ritmo de trabajo, ya que todos los productores elaboran ladrillos. Asimismo, el promedio de quema en temporada alta por mes es de 0,92 quemas mes y en temporada baja es 0.52

### 3.2.2.5. Cantidad de piezas cerámicas producidas mensualmente en temporada baja

La temporada baja denota un comportamiento para el muro 18 que va desde los 7 millares a 135 millares de piezas, como valores mínimos y máximos respectivamente, y un valor medio de 37 millares, es decir un 33,91% (Ver tabla Nº3) menos de producción que en épocas altas; el efecto es similar para el caso del gambote, el cual presenta como valor máximo 72 millares y el mínimo de 3.5 millares, una media de 24.5 millares de piezas y una reducción de un 41,35%(Ver tabla Nº 3) frente a las temporadas de alta producción, este efecto es apreciado en la gráfica Nº 9,

**Gráfica Nº 9 Producción semanal de cerámicas**



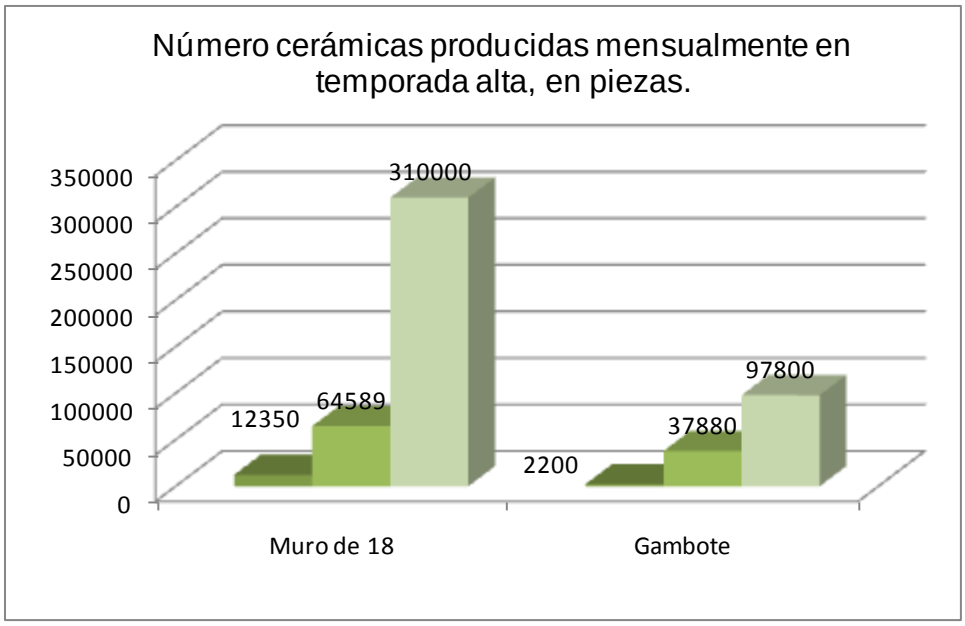

Elaboración propia en base a datos de campo 2016.

### 3.2.2.6. Cantidad de piezas cerámicas producidas mensualmente en temporada alta

No cabe duda que la tendencia a la poca diversificación de productos por parte de la Cooperativa “La Unión” es un aspecto que mantiene una tendencia en el tiempo, ya que solo se producen dos tipos de ladrillos, en tal entendido, se observa que cada mes el mayor productor de ladrillos del tipo muro 18 elabora hasta 310 millares piezas y como mínimo se hacen hasta 12,3 millares, en promedio se tiene 64 millares de piezas (gráfica

Nª 10,). Para el caso del gambote, se llegan a procesar entre 2,2 millares y 97,8 millares de piezas, teniendo un valor promedio de aproximadamente 37,8 millares de ladrillos.

**Gráfica Nº 10 Quemas de hornos de manera mensual**




Elaboración propia en base a datos de campo 2016.

**Tabla Nº 3 tipos de ladrillos**

| Tipo de ladrillo | Temporada | | % reducción |
|---|---|---|---|
| | Alta | Baja | |
| Muro de 18 | 37160 | 24560 | 33,91% |
| Gambote | 64589 | 37880 | 41,35% |

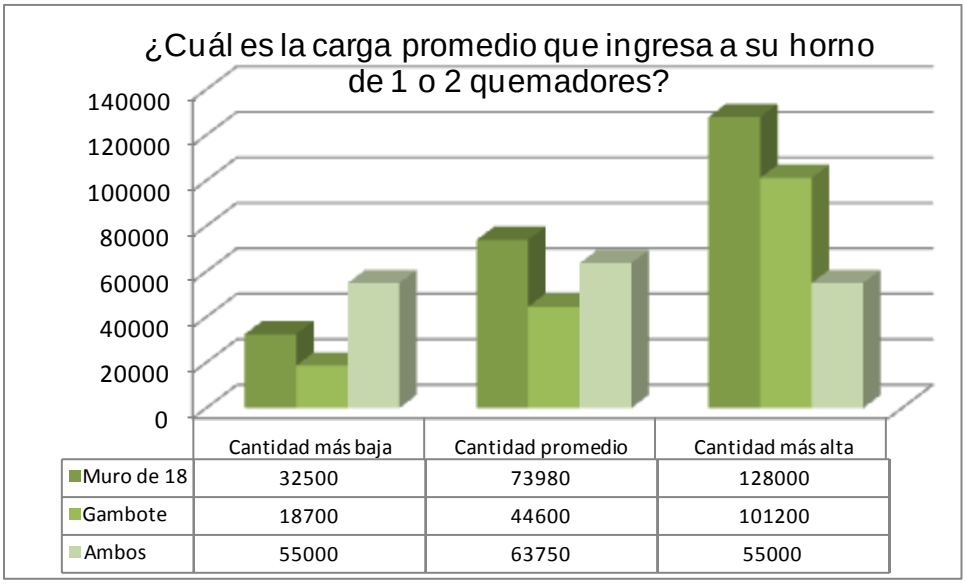
Elaboración propia en base a datos de campo 2016.

El peso y las medidas de los ladrillos es un factor variable y poco controlable por parte de los productores, en el primer caso los moldes de madera usados son fabricados de acuerdo al criterio de cada uno, sin la estandarización necesaria, además del hecho de que la mezcla de arcilla no es la adecuada.

En promedio se tiene que el gambote con un peso de 1,76 kg posee unas medidas de 22,7cmx 10,7cm x 5,4 cm, y el muro 18 tiene 17,7 cm x 12,1 x 5,8 y tienen un peso de 1,83.

### 3.2.2.7. Carga promedio de ingreso a hornos de 1 y 2 quemadores

**Gráfica Nº 11 Carga promedio de ingreso a hornos**

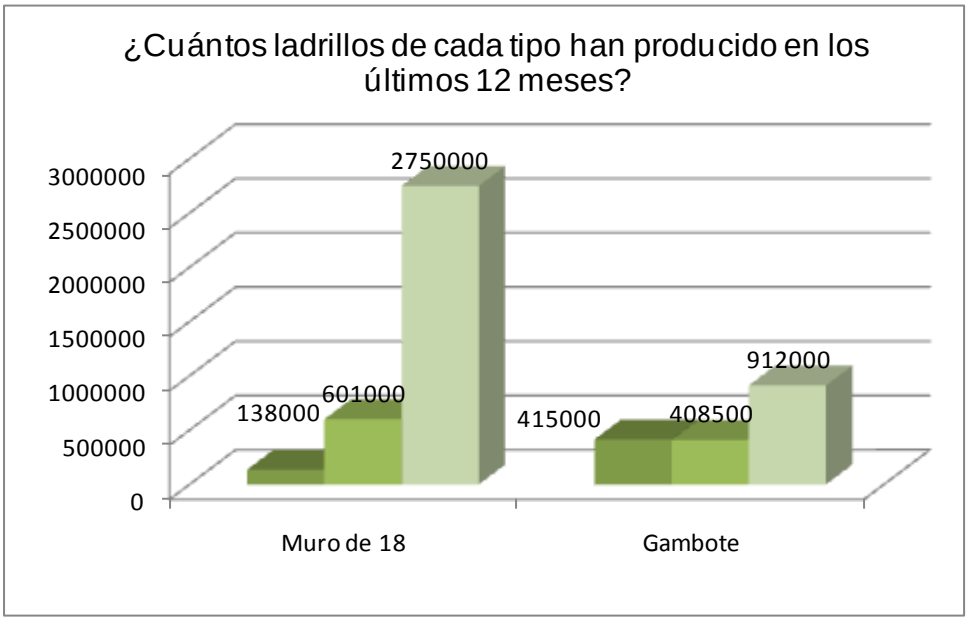



Elaboración propia en base a datos de campo 2016.

Como muestra gráfica N° 11 Aquellos productores dedicados a elaborar muro 18, tienen mayores producciones frente a aquellos que mezclan las quemas con los ambos materiales cerámicos, y estos a la vez presentan valores medios mayores frente a aquellos que solo producen gambote, teniendo 74 millares, 64 millares y 44 millares de muro 18, ambos y gambote respectivamente.

### 3.2.2.8. Producción anual de ladrillo según tipo

**Gráfica Nº 12 Cantidad de ladrillos producidos en un año**




Elaboración propia en base a datos de campo 2016.

Con relación a este punto, gráfica Nº 12, muestra que cada unidad productiva produce como promedio 601 millares del ladrillo de muero 18 y 408.5 millares del ladrillo gambote, cabe considerar que en promedio se tienen entre diez a 15 quemas anuales.

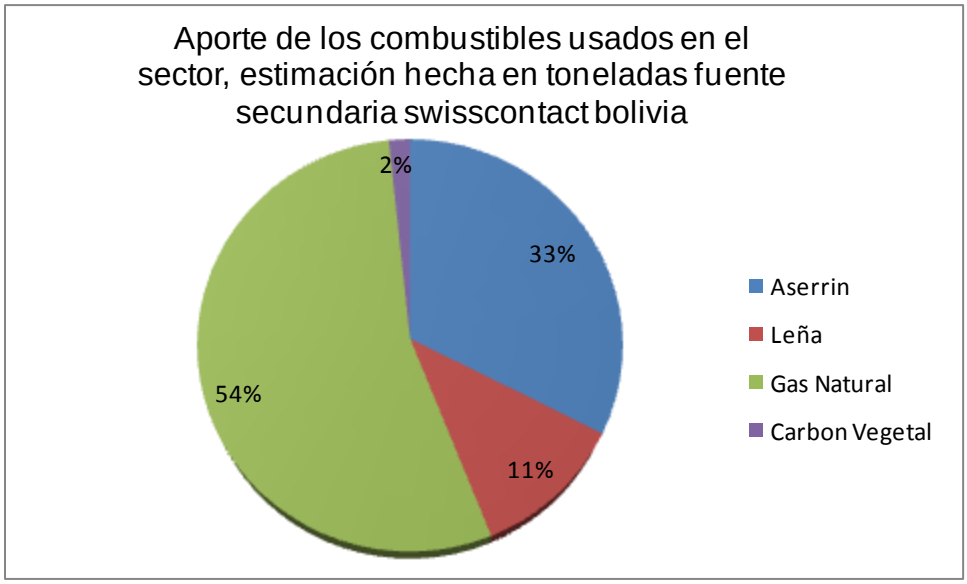
### 3.2.3. Combustibles y materias primas utilizadas en la producción de ladrillo

Hace más de 14 años productores ladrilleros Sacaba-Cochabamba cuentan con conexiones de gas natural, en tal entendido, la totalidad de los ladrilleros indica que todo el proceso de cocción del material cerámico es con gas natural, y es un fiel reflejo de lo que declaran, pero el panorama real es distinto, ya que se emplean el carbón vegetal y leña, además del aserrín que se encuentra dentro del mismo ladrillo crudo, pero estos otros factores no fueron reportados por los entrevistados en las encuestas.

Es por ello, que para tener una perspectiva más real se hizo una estimación de éstos, la gráfica Nº 13 nos muestra el aporte de cada uno de ellos en toneladas, cabe señalar que el aporte calórico es distinto, es así que observamos que el uso mayoritario es del

gas natural con un 54,4%, el aserrín se encuentra en segundo lugar con el 32,5%, ya que los ladrillos gambote y muro 18 tienen dentro de sí éste combustible que aporta en la quema de los mismos, la leña está en un 11,4%y el aporte del carbón vegetal alcanza el 1,6%.

**Gráfica Nº 13 Aporte de combustible a las emisiones de contaminaciones**




Elaboración propia en base a datos de campo 2016.

**Tabla Nº 4 volumen de gas empleado en los proceso de producción según temporada**

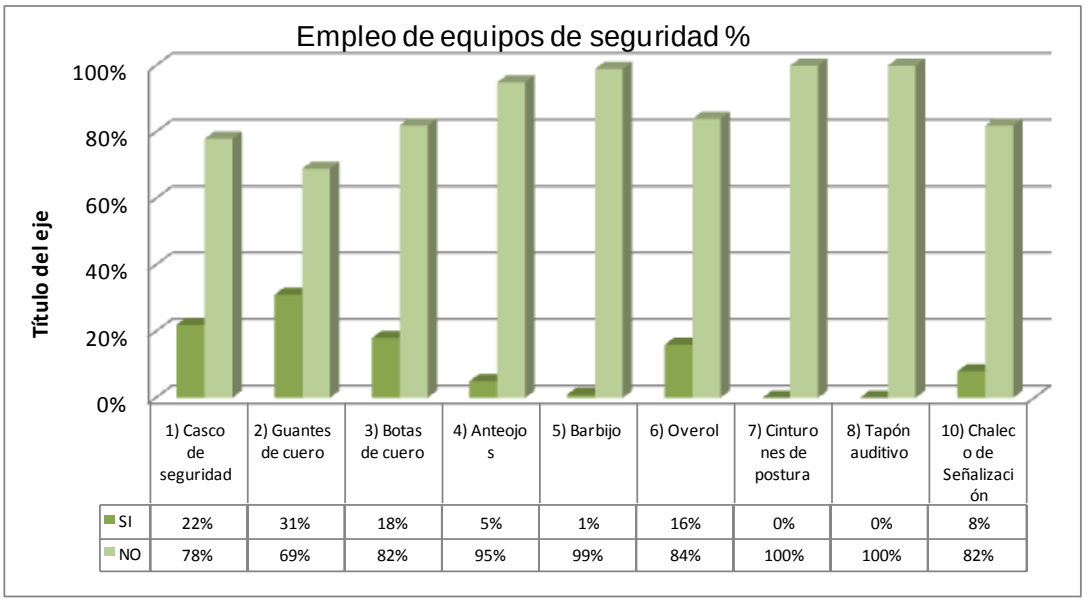
| Número | Volumen de Gas (MPC) | ¿Qué cantidad de combustibles utiliza por cada quema? | | En la temporada de producción alta: ¿Qué cantidad de combustibles utiliza por cada quema? | | En la temporada de producción baja: ¿Qué cantidad de combustibles utiliza por cada quema? | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Quema Típica | | | | | |
| | | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 1 | Máximo | 665,00 | 349,41 | 1.350,00 | 1.100,00 | 1.450,00 | 1.200,00 |
| 2 | Mínimo | 183,02 | 199,66 | 108,15 | 108,15 | 141,43 | 183,02 |
| 3 | Promedio | 269,51 | 235,71 | 392,58 | 446,36 | 450,65 | 512,38 |

Elaboración propia en base a datos de campo 2016.

El volumen empleado en distintos casos como ser una quema regular, en temporada de alta y baja producción queda reflejado en la tabla Nº 4 resume el comportamiento, de una quema regular se tiene 269,5 y 235,7 (Millar de Pies Cúbicos) MPC, para una época alta 392,6 y 446,4 MPC y para una etapa de baja producción 450,6 y 512,4 MPC, claramente se nota que la temporada de lluvia afecta e incrementa los volúmenes de gas natural empleado en cada quema.

### 3.2.4. Empleo de equipos de seguridad en la producción de ladrillos

**Gráfica Nº 14 Empleo de equipos de seguridad**




| | 1) Casco de seguridad | 2) Guantes de cuero | 3) Botas de cuero | 4) Anteojos | 5) Barbijo | 6) Overol | 7) Cinturones de postura | 8) Tapón auditivo | 10) Chaleco de Señalización |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SI | 22% | 31% | 18% | 5% | 1% | 16% | 0% | 0% | 8% |
| NO | 78% | 69% | 82% | 95% | 99% | 84% | 100% | 100% | 82% |

Elaboración propia en base a datos de campo 2016.

Como se puede observar en la gráfica Nº 14, los implementos de seguridad son muy carentes en las ladrilleras, es decir; los productores valoran poco el tema de salud ocupacional apenas 22% usan casco de seguridad, 31% guantes de cuero, 18% botas de cuero, 5% anteojos, 1% barbijo, 16% overol, 10% chaleco de Señalización, cuando se consulta en relación a cinturones de postura y tapón auditivo el tema es totalmente ausente.

### 3.2.5. Costos indirectos de producción

La totalidad de los jefes de la unidad productiva solo lleva las cuentas de forma personal en un cuaderno de anotaciones, donde se toman en cuenta la panilla de pagos a los

trabajadores, los costos de la materia prima y las ventas realizadas después de cada quema. Ninguno de ellos cuenta con el número de identificación tributaria NIT, ya que nadie está inscrito en el Sistema de Impuestos Nacionales.

Por tal razón y considerando que existe mucha susceptibilidad en los productores de ladrillo no se pudo tener los datos de: sueldos o salarios, agua, luz, gas, transporte, permiso o licencia.

Finalmente indicar que la actividad de los productores ladrilleros Sacaba-Cochabamba es de tradición familiar, y muchos afirman que sus abuelos ya eran productores, es por ello que los socios con menor permanencia son pocos comparativamente con aquellos que ya llevan bastantes años, es así que la antigüedad de todos ellos osilla entre los 2 hasta 50 años.

## 3.3. ANÁLISIS ECONÓMICO

### 3.3.1. Cadena productiva del Ladrillo

La zona ladrillera de Champa Rancho (colindante con el aeropuerto Internacional de Cochabamba), históricamente ha sido destinada a la producción de ladrillo. En las décadas anteriores al año 1952 se produjeron dos cambios fundamentales: la especialización de los productores de ladrillo, que les permitió acceder a concesiones de porciones de tierra en arriendo y la importación de teja colonial, que provocó que el sector deje de producir tejas y se enfocara en la producción de ladrillo

Junto con el proceso de urbanización y el desgaste del suelo de las zonas originales de producción, los ladrilleros vieron en Champa Rancho una alternativa para continuar con su actividad. Este movimiento de población hizo incrementar el precio de terreno, mejorando la venta e inversión.

La presencia de pequeñas unidades productoras de ladrillo en la zona de Champa Rancho constituye un problema socio-ambiental que ha sido priorizado en la planificación urbana de la ciudad. La ubicación de este sector productor de ladrillo cercano a una zona de extensión urbana, ha provocado descontento por la contaminación atmosférica y la

necesidad de mayores espacios urbanizables. Adicionalmente, el sector está localizado en una zona de alto riesgo por su cercanía al aeropuerto.

Éstas unidades productivas en la zona han venido representando una actividad económica importante, generando dos realidades a través del tiempo: (1) Un sector productivo generador de empleo, dinámico y con perspectivas de crecimiento. (2) Un sector contaminante que atenta contra el medio ambiente, la salud de la población y deterioro del suelo.

La base productiva se caracteriza por el uso de combustibles como leña o gas natural u otra clase que garantice en calor suficiente para una cocción eficiente. Sin embargo, el uso irracional de estos otros combustibles provoca daños a la salud y al medio ambiente de la zona.

La calidad del ladrillo es diversa y la razón principal para esta diversidad radica en la variedad cualitativa de la arcilla utilizada, los diferentes aditivos (como son el aserrín y la viruta de cuero), la proporción de uso distinta de las materias primas en el proceso de mezclado y el proceso de cocción en el horno. La confección del ladrillo cocido, consiste principalmente de los procesos de mezclado de las materias primas (constituir la pasta con la cual se formará el ladrillo por moldeo), secado de forma natural (al sol), el cargado y apilado de los ladrillos relativamente secos y disposición del horno para su cocción.

En el proceso de producción del ladrillo es necesario: la materia prima, el horno y los quemadores:

- ✓ **Materia Prima:** La arcilla con la que se elaboran los ladrillos es un material sedimentario de partículas muy pequeñas, tiene propiedades plásticas, lo que significa que al humedecerla puede ser modelada fácilmente. Se considera el adobe como el precursor del ladrillo, puesto que se basa en el concepto de utilización de barro arcilloso para la ejecución de muros, aunque el adobe no experimenta los cambios físico-químicos de la cocción. El ladrillo es la versión irreversible del adobe.

- ✓ **Hornos:** Los hornos utilizados están constituidos con diferentes capacidades y dimensiones. Los hornos de mayor volumen están alrededor de 232 m3 (medidas de 9,7m x 7,7m x 3,1m de largo ancho y alto), cuya capacidad aproximada es de 135 mil piezas. Otro tipo de horno tiene una capacidad de 50 mil piezas (de dimensiones de 6,0m x 5,0m x 3,0 m). Observando el valor mediano, 132m3, la mitad de los productores tienen hornos con dimensiones menores a este valor y el restante posee hornos con dimensiones mayores a este valor.

- ✓ **Quemado:** El sistema de quemado empleado no sufrió muchas modificaciones, pero si en el tipo de combustible que se emplea, los niveles de contaminación respecto al CO2 son elevados. Las quemas realizadas cada año tienen un rango de variación y el producto mayormente producido es el ladrillo muro 18 con rango de producción por productor comprendido entre 220 - 4.410 toneladas

**Tabla N° 5 Datos generales de los productores de ladrillo**

| | **Respuesta** | **Porcentaje** |
|---|---|---|
| **Cuaderno de anotaciones de Transacciones** | Se lleva | 100 |
| | No sabe/No responde | 0 |
| | Total | 100 |
| **Registro en Impuestos NIT** | Si | 0 |
| | No | 100 |
| | Total | 100 |
| **Principales compradores de Ladrillos de Champa Rancho** | Empresa Constructora | 19,29 |
| | Ferretería | 9,57 |
| | Público en General y otros | 71,14 |
| | Total | 100 |
| **Precio de venta por millar de ladrilleros (Bs.)** | | |
| **Tipo de ladrillo** | Gambote | 514,35 |
| | Muro 18 | 455,59 |
| **Destino de producción de ladrillos (%)** | | |
| **Destino de ladrillo** | Local | 73,11 |
| | Nacional | 22,22 |
| | Internacional | 4,67 |

Elaboración en base a datos recopilados por el Proyecto EELA 2012

En base a la información primaria recolectada en Swisscontact, del total de productores de ladrillos (en la ciudad de Cochabamba) el 100% tiene agendas personales contables de transacción, y respecto al NIT, el 100% no dispone de este requisito. Por otro lado,

los principales demandantes de ladrillos de la zona de Champa Rancho son el Público en General y otros (este dato en su mayoría engloba a los intermediarios y ventas directas que puede realizar el productor) y las Empresas Constructoras (71,14% y 19,29% respectivamente). Cabe mencionar el 73% de las ventas se realiza a nivel local.

Por otra parte, los ladrillos gambote y muro 18, tienen un precio de 514,35 Bs. y 455,59 Bs. respectivamente, este dato verificado en el año 2016 no ha variado en el mercado, ésta estimación fue hecha basada en la información obtenida en oficinas de Swisscontact 2016

El porcentaje de ingresos de los productores, según el taller de costos hecho por la Swisscontact, muestra que la utilidad percibida por mil ladrillos producidos es aproximadamente Bs. 102,4010. El costo de producción de los ladrillos gambote y muro18 son en promedio Bs. 317,6, el precio de venta de Bs. 420, siendo así, que el porcentaje de ingresos ronda los 24,3% el cual no tuvo variaciones significativas a la presente fecha.

**Tabla Nº 6 Volúmenes y superficies de producción de ladrillo**

| **Encuesta** | **Factores de contexto y Co-indicadores** | **Estimación** | | |
|---|---|---|---|---|
| **Productos** | Cantidad de los diferentes tipos de cerámica producidos en comparación con la producción total (unidades) | **Producción Total** | **Tipo Gambote** | **Tipo Muro18** |
| | | 142.302.588 | 53.545.455 | 88.757.133 |
| | | 100,00% | 37,60% | 62,40% |
| **Área útil** | Área útil de los diferentes tipos de cerámica producidos en comparación con el área total en metros cuadrados | **Producción Total** | **Tipo Gambote** | **Tipo Muro18** |
| | | 1.578.143 | 660.579 | 917.564 |
| | | 100,00% | 41,90% | 58,10% |

Fuente: Swisscontact - Diagnóstico Inicial (2012)

Según la tabla Nº 6, en el 2012 la zona de Champa Racho producía ladrillo tipo Gambote (37,6%) y Muro18 (62,4%) con dimensiones 23X10,7X5,5 y 23X11X6 respectivamente.

## 3.4. TECNOLOGÍAS Y PRÁCTICAS INEFICIENTES EN LA PRODUCCIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES

### 3.4.1. Aprovisionamiento de la arcilla

En estudios realizados por Swisscontact en el año 2012 se identificaron varias zonas de extracción de arcilla, entre ellas se encuentran:

- ✓ San Benito
- ✓ Esquilan - Colcapirhua
- ✓ SipeSipe
- ✓ Sacaba
- ✓ Santivañez
- ✓ El calvario – Quillacollo

La planta ladrillera es programada para principios de año y los costos que se incurren son los siguientes. Para el transporte de la arcilla del banco de áridosa la planta productiva es necesario contar con un camión mínimamente de 10 m3 de carga.Para el cálculo del combustible como consecuencia del transporte de la materia prima se tomó de dato un camión de 12 m3 de carga. (Swisscontact 2016)

La distancia es de 14.10 km y el tiempo necesario para el recorrido es de 23min. Ilustración 14: Ruta realizada para el aprovisionamiento de materia prima (Esquilan - Champa Rancho). Como podemos observar en la siguiente tabla, el costo de combustible por viaje es de aproximadamente de 92,70 Bs.

**Tabla Nº 7 Descripción de recursos utilizados para la provisión de arcilla**

| COMBUSTIBLE | CONSUMO UNITARIO | CANT. REQ. | PU | TOTAL (Bs) |
|---|---|---|---|---|
| **Diésel viaje** | 65 L / hora | 0,38 horas | 3,72 Bs/L | 92,7 |

Elaboración en base a datos recopilados por el Proyecto EELA 2012

### 3.4.2. Costos de extracción de arcilla

En la siguiente tabla se muestra los gastos incurridos para la provisión de arcilla teniendo un terreno propio como es el caso de una ladrillera modelo.

**Tabla Nº 8 Gastos incurridos para la provisión de arcilla para la producción de ladrillo**

| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | UNIDAD | COSTO UNITARIO (Bs /unidad) | TOTAL COSTO (Bs) |
|---|---|---|---|---|
| **Combustible de camión** | 20 | VIAJES | 93 | 1,860 |
| **Retroexcavadora** | 12 | HORAS | 250 | 3.000 |
| **TOTAL COSTO DE ABASTECIMIENTO DE MATERIA PRIMA PARA 1 QUEMA** | | | | 4,860 |

Elaboración en base a datos recopilados por el Proyecto EELA 2012

A continuación, presentamos la comparación de costos de aprovisionamiento entre la compra directa y abastecimiento a través de la posesión de un terreno en Sacaba para la provisión de arcilla:

**Tabla Nº 9 Comparación de la extracción y compra de materia prima para el abastecimiento de 1 quema**

| CARACTERÍSTICA DE APROVISIONAMIENTO | CANTIDAD | UNIDAD | COSTO UNITARIO (Bs /unidad) | TOTAL COSTO(Bs) |
|---|---|---|---|---|
| **Compra directa** | 100[1] | CUBOS | 50,00 | 5.000 |
| **Extracción de terreno** | 100[2] | CUBOS | 48,60 | 4,860 |

1Cantidad aprovisionamiento necesaria para 1 quema de 100.000 ladrillos
2Cantidad aprovisionamiento necesaria para 1 quema de 100.000 ladrillos

Elaboración en base a datos recopilados por el Proyecto EELA 2012

### 3.4.3. Materia prima e insumos

La materia prima e insumos para la elaboración de ladrillo es arcilla, aserrín y agua, las proporciones a utilizar por ladrillo producido se describen en la siguiente tabla:

**Tabla Nº 10 Detalle la materia prima e insumos utilizados para la preparación del ladrillo**

| MATERIA PRIMA E INSUMOS | CANTIDAD | UNIDAD |
|---|---|---|
| **Arcilla** | 2,1 | Kg/ ladrillo |
| **Aserrín** | 0,04 | Kg/ ladrillo |
| **Agua** | 0,9 | L/ ladrillo |

Elaboración en base a datos recopilados por el Proyecto EELA 2012

### 3.4.4. Mano de obra

Para el proceso de elaboración de ladrillo artesanal es necesario contar mínimamente con 2 operarios fijos para el proceso de mezclado, cortado y secado, cada uno realiza aproximadamente 2.000 ladrillos al día, la tarifa del costo de mano de obra para estas operaciones por operario son 100 Bs/1.000 ladrillos

Para el cargado al horno requieren 5 operarios eventuales que realizan sus funciones durante 2 días, éstos son pagados a destajo, aproximadamente 35 Bs/1.000 ladrillos.

Para la operación de cocción a leña se requiere de 2 operarios eventuales, éstos realizan sus funciones durante el tiempo que dure la quema (4 días aproximadamente), el costo de mano de obra asciende a 200 Bs/día por operario.

Al igual que el cargado, y según datos Swisscontact el descargue de los ladrillos ya quemados se realizan en un tiempo de 2 días, sin embargo, mucho lo realizan conforme a la venta.

En la siguiente tabla Nº 11 se muestra un resumen de los costos que conlleva la mano de obra requerida para 1 quema de 85.000 ladrillos en un horno a leña.

**Tabla Nº 11 Determinación de la mano de obra requerida para el proceso de producción con horno a leña**

| No | OPERACIÓN | MANO DE OBRA (cantidad) | PRODUCCIÓN (ladrillos/mes) | JORNALES TRABAJADOS (días) | PU | UNIDAD | TOTAL COSTOS (Bs/mes) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Mezclado y cortado | 2 | 88.000 | 22 | 0,1 | Bs/ lad | 8,800 |
| **2** | Secado | 0 | 88,000[1] | 4 | | | |
| **3** | Cargado | 5 | 85,000[2] | 3 | 0,03 | Bs/ lad | 2,975 |
| **4** | Cocción | 2 | 85.000 | 4 | 200 | Bs/día | 800 |
| **5** | Descargado | 5 | 85.000 | 3 | 0,03 | Bs/ lad | 2,975 |
| | | | | | | **TOTAL** | 15,550 |

1 Producción mensual que realizan dos operarios, si cumplen con la elaboración de 2000 ladrillos/día
2 Debido a la capacidad de horno a leña, sólo se llegan a cargar promedio 85.000 ladrillos al mes

Elaboración en base al estudio de GISE para el Proyecto EELA 2012

### 3.4.5. Activos fijos

A continuación, se detalla los activos fijos que presenta una planta ladrillera artesanal con un horno a leña:

**Tabla Nº 12 Activos Fijos de una planta ladrillera artesanal con un horno a leña**

| CANTIDAD | DESCRIPCIÓN | COSTO UNITARIO | TOTAL |
|---|---|---|---|
| 3 | Palas | 35,00 | 105,00 |
| 3 | Picotas | 45,00 | 135,00 |
| 2 | Carretillas | 300,00 | 600,00 |
| 3 | Hacha | 40,00 | 120,00 |
| 3 | Baldes | 15,00 | 45,00 |
| 2 | Molde | 30,00 | 60,00 |
| 2 | Mesa | 100,00 | 200,00 |
| 1 | Camión | 210.000,00 | 210.000,00 |
| 2 | Turriles | 100,00 | 200,00 |
| 1 | Horno | 8.500,00 | 8.500,00 |
| 1 | Terreno | 14.000,00 | 14.000,00 |
| 1 | Escalera | 150 | 150 |
| 2 | Par de guantes | 10 | 20 |
| 3 | Azadones | 55 | 165 |
| 1 | Manguera | 200 | 200 |
| **TOTAL Bs** | | | 234.500,00 |

Fuente Proyecto EELA 2012

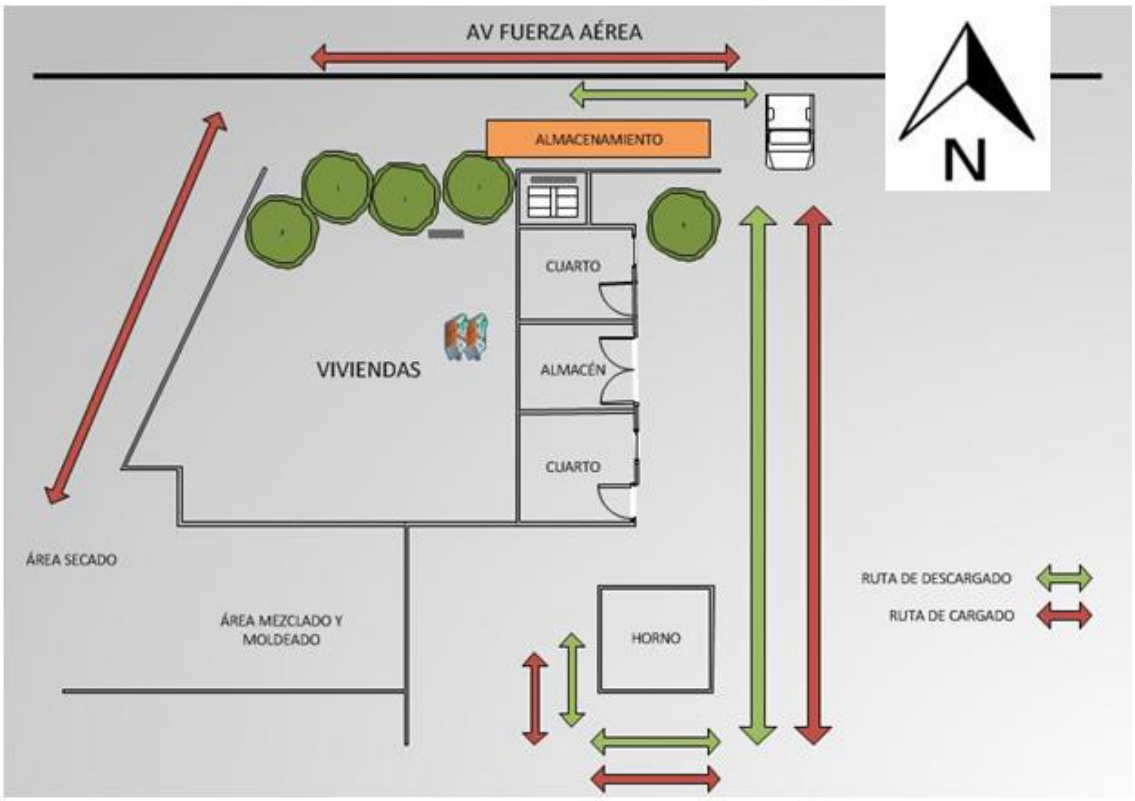
### 3.4.6. Combustible para el cargado y descargado

Un proceso debe ser definible, es decir los operadores deben realizar de manera tradicional el mismo procedimiento para una actividad en específico, lamentablemente en el estudio realizado no se pudo definir la actividad de carga y descarga de ladrillos debido a que los ladrillos que se cargan al horno vienen a ser parte de la operación de secado que lo realizan en sitios alejados al horno porque ponderan su ubicación en base a la necesidad de superficie requerida para esta operación y abastecimiento de materia prima para las operaciones que le anteceden a ésta (mezclado y moldeado). A su vez la descarga a veces se lo realiza completamente y otras esperan su venta final en el horno.

El diésel es el combustible del camión que se utiliza para el transporte del producto para el cargado y descargado debido a la larga distancia de recorrido contabilizada desde el área secado al de cocción y del área cocción al de almacenamiento (que generalmente es la parte frontal de la planta ladrillera) respectivamente.

Para el análisis del consumo de este insumo se manejó el siguiente layout de empresa modelo con el fin de definir esta actividad:

**Figura Nº 10 Layout de la planta ladrillera modelo para el análisis del cargado y descargado**




**Fuente** CPTS. Guía Técnica General de Producción Más Limpia.

En el siguiente cuadro se describe la distancia contabilizada de las actividades de carga y descarga, el número de viajes realizados que depende de la capacidad del camión:

**Tabla Nº 13 Descripción de las distancias recorridas y tiempo empleado para el cargado y descargado**

| ACTIVIDAD | DISTANCIA (km) | CAP. CAMIÓN (Lad) | No DE VIAJES | DISTANCIA TOTAL (Km) | TIEMPO (Horas) |
|---|---|---|---|---|---|
| **Cargado** | 0,145 | 2500 | 34 | 8,12 | 4,67 |
| **Descargado** | 0,065 | 2500 | 34 | 3,62 | 1,86 |

Elaboración en base al estudio de GISE para el Proyecto EELA 2012

El costo de combustible asciende a 1.578,95 Bs para el estudio, cabe resaltar que este costo varía según el layout de la planta ladrillera, la descripción de este costo total se describe en la siguiente tabla:

**Tabla Nº 14Costos de combustible incurridos para el cargado y descargado**

| ACTIVIDAD | CONSUMO UNITARIO (L/hora) | CANT. REQ. (Horas) | PU (Bs/L) | TOTAL (Bs) |
|---|---|---|---|---|
| **Cargado** | 65 | 4,67 | 3,72 | 1,129,20 |
| **Descargado** | 65 | 1,86 | 3,72 | 449,75 |

Elaboración en base al estudio de GISE para el Proyecto EELA 2012

### 3.4.7. Fraguado

El fraguado se realiza a partir de las materias primas e insumos que serán utilizados para la producción de 100.000 ladrillos en las siguientes cantidades:

**Tabla Nº 15 Cantidad de material prima e insumos planificados para la producción de 100.000 ladrillos**

| MEZCLADO | CANTIDAD | UNIDAD |
|---|---|---|
| Arcilla | 100 | Cubos |
| Aserrín | 2 | Camiones |
| Agua | 650 | Turriles |

Elaboración en base al estudio de GISE para el Proyecto EELA 2012

### 3.4.8. Mezclado

En la operación de mezclado se utilizan las siguientes cantidades de materias primas e insumos para una producción de 100.000 ladrillos (UP):

**Tabla Nº 16 Cantidad de materia prima utilizada en el proceso de mezclado**

| MEZCLADO | ENTRADA | UNIDAD | SALIDA | UNIDAD | PÉRDIDAS | % PERDIDAS | Kg/lad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Arcilla** | 233,750,00 | Kg/UP | 210,75,00 | Kg/UP | 23,375,00 | 10,00% | 2,2 |
| **Aserrín** | 3,717,90 | Kg/UP | 3,532,01 | Kg/UP | 185,9 | 5,00% | 0,04 |
| **Agua** | 103350 | L/UP | 90,100,53 | L/UP | 13,249,47 | 12,82% | 1,06 |

Elaboración en base al estudio de GISE para el Proyecto EELA 2012

Como se pudo observar en la anterior tabla, existe una pérdida del 10 % de arcilla suponemos que es debido a que muchas veces las cantidades de materia prima compradas no figuran ser las exactas, pero se paga por la misma cantidad.

A su vez existe pérdida de aserrín de un 5 % en el aire por ser un insumo de peso liviano y 12,82 % de agua debido a su uso irracional y la absorción de agua al suelo.

Los costos que se incurren en esta operación son los siguientes:

**Tabla Nº 17 Costos Incurridos en el proceso de mezclado**

| ITEMS / INSUMOS | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO (Bs) | COSTO X 100 MIL LADRILLOS (Bs) | COSTO X MIL LADRILLOS (Bs) | PU Bs /Lad |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Arcilla** | Cubos | 100 | 50 | 5,000,00 | 50 | 0,05 |
| **Aserrín** | Camión | 2 | 1400 | 2,800,00 | 28 | 0,03 |
| **Agua** | Cisternas | 5 | 120 | 600 | 6 | 0,01 |
| **Operarios** | número | 2 | | 3333,33 | 33,33 | 0,03 |

Elaboración en base al estudio de GISE para el Proyecto EELA 2012

### 3.4.9. Moldeado

Para la operación de moldeado existe una entrada adicional de agua con el fin de afinar la terminación del ladrillo, para una producción de 100.000 ladrillos se espera un comportamiento de masas como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla Nº 18 Cantidad de insumos utilizados en el proceso de moldeado**

| ITEMS//INSUMOS | ENTRADA | UNIDAD | SALIDA | Kg/ lad |
|---|---|---|---|---|
| **Agua** | 90,498,03 | L/UP | 83,258,19 | 0,83 |
| **Arcilla** | 210,375,00 | Kg/UP | 209,323,13 | 2,09 |
| **Aserrín** | 3,532,01 | Kg/UP | 3,461,36 | 0,03 |
| **Total** | 304,405,04 | Kg/UP | 296,042,68 | 2,96 |

Elaboración en base al estudio de GISE para el Proyecto EELA 2012

En esta operación se halla pérdidas de agua que son comprensibles por la metodología del procedimiento que siguen y a su vez pérdidas de pasta arcillosa que son reinsertadas al mezclado.

Los costos incurridos en esta operación se detallan a continuación:

**Tabla Nº 19 Costos Incurridos en el proceso de moldeado en el tiempo de un mes**

| ITEMS / INSUMOS | CANTIDAD | COSTO x MIL LADRILLOS (Bs) | PARA UNA PRODUCCIÓN DE 85,000 (Bs) |
|---|---|---|---|
| **Operarios** | 2 | 33,33 | 2,933,35 |
| **Agua** | 397,5 | | 50 |

Elaboración en base al estudio de GISE para el Proyecto EELA 2012

## 3.5. INDICADORES DE DESEMPEÑO MATERIAS PRIMAS E INSUMOS

En base a los anteriores análisis realizados, se puede resumir que existe un consumo de materias primas e insumos de 3,04 Kg/Ladrillo al iniciar el proceso de elaboración de ladrillos, quedando en 1,85 Kg/ Ladrillo al finalizar el proceso. El costo de producción de las operaciones de mezclado y moldeado es de 0,12 Bs/Ladrillo.

### 3.5.1. Balance de energía

El balance de energía se realizó en la operación de quema de ladrillos en un horno tipo Volcán a Leña:

Las características del horno son las siguientes:

- ✓ Tipo: volcán con 5 bocas
- ✓ Capacidad nominal: 80.000 lad /horneada
- ✓ Espesor de las paredes laterales: 50 cm
- ✓ Peso del ladrillo crudo: 1,8 Kg
- ✓ Cantidad de operarios: 2
- ✓ Dimensiones: 8,3 x 6,6 x 3,21 (m)

Inicialmente se identificó los insumos que aportan poder calorífico a la operación de cocción y son utilizados durante todo el proceso de elaboración de ladrillos y son descritos a continuación:

### 3.5.2. Insumos energéticos

#### 3.5.2.1. Aserrín

El aserrín es un insumo que se utiliza en la operación de mezcla con el fin de generar energía y vapor en la operación de quema.

En la conformación de un ladrillo crudo, el aserrín deja espacios que permiten ser utilizados en la combustión del ladrillo verde permitiendo una mejor quema interna de arcilla.

El poder calorífico del aserrín es de 4.000 Kcal/Kg, cabe mencionar que se requiere un camión de éste insumo para la producción de 80.000 ladrillos, estando conformado por 0,04 Kg de aserrín por ladrillo producido.

#### 3.5.2.2. Carbón

El carbón es utilizado durante el armado de los ladrillos crudos dentro el horno, debido a su alto poder calorífico (7.000 Kcal/Kg) y sus propiedades de generación de combustión durante la operación de quema.

Generalmente para una quema de 80.000 ladrillos se requiere según experiencia de los propietarios de 8 a 10 bolsas.

### 3.5.2.3. Leña

La leña es el insumo principal para la generación de calor en ésta operación, actualmente éste insumo es de difícil provisión y costo elevado.

Según entrevista realizada al propietario de la ladrillera, éste insumo es aprovisionado del trópico de Cochabamba principalmente, siendo residuos extraídos de aserraderos, carpinterías, etc.

Para realizar el cálculo de la cantidad de leña utilizada, se preguntó inicialmente al propietario de la ladrillera la cantidad de leña aproximadamente utilizada en su operación, y a su vez se realizó una clasificación según tamaño y peso del residuo.

Según la experiencia de los informantes en promedio se utiliza 4 camiones de 120 quintales cada uno para la producción de 80.000 ladrillos.

La clasificación se realizó de la siguiente manera:

| Aserrín | Carbón | Leña |
|---|---|---|
| **Peso : 4 Kg** | Peso : 25 Kg | Peso : 1 y 2 Kg respectivamente |

Fuente Producción mas limpia

De acuerdo a la clasificación realizada de la cantidad de leña utilizada fue de aproximadamente 213,22 Kg/ hora con dos operarios.

### 3.5.2.4. Hojas de eucalipto

Las hojas de eucalipto tienen un grado de poder calorífico al igual que el carbón, y debido su aporte, la ladrillera en estudio utiliza aproximadamente 600 amarros cada una de 2,5 Kg de este insumo para una quema de 80.000 ladrillos.

**Tabla Nº 20 Combustibles utilizados en un horno a leña**

| DESCRI-PCIÓN | CANTIDAD | UNIDAD | OBSERVACIONES | Peso (Kg) |
|---|---|---|---|---|
| **Leña** | 3,76 | Camión | Aproximadamente de 5443 Kg/camión | 20,466,09 |
| **Aserrín** | 1 | Camión | 0,045 Kg por ladrillo | 3,600,00 |
| **Eucalipto** | 1 | Camión | 600 AMARROS DE 2,5 KG c/u | 1,500,00 |
| **Carbón** | 10 | Bolsas | 30 Kg cada bolsa | 300,00 |
| | | | TOTAL (Bs) | 25,506,09 |

Elaboración en base al estudio de GISE para el Proyecto EELA 2012

Los siguientes datos facilitados Swisscontact se refieren a la quema en San Benito, se podrá observar que el consumo de leña es menor a los cuatro camiones previstos para su uso habiendo una varianza pequeña con el método utilizado en la determinación de consumo de leña explicado anteriormente.

### 3.5.2.5. Distribución de energía

Como se puede observar en la siguiente tabla, existe un aprovechamiento del 16% de energía útil para la carga, un 20% es perdida por la transmisión de calor por radiación, convección y conducción, y un 63% es perdida por la chimenea, calentamiento del horno e ineficiencias en la operación, siendo una de ellas la mala combustión por falta de oxígeno dentro el proceso generando $CO_2$ en exceso.

**Tabla Nº 21 Distribución de Energía de un Horno a Leña**

| DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA | q (Kcal) | Kilojoule% |
|---|---|---|
| Energía útil | 7,92E+07 | 16 |
| Energía trasmitida a las paredes | 1,63E+07 | 3 |
| Energía perdida por radiación y convección | 8,44E+07 | 17 |
| Energía perdida por gases | 4,07E+07 | 8 |
| Energía perdida por calentamiento del horno e ineficiencias | 2,72E+08 | 55 |
| TOTAL | 4,93E+08 | 100 |

Elaboración en base al estudio de GISE para el Proyecto EELA 2012

### 3.5.3. Indicadores de desempeño cocción

#### 3.5.3.1. Consumo específico de energía

Considerando unos 72.000 ladrillos (equivalente al 90% de los ladrillos cargados) plenamente sinterizados se obtuvo un consumo específico de 3,8 MJ/Kg y un rendimiento del 16 %,

#### 3.5.3.2. Emisiones atmosféricas

La operación de quema de ladrillo emite ciertos contaminantes al medio ambiente, es por eso que en base a factores de la EPA se determinó el nivel de contaminación que produce esta operación:

Las emisiones en la cocción de cuatro días para hornos intermitentes a leña, según los factores de la EPA manifiestan el siguiente comportamiento en temas de distribución de emisiones según el aporte de los insumos energéticos utilizados:

**Tabla Nº 22 Distribución de emisiones según el aporte de los insumos energéticos del horno a leña**

| EMISIONES | FACTOR SEGÚN LA EPA | EUCALIPTO | ASERRÍN | CARBÓN | LEÑA | TOTAL EMISIÓN |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Kg/ Ton** | g/ Kg | g/Kg | g/Kg | g/Kg | g/Kg | |
| **PM10** | 160,000 | 1,500 | 3,600 | 0,300 | 20,466 | 25,866 |
| **$SO_2$** | 0,200 | 0,002 | 0,004 | 0,000 | 0,026 | 0,032 |
| **$NO_2$** | 1,300 | 0,012 | 0,026 | 0,002 | 0,166 | 0,207 |
| **CO** | 140,000 | 1,313 | 2,835 | 0,263 | 17,908 | 22,318 |
| **$CO_2$** | 1700,000 | 15,938 | 34,425 | 3,188 | 217,452 | 271,002 |
| | | | | | **TOTAL** | 319,425 |

Elaboración en base datos de la EPA

Como podemos apreciar en la siguiente tabla, la mayor aportación de las emisiones producidas en la operación de quema a leña es del $CO_2$ seguido del PM10. En conclusión, a los anteriores cuadros y tablas, se puede concluir que las emisiones producidas con esta tecnología son de 319g de gases totales por Kg de arcilla quemada.

#### 3.5.3.3. Recursos económicos

El principal costo de producción de esta operación es el consumo de leña (10.152 Bs) seguido de la mano de obra (1.600 Bs).

**Tabla Nº 23 Distribución de Costos – Horno a Leña**

| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | UNIDAD | Pu(Bs) | TOTAL (Bs) |
|---|---|---|---|---|
| **Mano de Obra** | 2 | Personas | 800 | 1600 |
| **Almuerzos, bebidas** | 2 | Personas | 200 | 400 |
| **Leña** | 3,76 | Camión | 2700 | 10152 |
| **Eucalipto** | 1 | Camión | 1300 | 1300 |
| **Carbón** | 10 | Bolsas | 55 | 550 |
| **Cargado** | 80.000 | Ladrillos | 0.03 | 2400 |
| | | | TOTAL(Bs) | 16,402 |

Elaboración en base a datos recopilados en Swisscontact 2012

El costo unitario en la operación de cocción a leña para la quema de 80.000 ladrillos es de 0,20 centavos por ladrillo.

#### 3.5.3.4. Eficacia en la quema en términos de satisfacción al cliente

La eficacia en la quema de ladrillos en términos de satisfacción del cliente está definida por la relación de la cantidad de ladrillos producidos según las especificaciones mínimas requeridas por el cliente y la cantidad total de ladrillos producidos.

Las características de calidad del ladrillo están definidas por:

- ✓ Aquellos que pasan la temperatura umbral de 950 ºC y llegan hasta los 1.020 ºC
- ✓ Cuentan con una uniformidad de acabado en el ladrillo
- ✓ El color es rojizo

**Tabla Nº 24 Descripción de la eficacia en la operación de quema a leña**

| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD PRODUCIDA |
|---|---|
| Ladrillos de Primera | 72,000 |
| Ladrillos de segunda, tercera y mermas | 8,000 |
| TOTAL | 80,000 |
| EFICACIA DE LA OPERACIÓN DE QUEMA | 87, 5 % |

Elaboración en base a datos recopilados en Swisscontact 2012

En conclusión, al anterior cuadro podemos definir que el 87,5 % de la producción total de una quema de ladrillos cumple con los estándares de calidad definidos por el cliente.

## 3.6. ANÁLISIS COSTOS BENEFICIO A PARTIR DE INDICADORES AMBIENTALES, ECONÓMICOS Y FINANCIEROS

### 3.6.1. Cambio del horno tipo volcán a leña a horno tipo túnel intermitente

Es un modelo tecnológico más eficiente respecto a los hornos actuales de tipo volcán. Tecnología que contará con las condiciones que requiere el pequeño productor.

La estructura del Horno túnel se compacta en dos túneles paralelos que están conectados en cada uno de los extremos mediante conductos por los que circulan los gases de la mezcla y con un sistema de fuego móvil que es operado en la parte superior del horno.

Las características del horno son las siguientes:

- Tipo: Túnel intermitente
- Capacidad nominal: 60.000 ladrillos /horneada
- Dimensiones: 9,10 x 18 ,00 x 9,00 (m)
- Espesor de las paredes laterales: 0,97 cm
- Peso del ladrillo crudo: 2,15 Kg
- Número de Operarios: 1

#### 3.6.1.1. Insumos energéticos

El insumo energético necesario para esta alternativa es:

- Gas Natural

El poder calorífico del gas 1062 KJ/PC cabe mencionar que se requiere de 139 MPC de este insumo para la producción de 60.000 ladrillos.

Considerado 58.000 ladrillos plenamente sinterizados se obtiene un consumo específico de 1,29 MJ / Kg y un rendimiento del 30 %.

#### 3.6.1.2. Balance de energía

La distribución de energía dentro la operación de quema con el horno túnel muestra un consumo del 30 % de energía útil, 3,77 % de energía transmitida por las paredes, 55,63 % por la chimenea y 10,10 % de energía transmitida por conducción.

**Tabla Nº 25 Distribución de energía horno túnel**

| DESTINO | ENERGÍA ($10^6$ | PORCENTAJE |
|---|---|---|
| Carga | 49,39 | 30,50% |
| Pared | 6,1 | 3,77% |
| Chimenea | 90,08 | 55,63% |
| Conducción | 16,36 | 10,10% |
| TOTAL | 161,93 | 100,00% |

Fuente: Pérez García 2011

La alternativa planteada fue comparada con los indicadores de desempeño de un horno a leña sin ventilador y es presentada en el siguiente cuadro:

**Tabla Nº 26 Parámetros de desempeño obtenidos con un horno túnel**

| PARÁMETRO DE DESEMPEÑO | HORNO TÚNEL | HORNO A LENA |
|---|---|---|
| Rendimiento (%) | 30% | 16% |
| Consumo Especifico (MJ/Kg) | 1,29 | 3,8 |
| Ahorro de Energía Generada | 66% | |

Elaboración en base a tabla N° 21

El estudio presenta una economía del 66 % de ahorro energético equivalente a 1,29 MJ/Kg de arcilla quemada.

### 3.6.1.3. Costos de producción con el horno túnel

El análisis comparativo de los costos de producción se realizó para la producción de 60.000 ladrillos.

En la siguiente tabla se observa que la alternativa planteada no utiliza leña, eucalipto y aserrín para el proceso de quema, lo que se traduce en una reducción de costos de producción significativa.

**Tabla Nº 27 Comparación de los costos de producción de un horno túnel con un horno volcán a leña**

| DESCRIPCIÓN | HORNO TÚNEL | HORNO A LENA |
|---|---|---|
| Operario Cocción | 800,00 | 1.600,00 |
| Almuerzos, bebidas | 400,00 | 400,00 |
| Lena | 0,00 | 10.152,00 |
| Eucalipto | 0,00 | 1.300,00 |
| Carbón | 0,00 | 550,00 |
| Cargado | 1.800,00 | 2.400,00 |
| Gas Natural | 1.644,65 | 0,00 |
| TOTAL | 4.644,65 | 16.402,00 |
| Ahorro de costo de Producción | **72%** | |

Elaboración en base a datos de la tabla Nro. 11 y 23

Como se pudo observar en el anterior cuadro, existe una reducción del 72 % en los costos de producción con el horno túnel debido a la reducción de consumo de leña, eucalipto, carbón y también por la reducción de personal en la operación. El ahorro previsto con esta medida asciende a un valor de Bs. 11.757,35

#### 3.6.1.4. Eficacia en la quema en términos de satisfacción al cliente

Para realizar el siguiente cuadro se hizo una simulación del horno túnel para la producción de 1 quema de 60.000 ladrillos tipo hueco de 2,15 Kg/ladrillo y al realizar la misma se observó que existe una reducción del 25 % en la capacidad de producción y la eficacia de la operación es del 97 %.

**Tabla Nº 28 Descripción de la eficacia en la operación de quema con el horno túnel**

| DESCRIPCIÓN | HORNO TÚNEL | HORNO A LENA |
|---|---|---|
| Ladrillos de Primera | 58000 | 72000 |
| Ladrillos de segunda, tercera y mermas | 2000 | 8000 |
| TOTAL | 60000 | 80000 |
| Eficacia de la operación de quema | 97% | 90% |

Elaboración en base al estudio de GISE para el Proyecto EELA 2012

Cabe resaltar que el ladrillo producido con esta alternativa es más rentable en el mercado.

### 3.6.2. Optimización en el uso de recursos

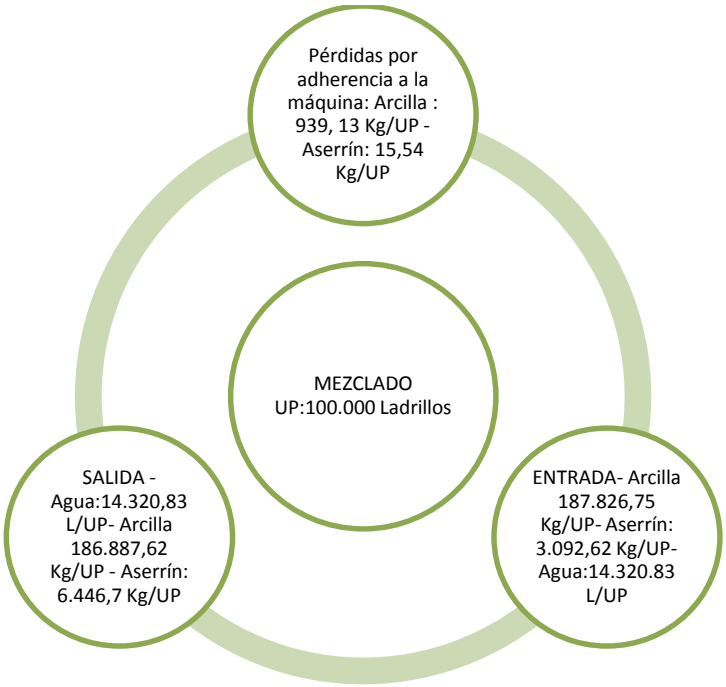
Para un mejor aprovechamiento de la materia prima, en el proceso productivo de mecanizado -operación de mezclado- se propone incluir dentro el proceso de mezclado una máquina mezcladora con el fin de contar con una mezcla más homogénea, hacer un uso eficiente de los recursos utilizados (aserrín, arcilla y agua).

#### 3.6.2.1. Indicadores ambientales

Para poder analizar el uso y aprovechamiento de las materias primas, inicialmente se procedió a realizar el balance de masa en la operación de mezclado con la máquina

mezcladora para luego realizar una comparación de uso y aprovechamiento de materia prima e insumos con la operación de mezclado manual.

### 3.6.2.2. Balance de masa con la máquina mezcladora




Elaboración en base a datos recopilados en Swisscontact2016.

Ello quiere decir que al haber entrada de insumos (arcilla 187.826,75 kg/up- aserrín: 3.092,62 kg/up- agua: 14.320.83 L/UP) y salidas (agua: 14.320,83 l/up- arcilla 186.887,62 kg/up - aserrín: 6.446,7 Kg/UP) que muestren menor perdida por cada UP unidad producida esta tecnología es eficiente ya que optimiza la producción por la tanto hay menor emisión de contaminantes.

Para fines comparativos con la operación manual, a continuación, se presenta el balance de masa realizado para la producción de 100.000 ladrillos.

La máquina mezcladora propuesta permite el uso racional de materias primas e insumos, reduce el tiempo de mezclado, duplica la producción y existen pérdidas del 0,5 % por adherencia de material a la máquina.

### 3.6.2.3. Uso y aprovechamiento de materia prima e insumos

En base al balance de masa presentado anteriormente, se procedió a realizar una comparación del uso de materia prima e insumos con la operación de mezclado manual obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla Nº 29 Comparación de consumo de materia prima e insumo entre un mezclado manual y un mezclado semimecanizado**

| Materia prima para 100,000 UP | Mezclado Manual (Kg) | Mezclado semimecanizado (Kg) | Porcentaje de reducción |
|---|---|---|---|
| **Arcilla** | 210,375,00 | 186,887,62 | 11,16% |
| **Aserrín** | 3,532,01 | 3,092,62 | 12,44% |
| **Agua** | 90,100,53 | 14,320,83 | 84,11% |
| **TOTAL (Kg/100,000 Lad)** | 304,007,54 | 204,301,07 | 32,80% |
| **AHORRO DE MATERIA PRIMA (Kg/100,000 Lad)** | 99,706,47 | | |

Elaboración en base al estudio de GISE para el Proyecto EELA 2012

Como se aprecia en la tabla Nº 29 la implementación de tecnologías alternativas en el caso concreto como la mezcladora semimecanizada para la producción de ladrillo contribuirá de forma significativa en la mitigación del impacto ambiental del factor aire, debido que se reducirá el empleo de materias primas de la siguiente manera: Arcilla 11,16%; Aserrín 12,44% y Agua 84,11%.

### 3.6.2.4. Indicadores económicos

El activo fijo necesario para implementar la mejora en el proceso de mezclado es:

**Tabla Nº 30 Activos fijos necesarios para la mejora del proceso de mezclado**

| TIPO DE MÁQUINA | CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN (Ton/Hora) | DIMENSIONES (m) | POTENCIA DEL MOTOR (HP) | INVERSIÓN (Bs) |
|---|---|---|---|---|
| **Mezcladora (con motor)** | 2 | 1,30 x 3,60 | 20 | 26,425,00 |

Elaborado en base a datos del Proyecto EELA 2012

### 3.6.2.5. Costos de producción

El estudio económico basado en los costos de producción, demuestra una disminución en los costos de arcilla y aserrín debido a que ya no existen perdidas por el mal uso de la materia prima, y a su vez existe un mejor uso racional del agua como es demostrado en la siguiente tabla

**Tabla Nº 31 Comparación de los costos de producción entre un mezclado manual y un mezclado semimecanizado**

| ITEMS / INSUMOS | Mezclado Manual (Bs) | Mezclado Semimecanizado (Bs) | PORCENTAJE DE REDUCCIÓN |
|---|---|---|---|
| **Arcilla** | 5,000,00 | 4.441,77 | 11,16% |
| **Aserrín** | 2,800,00 | 2,451,68 | 12,44% |
| **Agua** | 600,00 | 95,37 | 84,11% |
| **Operarios** | 3,333,33 | 3,333,33 | 0,00% |
| **Energía Eléctrica** | 0,00 | 1,392,00 | ---- |
| **TOTAL (Bs)** | 11,733,33 | 11,714,15 | 0,16% |
| **AHORRO ECONÓMICO (Bs)** | | 19,18 | |

Elaborado en base a datos del Proyecto EELA 2012

Con el mezclado semimecanizado existe un ahorro económico de aproximadamente 19,18 Bs/100.000 ladrillos; es decir se describe los costos simulados para una producción de 100.000 ladrillos entre el mezclado manual y semimecanizado.

### 3.6.2.6. Flujo de caja opción mezclado semimecanizado

El flujo de caja se entiende la representación de entradas referidas a los ingresos por venta de ladrillos que son el resultado de la aplicación de una tecnología eficiente entre un mezclado manual y un mezclado semimecanizado y las salidas consideradas por las inversiones que se efectuarán en el primer año.

Por lo tanto, el flujo de caja es la acumulación neta de beneficios financiero líquidos entre los años 2016 al 2022 aspecto que constituye un indicador importante que demuestra que las mejoras tecnológicas benefician a la economía individual de un productor de ladrillo y también se sabe que se contribuye con ello a la reducción de emisiones.

## Tabla Nº 32 Flujo de caja

| **FLUJO DE CAJA** | | ANÁLISIS **DE RENTABILIDAD PARA INVERSIONISTAS Bs** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **AÑO** | **2016** | **2017** | **2018** | **2019** | **2020** | **2021** | **2022** |
| **(+)** | INGRESO POR VENTAS | 0,00 | 519.719,49 | 555.580,13 | 593.915,16 | 634.895,31 | 678.703,08 | 725.533,59 |
| **(-)** | COSTOS VARIABLES | 0,00 | 201.274,39 | 215.162,32 | 230.008,52 | 245.879,11 | 262.844,77 | 280.981,06 |
| **(-)** | COSTOS FINANCIEROS | | 3.647,51 | 3.647,51 | 2.585,07 | 1.375,98 | 0,00 | 0,00 |
| **(-)** | COSTOS FIJOS | | 219.200,00 | 219.200,00 | 219.200,00 | 219.200,00 | 219.200,00 | 219.200,00 |
| **(=)** | UTILIDAD BRUTA | 0,00 | 95.597,59 | 117.570,30 | 142.121,57 | 168.440,22 | 196.658,31 | 225.352,53 |
| **(-)** | IMPUESTOS | 0,00 | 23.899,40 | 29.392,58 | 35.530,39 | 42.110,06 | 49.164,58 | 56.338,13 |
| **(=)** | UTILIDAD NETA | 0,00 | 71.698,19 | 88.177,73 | 106.591,18 | 126.330,17 | 147.493,73 | 169.014,40 |
| **(+)** | AAD | 0,00 | 900,00 | 900,00 | 900,00 | 900,00 | 900,00 | 900,00 |
| **(-)** | DEPRECIACION | 0,00 | 6.552,51 | 6.552,51 | 6.552,51 | 6.552,51 | 6.552,51 | 6.552,51 |
| **(+)** | VALOR RESIDUAL | | | | | | | 0,00 |
| **(+)** | RECUPERACION CAPITAL DE TABAJO | | | | | | | 21.495,09 |
| **(=)** | FUENTES | 0,00 | 66.045,68 | 82.525,21 | 100.938,67 | 120.677,65 | 141.841,22 | 163.361,89 |
| **(-)** | INVENTARIO ACTIVO FIJO | 26.425,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| **(-)** | INVENTARIO ACTIVO DIFERIDO | 4.500,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| **(-)** | INVENTARIO CAPITAL DE TABAJO | 21.495,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| **(-)** | AMORTIZACION | 0,00 | 0,00 | 7.697,01 | 8.759,45 | 9.968,54 | 0,00 | 0,00 |
| **(=)** | USO | 52.420,09 | 0,00 | 7.697,01 | 8.759,45 | 9.968,54 | 0,00 | 0,00 |
| | FLUJO NETO | -52.420,09 | 66.045,68 | 74.828,20 | 92.179,22 | 110.709,11 | 141.841,22 | 163.361,89 |
| | **CALCULO DE VAN, TIR Y B/C** | | | | | | | |
| **1** | AÑO DE OPERACIÓN | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| **2** | COSTOS TOTALES | 52.420,09 | 454.573,81 | 481.651,93 | 502.635,94 | 525.086,20 | 537.761,86 | 563.071,70 |
| **3** | BENEFICIOS TOTALES | 0,00 | 520.619,49 | 556.480,13 | 594.815,16 | 635.795,31 | 679.603,08 | 726.433,59 |
| **4** | TASA DE ACTUALIZACION 0,13 | 1,00 | 0,88 | 0,78 | 0,69 | 0,61 | 0,54 | 0,48 |
| **5** | COSTOS ACTUALIZADOS | 52.420,09 | 402.277,70 | 377.204,11 | 348.351,93 | 322.045,20 | 291.875,59 | 270.453,77 |
| **6** | BENEFICIOS ACTUALIZADOS | 0,00 | 460.725,21 | 435.805,57 | 412.236,75 | 389.945,17 | 368.861,33 | 348.919,51 |
| **7** | FLUJO NETO ACTUALIZADO | -52.420,09 | 58.447,50 | 58.601,46 | 63.884,82 | 67.899,97 | 76.985,73 | 78.465,74 |
| **8** | FLUJO NETO ACUMULADO | 0,00 | 58.447,50 | 117.048,96 | 122.486,28 | 131.784,80 | 144.885,71 | 155.451,47 |
| **9** | VAN (Bs) | 352.870,12 | | | | | | |
| **10** | TIR (%) | 1,42 | | | | | | |
| **11** | B/C | 1,91 | | | | | | |
| | TASA DE DESCUENTO | 10,34 | | | | | | |

Como se observa en la tabla N° 32, tenemos una proyección de ingresos positiva, es decir que entre el año 2016 al 2022 un productor de ladrillos promedio ira produciendo mayor cantidad aspecto que se refleja en un incremento del 6.9%

Similar situación de presenta con los costos fijos, aspecto que se explica por el incremento en el número de quemas promedio que se da; es decir; de 8 quemadas anuales la mejora tecnológica permite incrementar hasta 9 quemadas.

Con la implementación de ésta medida se realizó una simulación de ingresos esperados en un periodo de 6 años con una tasa de descuento del 10% y un incremento a los precios en un 6,90 % basado en el índice de precio al consumidor anual.

Con la aplicación de ésta medida y realizando un análisis del proyecto puro para una producción de 80.000 ladrillos que requiere un horno a leña, se obtuvieron los siguientes indicadores financieros:

**Tabla Nº 33 Indicadores Financieros con la inversión de una máquina mezcladora**

| **INDICADOR FINANCIERO** | |
|---|---|
| **TIR** | 1.42% |
| **VAN** | 352.870,12 Bs |
| **B/C** | 1,91 |
| **TIEMPO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN** | 8 meses y 16 días |

Resumen del flujo de Caja

El VAN demuestra que la inversión de una máquina mezcladora producirá ganancias por encima de la rentabilidad exigida, la TIR se interpreta como la tasa de rentabilidad relativa que se obtiene con la implementación de dicha alternativa y como se observa en este caso es superior a la tasa de descuento utilizada hecho que hace rentable la inversión para ladrilleras que cuentan con un horno a leña.

La relación beneficio-costo muestra que por cada boliviano invertido se obtendrá 0,91 centavos de ganancia y el retorno de la inversión en el tiempo será en 8 meses y 16 días.

# CAPÍTULO IV

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 4.1. CONCLUSIONES

Después de haber llevado a cabo una serie de pasos metodológicos y sistemáticos en torno a la investigación se presentarán a continuación las conclusiones de la investigación

Es importante iniciar este capítulo indicando que la hipótesis de investigación se acepta es decir; La implementación de mejores tecnología alternativas para la producción de ladrillo sí permitirá la mitigación del impacto ambiental del factor aire y por tanto la reducción de costos empleados en los procesos productivos a escala. Ello debido a que los indicadores económicos así lo han demostrado. Es decir; el TIR es de 1.42%, el VAN 352.870,12 Bs y el B/C 1,91 con un tiempo de retorno de la inversión de 8 meses y 16 días, todo ello con una mejor tecnología.

Por otro lado, la creciente producción de ladrillo de construcción en la ciudad de Cochabamba, impulsó en los últimos años el desarrollo de microempresas dedicadas a la producción de estos materiales. Los métodos tradicionales de producción, que utilizan combustibles sólidos, conjuntamente con la instalación desordenada de estas micro factorías, ha generado un grave problema de contaminación ambiental y empeorado las condiciones menesteres de la población marginada. Se demostró que los barros que actualmente se utilizan exceden los 1250 °C en sus puntos de fusión, de tal manera que sus temperaturas de cocción resultan superiores a los 1200 °C

El proceso de quema o cocido de ladrillos, requiere de una fuente de combustible, siendo la leña combustible aun usado en el año 2016, el uso de la leña es alarmante y preocupante, ya que esto origina que los propietarios de estas empresas ladrilleras provoquen indirectamente la quema de extensas áreas de bosques para conseguir la ansiada materia prima (leña); causando un impacto ambiental negativo al medio ambiente.

La gran mayoría de ladrilleras de micro y pequeño tamaño de Sacaba Cochabamba presentan un alto grado de informalidad y utilizan técnicas artesanales para la fabricación de sus productos. La planta de fabricación está representada básicamente por el horno y un espacio de terreno como patio de labranza. Las ladrilleras artesanales emplean hornos fijos de fuego directo, techo abierto y tiro ascendente para la cocción también denominada quemado o simplemente quema de ladrillos.

El uso de estos últimos materiales como combustible genera emisiones de gases altamente tóxicos y cancerígenos como óxidos de azufre (SO2), óxidos de nitrógeno (NO2), compuestos orgánicos volátiles (CO2), hidrocarburos aromáticos poli nucleares, dioxinas, furanos, benceno, bifenilos poli clorados y metales pesados como As, Cd, Ni, Zn, Hg, Cr, V, etc., estos elementos y compuestos provocan irritación a la piel, ojos y membranas mucosas, trastornos en las vías respiratorias, en el sistema nervioso central, depresión y eventualmente cáncer; características que los hacen inaceptables para ser utilizados con este fin.

La contaminación atmosférica entendida como material indeseable en el aire y en cantidades más de lo normal como para producir efectos nocivos. Los materiales indeseables pueden dañar la salud humana, la vegetación, etc. Muchos de estos materiales entran al a atmósfera proveniente de fuentes de contaminación industrial. El crecimiento de la producción de ladrillos genera especialmente contaminación atmosférica, elemento que se encuentran ligado a la calidad de vida de la población por tanto se ve como solución objetiva controlar las emisiones de contaminantes del aire a través del uso de medidas de mitigación que se encuentren inmersas en los costos de producción.

Por otro lado, se concluye que se ha comprobado que las tecnologías alternativas en la producción de ladrillo son eficientes para la contribución en la mitigación del impacto ambiental del factor aire para el caso productores ladrilleros sacaba-Cochabamba.

La necesidad de introducir condicionamientos económicos y medioambientales en la gestión empresarial requiere de cada entidad una gestión ambiental eficaz, que se

manifiesta a través de herramientas como son los sistemas de gestión ambiental; todo esto ampliamente relacionado con la toma de decisiones ambientalmente eficientes.

El impacto ambiental de las actividades humanas en Sacaba Cochabamba se ha continuado acentuando, incidiendo negativamente sobre el logro de un desarrollo sostenible adecuado para todos los sectores de la sociedad.

Los estudios realizados sobre determinar cuáles son las tecnologías alternativas en la producción de ladrillo para la contribución en la mitigación del impacto ambiental específicamente para el caso productores ladrilleros sacaba-Cochabamba, constituye fuente de la que se nutre la disciplina de Economía Ambiental, la cual en los momentos actuales adquiere cada vez más un lugar importante dentro del espacio macroeconómico.

## 4.2. RECOMENDACIONES

A pesar de que los socios de Champa Rancho se encuentran geográficamente juntos y tecnológicamente homogéneos, se tiene que trabajar en planes concretos para establecer una cadena productiva eficiente en términos de tiempo y costos generando externalidades positivas para todos los que intervienen en la cadena productiva.

El origen de la contaminación atmosférica actual se debe a las actividades económicas que emiten contaminantes a una tasa mayor a la que la atmósfera puede naturalmente removerlos. Dado que la emisión de estos contaminantes tiene un costo nulo para quienes los emiten, los agentes económicos no disponen de incentivos para su reducción. La contraparte de esta emisión de contaminantes está dada por los impactos negativos que ocasiona una calidad del aire degradada.

El gran problema, como ya se mencionó, con los productores de ladrillo de sacaba Cochabamba es la fabricación de ladrillos con su actual tecnología, una realidad que hoy en día podemos apreciar desde el contexto de la contaminación Ambiental, con operaciones, procesos unitarios y tecnologías desfasadas para el control y prevención de la contaminación ambiental.

A todo ello se suma trabajadores desactualizados en temas de protección al medio ambiente. Si bien el actual manejo de estas empresas dedicadas a este rubro, están realizando cambios en el proceso de fabricación, pero a pesar de ello, la contaminación al medio ambiente ya sea por la materia prima utilizada o por sus emisiones, en gran medida persisten, convirtiéndose en un problema sanitario y ambiental de interés público, nacional y mundial. Por ello se recomienda que estos procesos se profundicen con mayores análisis de costo efectividad.

La valoración de los activos ambientales constituye para los especialistas y estudiosos de esta temática, una forma de incentivar el uso y diseño de medidas para la utilización racional de los mismos.

La teoría de las externalidades constituye el eje central y punto de partida para la aplicación de los métodos y procedimientos de la Economía Ambiental.

Se recomienda que estos instrumentos de gestión innovador que tienen propósitos ambientales, más que fiscales o recaudatorios, se apliquen o estudien bajo criterios de neutralidad fiscal (doble dividendo) que consiste en la sustitución parcial de impuestos existentes por impuestos ambientales de tal forma que, en términos netos, no implique una carga tributaria adicional con respecto al actual régimen impositivo, porque los nuevos impuestos introducidos se compensarían con rebajas equivalentes de los impuestos existentes.

Es necesario mencionar que no sólo los particulares (empresas y consumidores domésticos) productores de la actividad contaminante deben responder de la gestión adecuada de los desechos por lo que los organismos municipales o concesionados pueden ser responsables indirectos del pago de los tributos ambientales como ocurre con los productores de ladrillo de Cochabamba, en ese sentido la presente investigación recomienda dos aspectos mejorar la efectividad de las tecnologías como se explicó en la investigación y la posibilidad de aplicar impuestos ambientales

La recaudación del Impuesto ambiental debe ir en dos direcciones: el Estado debe dirigir parte de lo recaudado hacia proyectos ambientales que clasifique como problemas ambientales que amenacen la salud y seguridad de los habitantes, y otra parte de la

recaudación hacia empresas que presenten problemas ambientales y requieran la implementación de Sistemas de Gestión Ambiental como es el caso de las ladrilleras en todo el país.

Si bien en la actualidad los procesos de producción de elaboración de ladrillos son de gran impacto ambiental dada la coyuntura del país en el área de la construcción y su constante crecimiento, la introducción de nueva tecnología que permita un mejor rendimiento de la producción y la reducción de emisiones sonoras, se establece como una mejor opción tanto para el fabricante como para la población que se encuentra expuesta a las emisiones sonoras y son afectadas en su calidad de vida.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Abraham, E. (2004). Fundamentos económicos para el cobro de derechos ambientales. México, D.F. UNAM.
2. Accuatella J. Bárcena A. (2005). Politica fiscal y medio ambiente. Santiago de Chile: United Nations Pubns.
3. Acuatella J. (2001). Aplicación de instrumentos económicos en la gestión ambiental en América Latina y El Caribe. Desafíos y factores condicionantes. S. Chile, CEPAL.
4. AEMA (2005). Informe de la aema, impuestos ambientales-evolución reciente consultado en: http://reports.es.eea.europa.eu/Storyline/es/prsenetation_es.
5. Azqueta, D.; Ferreiro, A. (1997). Análisis Económico y Gestión de Recursos Naturales. Madrid. España. Alianza Económica.
6. Banco Mundial, 2009. Armonización de la actividad industrial con el medio ambiente: Nuevas funciones de las comunidades, los mercados y los gobiernos. http://siteresources.worldbank.org/INTGREENIND/Resources/Summary in Spanish.pdf.
7. Cámara de la construcción de Cochabamba - CADECO. "Estadísticas de la construcción en Bolivia." Estadísticas de la construcción en Bolivia. Cochabamba, Noviembre 2011.
8. Cámara de la construcción de Cochabamba - CADECO. "Estadísticas de la construcción en Bolivia." Estadísticas de la construcción en Bolivia. Cochabamba, Noviembre 2011.
9. Cámara De La Fuente, M. (1993): Op. Cit.; p. 248.
10. Castellanos, Marlena. (1996). Economía y Medio Ambiente: Enfoque, reflexiones y experiencias actuales. Editorial Academia. La Habana.
11. CASTRO, Ricardo 1999 Mercados Ambientales Globales: Estudio de Casos. INCAE. PNUD.
12. Cibernautica. http://www.cibernautica.com.ar/temasutiles/economia/consreal.htm.
13. CPTS. Guía Técnica General de Producción Más Limpia. Vol. I. La Paz: PGD impresiones, 2012.

14. CPTS. Guía Técnica General de Producción Más Limpia. Vol. I. La Paz: PGD impresiones, 2014.

15. Cuesta, E. (2000). Apuntes sobre la valoración económica del medio ambiente y el desarrollo sostenible. Texto del departamento de economía de la UAH.

16. Dapena, B. (2001). La Gestión Medioambiental en la Empresa. Alta Dirección. Nro. 215. 11 -17.

17. ENERGÉTICA. "Definición concertada de alternativas de sostenibilidad para el sector ladrillero de Champa Rancho." Cochabamba, 1999.

18. ENERGÉTICA. "Definición concertada de alternativas de sostenibilidad para el sector ladrillero de Champa Rancho." Cochabamba, 1999.

19. Gago, A., Lavandeira, X., & Picos, F. (2004). La Imposición Ambiental Autonómica. Retrieved from http://webs.uvigo.es/xavier/research.html

20. Gallastegui, Carmen (2003). "Ecología, medio ambiente y mercado". Accesible en http://www.Ecologíaymedioambiente.htm.

21. Garcia, Adriana Perez. Propuesta de mejores estructurales y operacionales en el diseño d un horno túnel para cerámica roja. Vol. I. Cochabamba, 2011.

22. Garcia, Adriana Perez. Propuesta de mejores estructurales y operacionales en el diseño d un horno túnel para cerámica roja. Vol. I. Cochabamba, 2011.

23. Google earth. 2012.

24. IBNORCA. Sistemas de Producción Más Limpia (PML)- Requisitos con orientación para su implementación. Vol. NB 61002. Cochabamba: IBNORCA, 2010. "Sistemas de Producción Más Limpia." 2010.

25. IBNORCA. Sistemas de Producción Más Limpia (PML)- Requisitos con orientación para su implementación. Vol. NB 61002. Cochabamba: IBNORCA, 2010. "Sistemas de Producción Más Limpia." 2010.

26. INE. Instituto Nacional de Estadística, Bolivia. 31 de Octubre de 2012. http://www.ine.gob.bo/indice/general.aspx?codigo=40201 (último acceso: 2012).

27. IPCC, 2001a. Climate Change: The Scientific Basis.

28. IPCC, 2001b. Cambio Climático 2001: Informe de Síntesis.

29. IPCC, 2002. Climate Change and Biodiversity. IPCC Technical paper NºV.

30. Llanes, J. (1999). Políticas Económicas Ambientales: El caso Contaminación. La Habana. Editorial Ciencias Sociales.

31. Malthus, T. (1798). Ensayo Sobre el Principio de la Población. México, D.F. Fondo de Cultura Económica

32. Murray N. Rothbard, "Hacía una reconstrucción de la utilidad y de la economía del bienestar", Libertas nº 6, ESEADE, 1987.

33. Nueva Economía. Nueva Economía. 31 de Octubre de 2012. http://nuevaeconomia.com.bo/productos/revista-articulos/economia/demanda-de-insumos-crece-industria-cementera-en-riesgo-de-colapsar/ (último acceso: 5 de Noviembre de 2012).

34. Pigou, A. (1920). The Economics of Welfare [4a. ed.]. (Versión digital), Retrieved from http://www.econlib.org/library/NPDBooks/Pigou/pgEW0.html

35. Programa de Eficiencia Energética en Ladrilleras Artesanales de América Latina para mitigar el cambio climático Nº 1 al 7 2012

36. R. H. Coase, "La Estructura Institucional de la Producción". Conferencia pronunciada por Ronald Coase con motivo de recibir el Premio Nobel de Economía en Estocolmo el 9 de Diciembre de 1991. La Empresa, El mercado y la Ley,

37. RODRÍGUEZ, Francisco., (1984). Introducción a la Metodología de las Ciencias Sociales. La Habana: Editora Política. Pág. 56.

38. Romero y Osorio. Transportes RyO. 2012. http://www.romeroyosorio.cl/romeroyosorio/homepage.nsf/PGaserringaleria?OpenPage (último acceso: 2012).

39. Romero, C. (1997). Economía de los recursos ambientales y naturales. Alianza Editorial S.A. Madrid. España.

40. San Juan, C. (2009, Marzo 13). Material del curso de Economía de los recursos naturales. http://turan.uc3m.es/uc3m/dpto/CJM/recursos.htm

41. Seoárez, M. (2001). "Los empresarios ante el medio ambiente: estado actual, previsiones y prospectiva para los próximos 15 años". Alta Dirección. Nro. 215. 29-39

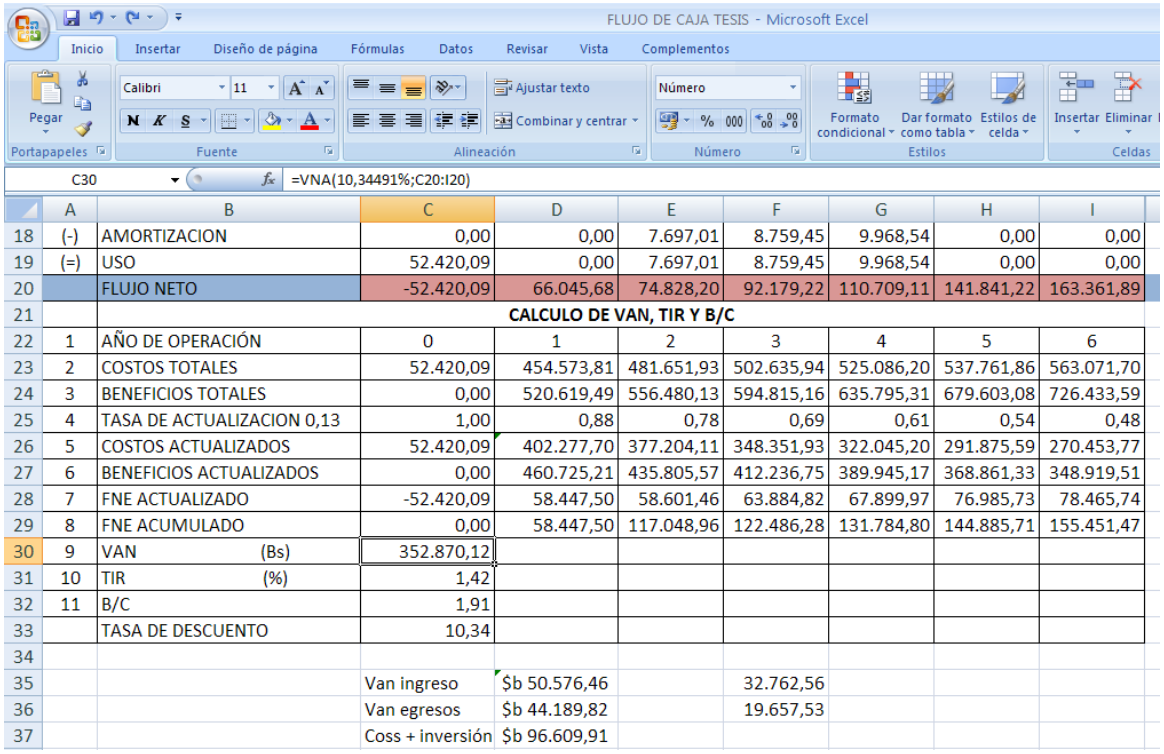
42. Seroa da Motta, R. (2001). Tributación ambiental, macroeconomía y medio ambiente en América Latina: aspectos conceptuales y el caso de Brasil. Santiago de Chile: CEPAL.

43. SWISSCONTACT. Manual de Mejoramiento de la Materia prima y Nuevas Tecnologías. Vol. I. Cochabamba: Virgen Niña, 2011.

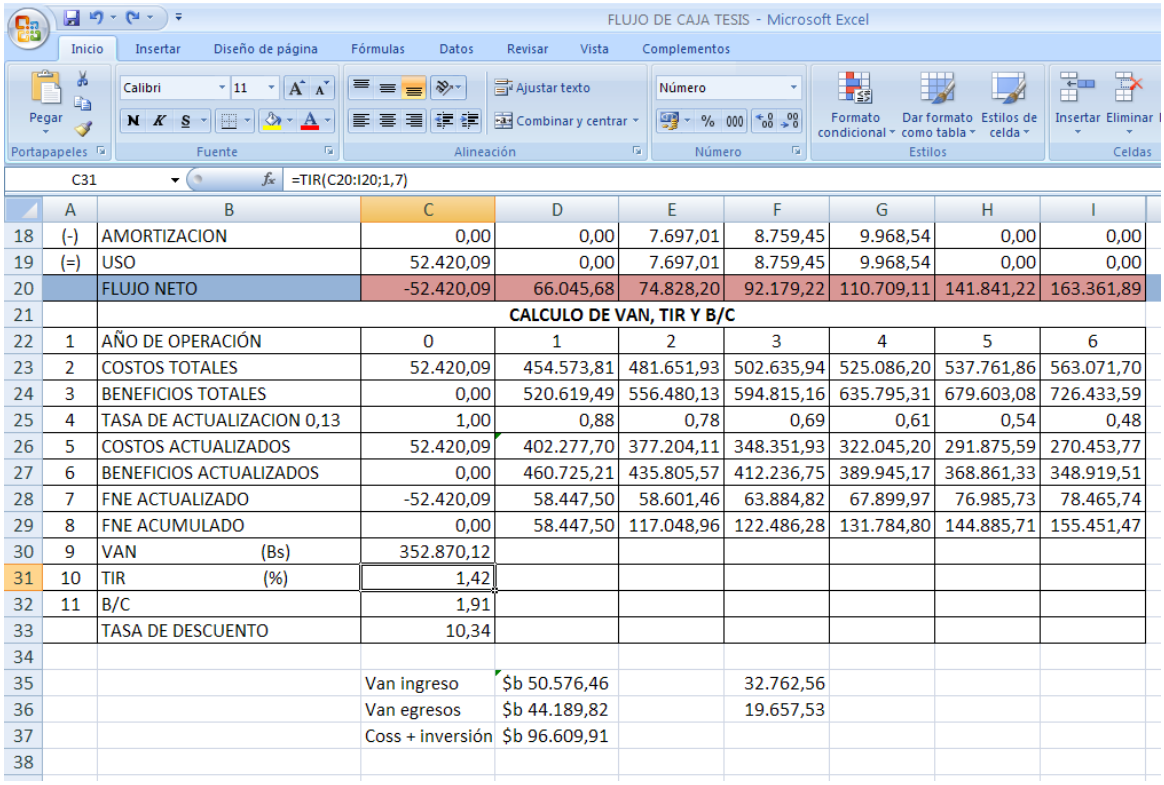
44. SWISSCONTACT. Manual de Mejoramiento de la Materia prima y Nuevas Tecnologías. Vol. I. Cochabamba: Virgen Niña, 2015.

# ANEXOS

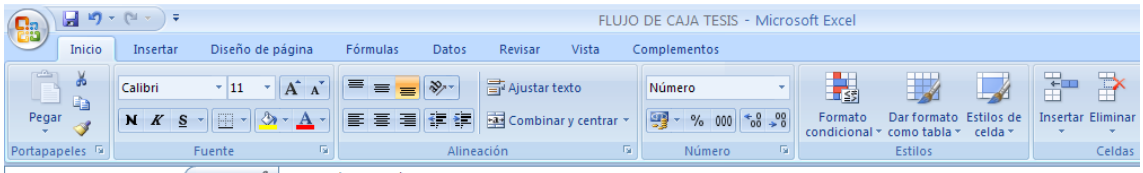
## Anexo N° 1.




| | A | B | C | D | E | F | G | H | I |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 | (-) | AMORTIZACION | 0,00 | 0,00 | 7.697,01 | 8.759,45 | 9.968,54 | 0,00 | 0,00 |
| 19 | (=) | USO | 52.420,09 | 0,00 | 7.697,01 | 8.759,45 | 9.968,54 | 0,00 | 0,00 |
| 20 | | FLUJO NETO | -52.420,09 | 66.045,68 | 74.828,20 | 92.179,22 | 110.709,11 | 141.841,22 | 163.361,89 |
| 21 | | **CALCULO DE VAN, TIR Y B/C** | | | | | | | |
| 22 | 1 | AÑO DE OPERACIÓN | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 23 | 2 | COSTOS TOTALES | 52.420,09 | 454.573,81 | 481.651,93 | 502.635,94 | 525.086,20 | 537.761,86 | 563.071,70 |
| 24 | 3 | BENEFICIOS TOTALES | 0,00 | 520.619,49 | 556.480,13 | 594.815,16 | 635.795,31 | 679.603,08 | 726.433,59 |
| 25 | 4 | TASA DE ACTUALIZACION 0,13 | 1,00 | 0,88 | 0,78 | 0,69 | 0,61 | 0,54 | 0,48 |
| 26 | 5 | COSTOS ACTUALIZADOS | 52.420,09 | 402.277,70 | 377.204,11 | 348.351,93 | 322.045,20 | 291.875,59 | 270.453,77 |
| 27 | 6 | BENEFICIOS ACTUALIZADOS | 0,00 | 460.725,21 | 435.805,57 | 412.236,75 | 389.945,17 | 368.861,33 | 348.919,51 |
| 28 | 7 | FNE ACTUALIZADO | -52.420,09 | 58.447,50 | 58.601,46 | 63.884,82 | 67.899,97 | 76.985,73 | 78.465,74 |
| 29 | 8 | FNE ACUMULADO | 0,00 | 58.447,50 | 117.048,96 | 122.486,28 | 131.784,80 | 144.885,71 | 155.451,47 |
| 30 | 9 | VAN (Bs) | 352.870,12 | | | | | | |
| 31 | 10 | TIR (%) | 1,42 | | | | | | |
| 32 | 11 | B/C | 1,91 | | | | | | |
| 33 | | TASA DE DESCUENTO | 10,34 | | | | | | |
| 34 | | | | | | | | | |
| 35 | | | Van ingreso | $b 50.576,46 | | 32.762,56 | | | |
| 36 | | | Van egresos | $b 44.189,82 | | 19.657,53 | | | |
| 37 | | | Coss + inversión | $b 96.609,91 | | | | | |




| | A | B | C | D | E | F | G | H | I |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 | (-) | AMORTIZACION | 0,00 | 0,00 | 7.697,01 | 8.759,45 | 9.968,54 | 0,00 | 0,00 |
| 19 | (=) | USO | 52.420,09 | 0,00 | 7.697,01 | 8.759,45 | 9.968,54 | 0,00 | 0,00 |
| 20 | | FLUJO NETO | -52.420,09 | 66.045,68 | 74.828,20 | 92.179,22 | 110.709,11 | 141.841,22 | 163.361,89 |
| 21 | | **CALCULO DE VAN, TIR Y B/C** | | | | | | | |
| 22 | 1 | AÑO DE OPERACIÓN | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 23 | 2 | COSTOS TOTALES | 52.420,09 | 454.573,81 | 481.651,93 | 502.635,94 | 525.086,20 | 537.761,86 | 563.071,70 |
| 24 | 3 | BENEFICIOS TOTALES | 0,00 | 520.619,49 | 556.480,13 | 594.815,16 | 635.795,31 | 679.603,08 | 726.433,59 |
| 25 | 4 | TASA DE ACTUALIZACION 0,13 | 1,00 | 0,88 | 0,78 | 0,69 | 0,61 | 0,54 | 0,48 |
| 26 | 5 | COSTOS ACTUALIZADOS | 52.420,09 | 402.277,70 | 377.204,11 | 348.351,93 | 322.045,20 | 291.875,59 | 270.453,77 |
| 27 | 6 | BENEFICIOS ACTUALIZADOS | 0,00 | 460.725,21 | 435.805,57 | 412.236,75 | 389.945,17 | 368.861,33 | 348.919,51 |
| 28 | 7 | FNE ACTUALIZADO | -52.420,09 | 58.447,50 | 58.601,46 | 63.884,82 | 67.899,97 | 76.985,73 | 78.465,74 |
| 29 | 8 | FNE ACUMULADO | 0,00 | 58.447,50 | 117.048,96 | 122.486,28 | 131.784,80 | 144.885,71 | 155.451,47 |
| 30 | 9 | VAN (Bs) | 352.870,12 | | | | | | |
| 31 | 10 | TIR (%) | 1,42 | | | | | | |
| 32 | 11 | B/C | 1,91 | | | | | | |
| 33 | | TASA DE DESCUENTO | 10,34 | | | | | | |
| 34 | | | | | | | | | |
| 35 | | | Van ingreso | $b 50.576,46 | | 32.762,56 | | | |
| 36 | | | Van egresos | $b 44.189,82 | | 19.657,53 | | | |
| 37 | | | Coss + inversión | $b 96.609,91 | | | | | |
| 38 | | | | | | | | | |




| | A | B | C | D | E | F | G | H | I |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 16 | (-) | INVENTARIO ACTIVO DIFERIDO | 4.500,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 17 | (-) | INVENTARIO KW | 21.495,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 18 | (-) | AMORTIZACION | 0,00 | 0,00 | 7.697,01 | 8.759,45 | 9.968,54 | 0,00 | 0,00 |
| 19 | (=) | USO | 52.420,09 | 0,00 | 7.697,01 | 8.759,45 | 9.968,54 | 0,00 | 0,00 |
| 20 | | FLUJO NETO | -52.420,09 | 66.045,68 | 74.828,20 | 92.179,22 | 110.709,11 | 141.841,22 | 163.361,89 |
| 21 | | **CALCULO DE VAN, TIR Y B/C** | | | | | | | |
| 22 | 1 | AÑO DE OPERACIÓN | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 23 | 2 | COSTOS TOTALES | 52.420,09 | 454.573,81 | 481.651,93 | 502.635,94 | 525.086,20 | 537.761,86 | 563.071,70 |
| 24 | 3 | BENEFICIOS TOTALES | 0,00 | 520.619,49 | 556.480,13 | 594.815,16 | 635.795,31 | 679.603,08 | 726.433,59 |
| 25 | 4 | TASA DE ACTUALIZACION 0,13 | 1,00 | 0,88 | 0,78 | 0,69 | 0,61 | 0,54 | 0,48 |
| 26 | 5 | COSTOS ACTUALIZADOS | 52.420,09 | 402.277,70 | 377.204,11 | 348.351,93 | 322.045,20 | 291.875,59 | 270.453,77 |
| 27 | 6 | BENEFICIOS ACTUALIZADOS | 0,00 | 460.725,21 | 435.805,57 | 412.236,75 | 389.945,17 | 368.861,33 | 348.919,51 |
| 28 | 7 | FNE ACTUALIZADO | -52.420,09 | 58.447,50 | 58.601,46 | 63.884,82 | 67.899,97 | 76.985,73 | 78.465,74 |
| 29 | 8 | FNE ACUMULADO | 0,00 | 58.447,50 | 117.048,96 | 122.486,28 | 131.784,80 | 144.885,71 | 155.451,47 |
| 30 | 9 | VAN (Bs) | 352.870,12 | | | | | | |
| 31 | 10 | TIR (%) | 1,42 | | | | | | |
| 32 | 11 | B/C | 1,91 | | | | | | |
| 33 | | TASA DE DESCUENTO | 10,34 | | | | | | |
| 34 | | | | | | | | | |
| 35 | | | Van ingreso | $b 50.576,46 | | | | | |
| 36 | | | Van egresos | $b 44.189,82 | | | | | |
| 37 | | | Coss + inversión | $b 96.609,91 | | | | | |
| 38 | | | | | | | | | |

## Anexo N° 2

# VENTAJAS PRODUCIENDO LADRILLO CON MÁQUINAS

**Utilizando máquinas se produce ladrillos de mejor calidad y uniformes, también se puede diversificar los productos**

Actualmente, la producción artesanal de ladrillos es un proceso que no utiliza ningún tipo de máquina. Elaborar ladrillos artesanalmente es bastante complicado y esforzado, comprende más tiempo, mano de obra e insumos, que una producción con máquinas. Esto se ve reflejado en los costos que los productores artesanales de ladrillo tienen que invertir cada vez que producen ladrillo.

Para pasar de una producción artesanal a un proceso que use maquinarias, el productor requiere de un esfuerzo económico para la inversión de la máquina. Con una buena gestión, está inversión pronto se verá recompensado por la mejora en el proceso de producir ladrillo, en tiempo y cantidad de ladrillo producido y la diversificación de productos. Por ejemplo, existen máquinas de extrusión que no solamente producen ladrillo macizo o gambote, sino también ladrillo hueco, además de mejorar la calidad del producto (mayor uniformidad en el tamaño, peso y forma). Estas son algunas de las ventajas que la mecanización en el proceso de producción de ladrillos puede ofrecer a los productores que decidan dar un paso adelante.

En esta oportunidad, el Hornero ha visitado a Edgar Camacho, quien es productor de ladrillos en la zona de Champa Rancho en la ciudad de Cochabamba. Es una zona en la cual el proceso de producción de ladrillos es totalmente artesanal, es decir que no se utiliza ningún tipo de maquinaria para producir ladrillo. Edgar le ha contado al Hornero que ha tomado la decisión de adquirir maquinarias que hacen un cambio profundo en su producción, al respecto él comentó:

La mezcla de arcilla y el moldeo de ladrillo realizado manualmente

la mezcla de arcilla realizada con máquina

**El Hornero: ¿Cómo te animaste a adquirir maquinarias para la producción de ladrillos?**

Edgar Camacho: yo me animé a adquirir maquinaria porque vi cómo se trabajaba en los diferentes países que tuve la suerte de visitar .mediante el componente de intercambio de experiencias Sur –Sur del programa EELA y eso me animó a adquirir estas máquinas para producir ladrillo.

**EH: ¿Cuáles son las máquinas que compraste y cuánto dinero te han costado éstas máquinas?**

EC : las máquinas que adquirí son: un desintegrador o triturador de arcilla, dos cintas transportadoras, un laminador, un mezclador, una extrusora, una cortadora y un molino de martillo, que tienen un costo aproximado de unos 30.000 dólares en total.

**EH: ¿En cuánto tiempo crees que recuperarás esta inversión de dinero?**

EC: De momento no tengo idea, porque estoy en proceso de emplazamiento

**EH: ¿Qué ventajas ha tenido tu producción de ladrillo con la aplicación de las máquinas que compraste?**

EC: las ventajas son muchísimas, desde la diversificación del producto, hasta el levantamiento en el proceso de fabricación

**EH: ¿Cómo crees que se ayuda con estas maquinarias a reducir la contaminación ambiental?**

EC: al utilizar maquinaria para la producción de ladrillo ya no se pone ningún aditamento como se lo hace en la producción artesanal, es decir ya no se coloca aserrín, viruta de cuero y otros, esto hace que al momento de la cocción exista menos contaminación

**EH: ¿Crees que la experiencia de aplicar maquinaria pueda ser replicada por tus compañeros productores de ladrillo?**

EC: sí, porque tiene muchas ventajas, que produce ladrillos con mejor acabado, hasta un producto más terminado y competitivo en el mercado.

**EH: ¿Qué le falta al productor de ladrillos para aplicar maquinaria en su producción?**

EC: al productor le falta que se le demuestre todas las ventajas de las máquinas. También es importante tomar en cuenta los financiamientos con interés de fomento y periodo de gracia hasta que entre en producción.

**EH: ¿Qué pediría a las empresas que se dedican a la fabricación de máquinas para la producción de ladrillos?**

EC: les diría a todas las empresas que se dedican a la fabricación de maquinaria, que deben tomar en cuenta el precio de la fabricación, que sean accesibles para la economía artesanal, porque no tenemos gran capacidad económica.

**EH: ¿Cuál sería tu mensaje para sus compañeros productores de ladrillo artesanal que se encuentran trabajando en otras zonas de Bolivia?**

EC: que es hora de dar un paso más en la producción de ladrillo, no podemos quedarnos con la tecnología artesanal que data de la época romana.

09

**Anexo N° 3**

# Ecologia, Medio Ambiente Bolivia

Información de medio ambiente y propuestas verdes en Bolivia

**miércoles, 14 de mayo de 2014**

## Cochabamba Ladrilleras agravan la contaminación

Las ladrilleras, yeseras y caleras se constituyen en la segunda fuente de contaminación atmosférica en la ciudad por la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) que aportan partículas 2,5 y 10 PM al ambiente, según un último informe sobre la calidad del aire en 1.600 ciudades de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

A pesar de que las ladrilleras de la zona de Champa Rancho, al sur de la ciudad, funcionan con gas natural, la contaminación aún es alta debido al uso de hornos tipo volcán. Los mismos se caracterizan por tener una plancha y toda la parte superior descubierta, lo que facilita que se libere el humo, según un diagnóstico del programa de Eficiencia Energética en Ladrilleras y Yeseras (EELA) de Swisscontact.

A ello se suma que gran parte de las ladrilleras de la región metropolitana y del valle alto aún utilizan leña, plásticos y hasta neumáticos para calentar sus hornos, con un impacto negativo en la calidad del aire.

Por ello, se trabaja en incentivar el cambio de tecnología de hornos volcán a hornos tipo volcán con ventilador, hornos túnel Batch y hornos túnel Hoffman. Los mismos reducen la emisión de gases GEI, son más eficientes y aumentan los ingresos.

Municipio

El responsable de la Dirección de la Madre Tierra del municipio, Germán Parrilla, informó que la Alcaldía ultima la revisión de un reglamento transitorio para el control de las ladrilleras en Champa Rancho a fin de combatir la contaminación.

Explicó que la normativa prohibirá y sancionará el uso de llantas, leña, residuos de curtiembres y otros elementos contaminantes para la cocción de ladrillos. Además, de regular la frecuencia de la producción. “Una vez aprobado tendremos las herramientas para realizar un control”, aseveró.

Agregó que también se trabaja en la “reformulación” del plan Champa Rancho, elaborado en 2010. Explicó que el plan cuenta con “incoherencias” puesto que establecía la prohibición de la construcción de nuevos hornos para la producción de ladrillos y su traslado al municipio de Santiváñez. El nuevo plan planteará el cambio de la tecnología utilizada por las ladrilleras de hornos tipo “volcán” a otros.

Cochabamba tiene 387 ladrilleras

En el país existen 2.074 productores ladrilleros artesanales. Santa Cruz cuenta con 1.327, Cochabamba 387 y Beni 246. Se trata de un sector informal y de una economía familiar. Se estima que en cada unidad

trabajan cuatro personas. En todo el país la actividad genera 11.000 empleos.

Las ladrilleras producen 770 millones de piezas, consumen 660 mil toneladas de biomasa, lo que genera una emisión de 1 millón de toneladas de dióxido de carbono (CO2), según el programa EELA de Swisscontact.

Publicado por industry en 9:36
Etiquetas: COCHABAMBA, CONTAMINACION

**Anexo N° 4**

PROCESO DE CARGUEO Y COCCIÓN DE LADRILLO
Antes
Después
CARGUEO
Horno a Leña
Horno a Gas Natural

PROCESO DE COMERCIALIZACION
enfriado
comercialización
Comercialización

## LINEA DE PRODUCCION

## CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

- Uno de los problemas principales era la quema de leña, gomas y otros, paulatinamente ha sido desplazado por la utilización de gas natural en la zona, prácticamente un 100% de los hornos tienen esta conexión y existe una prohibición al uso de otros combustibles que no sea el gas natural.
- El cambio de fuente de combustible de hecho ha generado una reducción importante en la contaminación ambiental generada en la quema de ladrillo. La sustitución de la leña por gas natural reduce las emisiones de Dióxido de Carbono (CO2) el principal gas de efecto invernadero por jornada en un 59%.

## PROYECTO PILOTO HORNO TÚNEL SEMICONTINUO

- Nueva Propuesta para los Productores Artesanos de Ladrillo.
- Percepción del Productor sobre el horno.

## MAQUINARIA SEMIMECANIZADA

- Percepción del Productor sobre la maquinaria semi-mecanizada.

## Anexo N° 5

*ANÁLISIS ECONÓMICO DE TECNOLOGÍAS ALTERNATIVAS EN LA PRODUCCIÓN DE LADRILLO PARA LA CONTRIBUCIÓN EN LA MITIGACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL: CASO PRODUCTORES LADRILLEROS SACABA-COCHABAMBA*

***BOLETA DE ENCUESTA***

**(Dirigida a unidades productivas del sector ladrillero artesanal de Sacaba - Cochabamba)**

Esta encuesta es de carácter académico para la realización de una tesis y tiene como objetivo efectuar la descripción de los procesos de producción de ladrillo que emplean los productores, además de identificar las tecnologías y prácticas ineficientes en la producción artesanal.

*Nº de boleta:* *Código:* *Fecha:*
*Dirección:*
*Cargo:*

SECCIÓN A (Datos del generales de la unidad productiva)

1) *Tiempo de Funcionamiento en un año de producción.*

2) *Extensión de terreno que ocupa el horno en metros cuadrados.*

3) *Es usted dueño del terreno*
*Si* *No*

SECCIÓN B (Características de la unidad productiva)

1) *Cuál es la Capacidad total de su horno?*

2) *Cuantas quemas realiza al mes?*

3) *Usa ventiladores para la quema?*

4) *Usa Otro Equipo para la quema?*
*Si* *No* *Cual*_____

5) *Rendimiento sin ventilador / equipo.*
*Mejoras en la Producción* *Igual Producción* *Menor Producción*

6) *Rendimiento Con ventilador / equipo.*
*Mejoras en la Producción* *Igual Producción* *Menor Producción*

7) *Cuanto le costó Obtener su ventilador / equipo?*
*3500 – 3000* *2500 – 2000* *Otro*_____

8) *Usted obtuvo el equipo por:*
*Alquiler* *Rotación*
*Propio* *Asociativo*

*ANÁLISIS ECONÓMICO DE TECNOLOGÍAS ALTERNATIVAS EN LA PRODUCCIÓN DE LADRILLO PARA LA CONTRIBUCIÓN EN LA MITIGACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL: CASO PRODUCTORES LADRILLEROS SACABA-COCHABAMBA*

**SECCIÓN C (Combustibles utilizados)**

Tipo y cantidad de combustible utiliza por cada quema Sin ventilador / equipo.

| | Sin ventilador / equipo | | | | Con ventilador / equipo | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Combustibles | Cantidad | Unidad | Costo | | Cantidad | Unidad | Costo | |
| 1) Gas natural | | | | | | | | |
| 2) Carbón Vegetal | | | | | | | | |
| 3) Leña | | | | | | | | |
| 4) Aserrín | | | | | | | | |
| 5) Llantas | | | | | | | | |
| 6) Otros (como silicato) | | | | | | | | |

**SECCIÓN D (Características de la producción de ladrillo)**

¿Qué tipo de ladrillo produce?

| | | | |
|---|---|---|---|
| Gambote | SI | NO | Precio de venta x 1000 de primera |
| | | | Precio de venta x 1000 de segunda |
| | | | Precio de venta x 1000 merma |
| Muro 18 | SI | NO | Precio de venta x 1000 de primera |
| | | | Precio de venta x 1000 de segunda |
| | | | Precio de venta x 1000 merma |
| Otros | SI | NO | Precio de venta x 1000 de primera |
| | | | Precio de venta x 1000 de segunda |
| | | | Precio de venta x 1000 merma |

Descripción por tipo de ladrillo

| | Sin ventilador / equipo | | | | Con ventilador / equipo | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tiempo de quema | Tiempo enfriado (días) | Producción / Quema Relación | | Tiempo de quema | Tiempo enfriado (días) | Producción / Quema Relación | |
| Gambote | | | Primera | | | | Primera | |
| | | | Segunda | | | | Segunda | |
| | | | Merma | | | | Merma | |
| Muro 18 | | | Primera | | | | Primera | |
| | | | Segunda | | | | Segunda | |
| | | | Merma | | | | Merma | |
| Otros | | | Primera | | | | Primera | |
| | | | Segunda | | | | Segunda | |
| | | | Merma | | | | Merma | |

*ANÁLISIS ECONÓMICO DE TECNOLOGÍAS ALTERNATIVAS EN LA PRODUCCIÓN DE LADRILLO PARA LA CONTRIBUCIÓN EN LA MITIGACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL: CASO PRODUCTORES LADRILLEROS SACABA-COCHABAMBA*

**SECCIÓN E (Materias primas)**

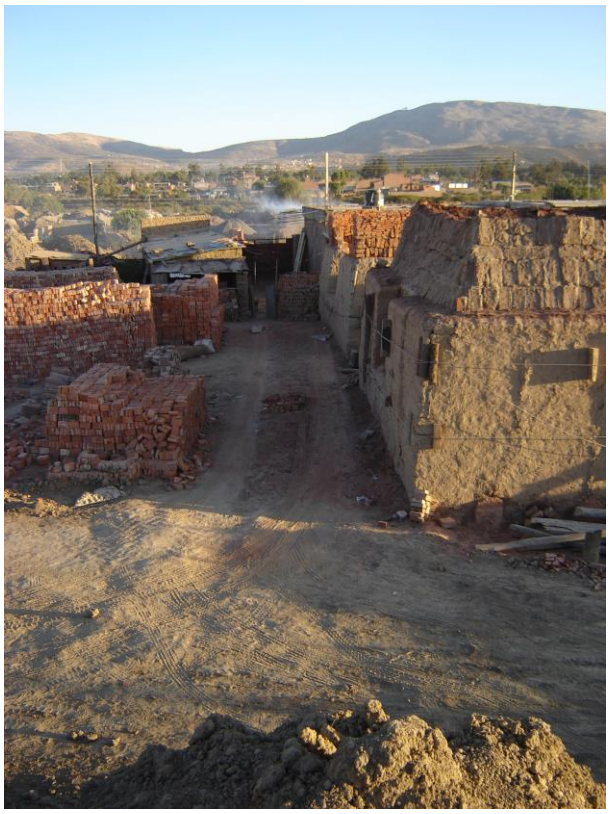
| Combustibles | Cantidad | Unidad | Costo | |
|---|---|---|---|---|
| 1) Arcilla | | | | |
| 2) Agua | | | | |
| 3) Otros insumos | | | | |
| 4) Otros insumos | | | | |

**SECCIÓN F (Empleo de equipos de seguridad)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1) Casco de seguridad | SI | NO | Bs. |
| 2) Guantes de cuero | SI | NO | Bs. |
| 3) Botas de cuero | SI | NO | Bs. |
| 4) Anteojos | SI | NO | Bs. |
| 5) Barbijo | SI | NO | Bs. |
| 6) Overol | SI | NO | Bs. |
| 7) Cinturones de postura | SI | NO | Bs. |
| 8) Tapón auditivo | SI | NO | Bs. |
| 9) Cinturones de postura | SI | NO | Bs. |
| 10) chaleco de Señalización | SI | NO | Bs. |

**SECCIÓN G (Costos indirectos de producción)**

| | |
|---|---|
| 1) Sueldos o salarios | Bs. |
| 2) Agua | Bs. |
| 3) Luz | Bs. |
| 4) Gas | Bs. |
| 5) Transporte | Bs. |
| 6) Permiso o licencia | Bs. |
| 7) Combustible | Bs. |
| 8) | Bs. |
| 9) | Bs. |
| 10) | Bs. |

***¡Gracias por su colaboración!***

## Anexo N° 6