



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Contaduría y Administración
Especialidad en Finanzas

**ESTUDIO FINANCIERO; OPERACIÓN DE LADRILLERAS DE SAN JUAN DEL RIO CON BRIQUETAS
DE BIOMASA**

Opción de titulación
Tesis o Publicación de artículos

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de
Maestría en Administración

Presenta:
Enrique Ferreira Rolón

Dirigido por:
Juan Antonio Martínez

Juan Antonio Martínez
Presidente

Dra Josefina Morgan
Secretario

Nombre del Sinodal
Vocal

Nombre del Sinodal
Suplente

Nombre del Sinodal
Suplente

Nombre y Firma
Director de la Facultad

Dr. Irineo Torres Pacheco
Director de Investigación y Posgrado

Centro Universitario
Querétaro, Qro.

Fecha (será el mes y año de aprobación del Consejo Universitario)

RESUMEN

La calidad del ambiente de San Juan del Rio se ha deteriorado por las emisiones de a la atmosfera provenientes de las ladrilleras ubicadas en el corredor San Juan del Rio - Tequisquiapan. En el 2006 las emisiones de CO₂ medidas en el área de referencia alcanzaron de 112,324 (referencia) toneladas representando el 1.8% de las emisiones a nivel nacional (sumando otras emisiones como N₂O y CH₄). Los combustibles utilizados por los productores de ladrillos de forma artesanal son muy variados entre los que se pueden nombrar: basura, madera, aceite quemado, combustóleo y poliéster. Esta combinación de combustibles sumada a un proceso ineficiente de combustión y perdidas de energía a falta de aislamiento en los hornos resulta en consumos mayores de combustibles por ladrillo además de la generación de sustancias tóxicas derivadas de la diversidad de los combustibles utilizados. Este estudio propone la sustitución de los combustibles actualmente utilizados por briquetas de biomasa de madera de pino haciendo una revisión de los gastos de inversión de una planta productiva que pueda dotar de briquetas a la región del Corredor de San Juan del Rio – Tequisquiapan. También se revisaron los costos de producción actuales de producción de ladrillos tomando como referencia productores de la comunidad de San Nicolás Tequisquiapan dentro de la zona del corredor con el objetivo de determinar la diferencia de costos entre el proceso actual de fabricación con el nuevo proceso utilizando briquetas. Como resultado del uso de las briquetas en pruebas realizadas en un horno de ladrillos se pudo determinar de forma cuantitativa la reducción del uso de combustible comparándolo con aserrín y aceite quemado además de la reducción de las emisiones de CO₂ utilizando factores de emisiones para su determinación. Los costos de fabricación de ladrillo al utilizar briquetas de madera de pino como combustible muestran un incremento de entre 3.9 y 4.5 veces con la diferenciación que el producto obtenido bajo este proceso da beneficios a las comunidades desde el punto de vista ecológico, sustentable, salud y seguridad.

(Palabras clave: Briquetas de Biomasa, Ladrillos Artesanales, Estudio Financiero)

SUMMARY

The environmental quality of San Juan del Rio City had been deteriorated due to the atmospheric emissions from the artisanal brick furnaces facilities which are located between San Juan del Rio and Tequisquiapan cities. In 2006 the CO₂ emissions in this area reached 112,324 tons, this amount represented the 1.8% of the total country emissions (this percentage also include other emissions like N₂O and CH₄). The fuels used by the artisanal bricks manufacturers include wide range of different materials like: trash, wood, waste oil, plastic and diesel oil. This mix of fuels plus an inefficient combustion process and the energy losses due to a lack of insulation results in higher fuels consumptions per brick and also the generation of different toxic substances related to the diversity of fuels. This work propose the substitution of the current fuels used in the artisanal brick manufacturing by pine wood biomass briquettes and also makes a revision in the investment cost (CAPEX and OPEX) to install and operate a briquettes manufacturing facility which would supply fuel to the artisanal brick producers in the region. This work also makes a revision of the current bricks production cost, considering the manufacturers from San Nicolás Tequisquiapan Community located in the same region, the resulted cost had being compared with the manufacturing cost when pine biomass briquettes are used as fuel. As a result of the utilization of the wood pine biomass briquettes in the artisanal bricks manufacturing process was possible to confirm the reduction of kilograms of fuel per brick produced and the reduction of CO₂ emissions using emission factors for calculations. The manufacturing cost using pine wood biomass briquettes as fuel shown an increment between 3.9 to 4.5 times compared with the current brick manufacturing cost plus the Communities benefits related to ecology, sustainability, health and safety

(Key words: Biomass Briquettes, Artisanal Bricks, Financial Study)

Agradecimientos

Dirección General de Bibliotecas UAQ

Dedicatorias

Agradezco a Dios por todas las bendiciones recibidas, las que recibo y son parte de mi vida y las bendiciones que recibiré, gracias por mostrarme el camino y estar presente en cada uno de los instantes de mi vida aquí. Agradezco a mis padres Enrique y Margarita por haberme dado la vida enseñándome las lecciones de crecimiento de una forma muy particular, gracias por todo. Agradezco a mis hijas Natalia y Valeria por haberme escogido como su padre y ser luces que iluminan el camino, gracias por todo. Agradezco a mis Hermanos Alejandro, Mariana y Carlos por ser mí familia, gracias por todo. Agradezco a mis antepasados por acompañarme con su sabiduría.

Agradezco a los amigos, agradezco a los “Tetras”, agradezco a los contrincantes, agradezco a los maestros, agradezco a mi país México, agradezco a la Universidad Autónoma de Querétaro y a sus Maestros, Doctores y Personal Administrativo por todas sus aportaciones para la realización de este logro académico y personal, gracias por todo.

Gracias a Tony y Jorge S. por su apoyo para la realización de las pruebas, gracias al Maestro Juan Antonio por su apoyo en el desarrollo de la tesis, Gracias a las Comunidades de San Nicolás Tequisquiapan, Vistha y a las familias por todas las facilidades para la realización de las pruebas, su hospitalidad y confianza. Gracias a todas esas personas que son milagros en mi vida, gracias, gracias, gracias.

INDICE	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. ESCENARIO LATINO AMÉRICA LADRILLERAS, COMBUSTIBLES UTILIZADOS Y CONTAMINANTES	1
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. REVISIÓN DE CASOS LATINOAMÉRICA Y OTROS PAÍSES, PROCESO DE FABRICACIÓN DE BRIQUETAS	6
2.1.1. <i>Caso Cuba</i>	6
2.1.2. <i>Caso Colombia</i>	8
2.1.3. <i>Caso Ecuador</i>	9
2.1.4. <i>Proceso de Fabricación de Briquetas</i>	10
3. OBJETIVO GENERAL	15
3.1. OBJETIVOS PARTICULARES	15
4. METODOLOGÍA	17
4.1.2. <i>Determinación de Volumen de Biomasa en la Región</i>	19
4.1.3. <i>Requerimiento de biomasa para ladrilleras de la Región</i>	22
4.1.4. <i>Entrevistas con Productores de Ladrillos, Proceso de Fabricación, Costos de Fabricación</i>	24
4.1.5. <i>Costeo Actual de Producción de Ladrillos</i>	30
4.1.6. <i>Diseño de Planta, Costos de Inversión, Costos de Manufactura, Análisis Financiero</i>	31
4.1.7. <i>Costos e Inversión</i>	33
4.1.8. <i>Prueba en horno con briquetas de biomasa/Adecuación de Hornos</i>	47
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	54
5.1. EFICIENCIA DEL COMBUSTIBLE (COMBUSTIBILIDAD)	54

5.2. REDUCCIÓN DE CONSUMO DE COMBUSTIBLES Y CONTAMINANTES	55
5.3. COSTOS DE COMBUSTIBLE Y DE LADRILLO	56
5.4. PRECIO DE VENTA DE LADRILLOS A NIVEL NACIONAL	57
5.5. ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROYECTO	59
5.6. ENCUESTAS DE MERCADO	63
<i>Social</i>	64
<i>Hornos y ecología</i>	64
<i>Subsidios</i>	64
<i>Combustibles, Costos de Combustible y Precios de Venta</i>	65
<i>Salud</i>	65
CONCLUSIONES	66
REFERENCIAS	69
APÉNDICE A ENCUESTA DE MERCADO	73
APÉNDICE B IMÁGENES LADRILLERAS	77

ÍNDICE DE TABLAS**Página**

Tabla 4.1 Estimación de producción mensual de ladrillo por comunidad ladrillera	23
Tabla 4.4. Materias primas utilizadas en un lote de fabricación de 11 ladrillos artesanales	29
Tabla 4.5. Materias primas y costo para la fabricación de un lote de 11,000 ladrillos	31
Tabla 4.6. Inversión en activos planta de fabricación de briquetas de biomasa	34
Tabla 4.7. Inversión en capital de trabajo	34
Tabla 4.8. Consideraciones para la elaboración de costos del proyecto de inversión	36
Tabla 4.9. Base de costos por periodo para la elaboración del proyecto de inversión	37
Tabla 4.10. Costos fijos del proyecto de inversión	38
Tabla 4.11. Costos de Administración y Ventas del proyecto de inversión	39
Tabla 4.12. Costos Variables del Proyecto de inversión	39
Tabla 4.13. Costo total y Ventas por periodo del proyecto de inversión	40
Tabla 4.14. Estado de resultados del proyecto de inversión periodo evaluado 5 años	41
Tabla 4.15 Flujos de efectivo del proyecto de inversión periodo evaluado 5 años	42
Tabla 4.16. Balance de resultados del proyecto de inversión periodo de evaluación 5 años	43

Tabla 4.17. Estado de Origen del proyecto de inversión periodo de evaluación 5 años	44
Tabla 4.18. VPN y Tasa interna de retorno	45
Tabla 4.19. Cálculo de WACC para el cálculo del VPN del proyecto industrial	48
Tabla 4.20. Pruebas realizadas con briquetas en horno de fabricación de ladrillos artesanales en San Nicolás Tequisquiapan.	51
Tabla 5.1. Emisiones generadas por diferentes tipos de combustibles en la producción de ladrillo artesanal	57
Tabla 5.2. Costos de producción de lote de 11,000 piezas de ladrillo artesanal usando briquetas como combustible	58

ÍNDICE DE FIGURAS	Página
figura 2.1 proceso de fabricación de briquetas	14
figura 2.2 diagrama 3d proceso industrial	14
figura 4.1 vista panorámica de la comunidad de vistha	25
figura 4.2 horno a cielo abierto en la comunidad de san nicolás tequisquiapan, capacidad 11 mil ladrillos por quema.	26
figura 4.3 ladrillos crudos son secado al sol previo a ser quemados dentro del horno	27
figura 4.4 quemador hechizo de aceite usado usa agua como medio de transporte	29
figura 4.5 rentabilidad de las industrias de estados unidos en el 2015	46
figura 4.6 <i>horno tipo cielo abierto de fabricación de ladrillo rojo artesanal y ventilador de suministro de aire combustión</i>	48
figura 4.7 <i>combustibles utilizados durante la prueba en el horno</i>	49
figura 4.8 <i>combustión inicial se puede observar en esta imagen; las briquetas están iniciando el proceso de combustión con la ayuda del aire suministrado por el ventilador.</i>	51
figura 4.9 <i>esta imagen muestra la combustión completa de las briquetas. El ventilador continúa suministrando aire de forma constante.</i>	51
figura 4.10 <i>final de la combustión de la briqueta, sin suministro de aire del ventilador.</i>	52
figura 4.11 <i>quema usando briquetas</i>	53
figura 4.12 <i>quema utilizando aserrín</i>	53

figura 5.1 <i>eficiencia de combustión de las briquetas</i>	54
figura 5.2 rendimiento sobre capital de trabajo	59
figura 5.3 rendimiento sobre activo	60
figura 5.4 margen de utilidad antes de impuestos	61
figura 5.5 rotación del capital de trabajo	61
figura 5.6 rotación del capital de trabajo	62
figura 5.7 endeudamiento a largo plazo	63

Dirección General de Bibliotecas UAQ

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Escenario latino América ladrilleras, combustibles utilizados y contaminantes

El diagnóstico elaborado por el Programa de Eficiencia Energética en Ladrilleras reporta que en América Latina hay aproximadamente 45 mil productores ladrilleros (Vida, 2016); estando la mayor parte de los productores en la informalidad. En países como Brasil y Colombia se ha reducido considerablemente la informalidad y se ha mejorado la tecnificación. Por otro lado países Perú, Ecuador, Bolivia y México están iniciando el proceso de adecuación de tecnologías mejoradas. Debido a su baja tecnificación, el sector ladrillero presenta una baja eficiencia de aprovechamiento energético; es decir, consume mucho combustible para producir poco, esta ineficiencia en parte se relaciona a la producción hecha en hornos abiertos. Esta condición genera altas emisiones, especialmente durante la etapa de cocción de ladrillos y tejas.

Los hornos ubicados en la región de Latinoamérica se caracteriza por utilizar como combustibles; leña, aserrín, residuos agrícolas, carbón mineral, gas y en algunos casos, llantas o aceite usado. Las emisiones más significativas suelen ser las de material particulado, estas son generadas en los hornos durante el proceso de quema sin embargo, también otros contaminantes como; Dióxido de azufre, Dióxido de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles están presentes. El impacto de la presencia de estos contaminantes en la atmósfera depende del combustible, la tecnología y las prácticas de producción aplicadas en el proceso.

Estos elementos tienen efectos directos e indirectos en la salud humana, la flora, la fauna y los cuerpos de agua, y contribuyen al cambio climático.

Las iniciativas llevadas a cabo por la Coalición de Clima y Aire Limpio en la región de Latino América para Reducir Contaminantes de Vida Corta están enfocadas a la tecnificación de los procesos, mejora de las políticas públicas y la integración de actores sin embargo, no introduce el factor combustible como causa de generación de contaminantes. En este punto es que las Briquetas de Biomasa pueden aportar componente adicional para la reducción de contaminantes generados por las ladrilleras con procesos artesanales. Esta ventaja se puede obtener al ser la briqueta un combustible con características constantes y por lo tanto ofrece condiciones de estandarización y mejora de los procesos de fabricación de ladrillo de forma artesanal.

1.2. Contaminación debido a operación de ladrilleras en el corredor San Juan del Rio.Tequisquiapan

La fabricación de ladrillo rojo en el área de san juan del rio se realiza bajo un proceso artesanal; este proceso es ineficiente debido a la obsolescencia de los hornos utilizados, entre 300 y 400 hornos son los establecidos en el corredor San Juan del Rio – Tequisquiapan presentando un 70% de los hornos del Estado de Querétaro (Alonso, 2006, pp. 45). En Vistha comunidad ubicada en el corredor San Juan del Rio.Tequisquiapan se producen 1.6 millones de ladrillo mensualmente; entre los combustibles utilizados en las ladrilleras destacan: el combustóleo, los aceites usados, la leña, los desperdicios agrícolas, basura en general, entre otros como los plásticos. En otra comunidad importante dentro del

mismo corredor mencionado es la comunidad de San Nicolás Tequisquiapan en la cual se producen alrededor de 2.5 millones de ladrillos de forma mensual.

De acuerdo al estudio de (Alonso, 2006, pp. 45) fueron determinados las cantidades de diferentes metales y compuestos orgánicos utilizando factores de estimación basados en la CEPA (California Environmental Protection Agency). El estudio arrojó que se pueden estar generando cantidades importantes de vanadio, níquel, formaldehído, benceno, arsénico, furanos, mercurio y plomo derivados de proceso de fabricación de ladrillos que utilizan combustóleo como fuente de energía. El mismo estudio indicó que pruebas realizadas con ratones expuestos a los contaminantes provenientes de las ladrilleras en la comunidad de San Nicolás Tequisquiapan presentaron daño genotóxico comparado con ratones no expuestos. Las emisiones derivadas de la producción de ladrillos en un proceso artesanal no solo afectan la calidad del aire, éstas también afectan a los trabajadores de los hornos, a los habitantes de las comunidades dedicadas a la fabricación de ladrillos, a los habitantes de comunidades cercanas, el subsuelo, la flora y fauna, hasta se pueden depositar en alimentos de consumo humano entrando a la cadena alimenticia. En el 2016 se lanzó un proyecto de parte del gobierno de San Juan del Río para sustituir los hornos de ladrillo por hornos eléctricos, sin embargo esta iniciativa no fue bien aceptada por los ladrilleros ya que sus costos se verían afectados perdiendo margen de ganancia. Los hornos de fabricación de ladrillos y los recursos obtenidos de la venta de los ladrillos forman parte o la totalidad del sostén económico de las familias dueñas de hornos, este estudio también

considera la cuantificación de los costos de fabricación de los ladrillos utilizando las briquetas de biomasa como combustible.

Considerando los niveles altos de contaminación que prevalecen en el corredor San Juan de Rio. Tequisquiapan generados por las emisiones de las ladrilleras artesanales un cambio del combustible actual por el uso de briquetas de biomasa se visualiza benéfico para la región en cuestión.

Los altos niveles de contaminación en la región de San Juan del Rio. Tequisquiapan con las consecuentes afectaciones a la salud y medio ambiente derivados de los contaminantes generados por la industria ladrillera artesanal pueden ser atenuados y disminuidos a través sustitución de los combustibles utilizados en las ladrilleras por briquetas de biomasa. La sustitución de combustibles junto con una mejora en el proceso de fabricación toma relevancia al poder lograr una disminución de emisiones contaminantes a la atmosfera con una reducción de consumo de combustibles mejorando la calidad del ambiente de la región y las condiciones de trabajo de las familias dedicadas a la fabricación de ladrillos de forma artesanal.

La relevancia de la sustitución de los combustibles actuales utilizados en la fabricación de ladrillos de manera artesanal por briquetas de biomasa se destaca considerando el volumen de emisiones contaminantes que representan a nivel nacional (6.305 Millones de Toneladas por año con una aportación del 2.5% por parte del Estado de Querétaro) (Cárdenas B., 2012) además de los efectos colaterales que generan sobre el aire, agua, tierra y seres vivos. Los procesos de fabricación de ladrillos incluyendo los tipos de hornos en sí deben ser revisados

y adecuados por ejemplo integrando mejoras como: el aislamiento, los ventiladores de aire para la combustión, etc) que pueden proveer altos beneficios con un retorno de inversión. Las características de Calidad de los ladrillos considerando un proceso bajo condiciones estándar tiene altas probabilidades de mejorar la calidad de los ladrillos actuales al mantener condiciones de proceso constantes pudiéndose repetir de una producción a otra.

Dirección General de Bibliotecas UAO

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Revisión de casos Latinoamérica y otros países, Proceso de Fabricación de Briquetas

2.1.1. Caso Cuba

En la provincia de Manicaragua, provincia de Villa Clara, Cuba se implementó una metodología con el objetivo de realizar la sustitución parcial de leños de madera por residuos de aserrín conglomerado con arcilla con lo cual lograron disminuir el consumo total de combustible sin afectar de manera importante las características físicas y mecánicas de los ladrillos.

Es importante mencionar en este punto que el aprovechamiento de residuos de procesos agroindustriales constituye en la actualidad una significativa fuente de energía para muchos países del Tercer Mundo, no obstante, aún no se alcanza un adecuado y sistemático uso de ellos como fuente de energía alternativa para la producción de diversos materiales de construcción. La densificación de residuos proveniente de diversas fuentes de biomasa, es una opción atractiva para valorizar y mejorar las propiedades de tales desechos, puesto que disminuyen los costos de su manejo, transporte, almacenaje, etc., e incrementa su poder calorífico. Aplicando bajas presiones de compactación a la biomasa más un aglutinante se obtiene un producto sólido aglomerado que es conocido comúnmente como briqueta de biomasa.

La iniciativa anterior nació de una necesidad de disminuir la deforestación en el Municipio de Manicaragua debido a la creciente actividad de productores de ladrillos.

Los aserríos evaluados en el estudio generan cada año alrededor de 280 m³ de residuos en forma de aserrín, con un valor energético de 378 GJ/año (Iván Machado L., 2011), lo cual podría constituir un significativo potencial energético para la producción de cerámica roja u otras aplicaciones en el campo de las industrias de materiales de construcción locales. En general los residuos primarios y secundarios del procesamiento de madera, del bagazo, paja de caña, de trigo, maíz, arroz y otros desechos, se caracterizan por su poca densidad y bajo poder calórico por unidad de volumen por lo que resultan inadecuados para su combustión directa.

La fabricación de briquetas propuesta consta de aserrín con material arcilloso en diferentes proporciones (10-90, 20-80, 30-70) (Iván Machado L., 2011), esta mezcla es compactada en una briqueteadora para la obtención de las briquetas. La ventaja del combustible compactado radica en la disminución de la velocidad del consumo del mismo por la baja porosidad de la biomasa densificada esto se puede comprobar comparando la velocidad de consumo entre un leño de madera y una briqueta de biomasa densificada.

La evaluación del desempeño de las briquetas de biomasa se realizó haciendo una sustitución de la leña del 30 al 50% (Iván Machado L., 2011). Con estas sustituciones se logró la reducción de combustible entre un 15 y 20% con una mejora en la eficiencia del Horno de hasta un 40% (Iván Machado L., 2011),

este resultado indica la mayor producción de ladrillos por unidad energética y por horno lo cual puede considerarse un excelente resultado desde el punto de vista de la reducción de gases de combustión y contaminantes.

En combinación a un cambio de combustible mejoras en los hornos podrían implementarse tales como; el aislamiento y la reutilización de los gases calientes con lo que se logra mejorar la eficiencia de los mismos. En este estudio no se presentaron comparativos de costos por la sustitución de combustibles.

2.1.2. Caso Colombia

Trabajos similares de sustitución de combustibles en el sector ladrillero también se han realizado en Colombia donde se estima una generación de biomasa de 7000 ton/año (Ubaque, 2013) esto toma relevancia considerando que en el 2010 la biomasa aportó el 9.25% del requerimiento energético a nivel mundial logrando ser la mayor fuente de energía renovable.

Uno de los retos visualizados en Colombia es la consistencia del suministro de biomasa para la fabricación de Pellets además de las consideraciones del procesamiento de esta para obtener la briqueta. Otro punto importante es el bajo contenido energético comparado con otro tipo de combustibles como el fósil. Sin embargo, una de las ventajas más importantes de este material consiste en que es el único que permite reemplazar carbón de forma sustentable, ya que su producción y utilización no genera incremento del CO₂ atmosférico.

El análisis sobre la biomasa de la región comparada con el carbón muestra un 40% (Ubaque, 2013) menos de poder calorífico lo que representa una desventaja sin embargo, respecto los resultados de cenizas y azufre son menores

lo que mejora de manera importante las emisiones atmosféricas durante proceso de combustión.

En esta metodología se realizaron sustituciones del 20% (Ubaque, 2013) del carbón utilizado como combustible en el horno por pellets fabricados a partir de 2 tipos de biomasa (aserrín y podas distritales). Las pruebas realizadas y la caracterización de los diferentes combustibles, permitieron concluir que el uso de biomasa en el horno de cámaras con una sustitución del 20% de combustible, no genera cambios importantes en su operación y en algunos escenarios mejora sus condiciones, al aumentar la eficiencia del proceso de cocción. Se observa también que para este porcentaje de sustitución no se afecta la duración del proceso de cocción de los ladrillos. Dentro de todas las pruebas realizadas, se observa que el mejor material para realizar la sustitución de carbón por biomasa, corresponde al aserrín. Este estudio no abarca los costos asociados a la sustitución de combustible, tampoco menciona los resultados sobre la calidad de los ladrillos.

2.1.3. Caso Ecuador

En la región de Chambo Ecuador se desarrollaron máquinas simples para la producción de briquetas de biomasa (prensas manuales). La biomasa fue mezclada con arcilla que funciona como aglutinante en porcentajes entre un 20% y 30% en peso (Ecosur, 2006-2010), el proceso de fabricación del combustible culmina con un secado al sol de entre 5 a 8 días. El resultado es un combustible con una densidad de entre 800 a 1100 kg/m³ con un poder calorífico de 15 KJ/kg (Ecosur, 2006-2010) en promedio que podría ya ser utilizado como única fuente

energética en procesos como los de fabricación de ladrillo. En términos de costo la briqueta tiene un precio similar al de la madera en Chambo Ecuador por lo que su uso no ha sido práctico a pesar de sus ventajas ambientales.

Podemos resaltar que las iniciativas en la región de Latino América se han expandido a varios países los cuales consideran el uso de las briquetas de biomasa como una alternativa de sustitución de combustibles enfocada a disminuir la contaminación y también a reducir la deforestación de los bosques ya que la madera es el principal combustible utilizado en varios países de la región en la producción de ladrillos artesanales.

2.1.4. Proceso de Fabricación de Briquetas

Briquetas

La briqueta es un combustible (de origen lignocelulósico en la mayor parte de los casos) formado por la compactación de la biomasa. La materia prima principal para su fabricación son las astillas y residuos de madera. Se entiende como biomasa como el conjunto de materia orgánica renovable de origen vegetal o animal obtenida naturalmente o por alteración artificial de la anterior (Martín, 2001). La materia prima para la fabricación de la briqueta puede ser biomasa forestal proveniente de aprovechamientos selvícolas, biomasa forestal proveniente de los aserraderos, biomasa residual de la industria, biomasa residual urbana, carbón vegetal o simplemente una mezcla de todas las mencionadas anteriormente.

Características de las briquetas

Densidad: La característica principal de las briquetas es su alta densidad comparado con las astillas de madera, esta alta densidad facilita su transporte, manejo y almacenamiento. Por ejemplo pueden ocupar apenas un tercio del espacio del almacenaje comparado con el que utilizaría carbón, leña o astillas.

Los factores principales que influyen en la densidad de la briqueta son la materia prima empleada, entre más alta sea la densidad de la materia prima empleada mayor será la densidad de la briqueta y la presión utilizada para la formación de las briquetas en la prensa.

Composición Química: La importancia de la composición química de la materia prima utilizada para la fabricación de la briqueta es importante ya que de esta depende en buena medida el poder calorífico la briqueta. Por ejemplo las cantidades de corteza, madera y aditivos (en caso que sean parte del producto) deben ser conocidos y controlados; esto permite tener productos con calidad constante y homogénea en los procesos de producción continua de briquetas por mencionar un ejemplo.

Humedad: La materia prima utilizada para la fabricación de las briquetas suele ser seca (humedad menor al 12% base húmeda), la briqueta después de su proceso de fabricación contiene valores de humedad de entre 7.5 y 12%. Durante el proceso de fabricación de la briqueta debido a un calentamiento de la superficie externa aparece una especie de baquelizado; una película plástica fina de color negruzco que impide la entrada de agua fácilmente dentro de la briqueta. Este dato es considerado muy útil ya que es sabido que la húmeda reduce el poder calorífico de cualquier combustible forestal.

Poder Calorífico: Se entiende por poder calorífico la cantidad de energía desprendida por un kg de combustible al quemarse. Si en la combustión el agua se no es considerada se obtiene el poder calorífico superior (PCS). Si el agua se evapora durante el proceso se obtiene el poder calorífico inferior (PCI). Estos valores son obtenidos a nivel laboratorio utilizando bombas calorimétricas. Esta característica es la que distingue a los buenos combustibles de los que no lo son tanto, la composición química es la que dicta el poder calorífico de cada material. Combinando este concepto con la densidad se puede obtener el poder calorífico volumétrico que en el caso de las briquetas es de significancia importante ya que una de sus características principales es la alta densidad que presenta como ventaja frente a biocombustibles no densificados. Existen fórmulas de estimación de poderes caloríficos en función de su composición que no veremos en este estudio. Un valor aproximado de poder calorífico inferior para las briquetas es de 4500 Kcal/Kg considerando un 10% de humedad (Martín, 2001)

Inflamabilidad y Combustibilidad: La inflamabilidad de las briquetas suele ser similar o superior al de las leñas. Los tiempos de inflamabilidad de las leñas son muy variables ya que dependen de la cantidad de corteza, composición de la corteza y la superficie específica. Los combustibles forestales que más pronto se inflaman suelen ser el carbón vegetal y las astillas de madera. Al ser las briquetas un material más denso que la madera y por tener menos aire en su interior su el coeficiente térmico de la briqueta es mayor que el de la madera provocando como resultado que las briquetas ardan más despacio que la madera lo cual puede resultar ventajoso en caso que se requiera una combustión lenta.

Proceso de Fabricación

El proceso de fabricación de las briquetas se explica de una manera general en el diagrama de flujo del proceso figura 2.1:

- a) Almacenaje de Materias Primas: recepción de materias primas (aserrín, viruta, corteza, pedacería de madera), almacenaje según tipo de material por medio de apilamiento
- b) Molienda de la madera: reducción de tamaño de partícula de la materia prima de 1 a 10 mm de longitud por medio de un proceso de molienda
- c) Secado del Aserrín de Madera: eliminación de la humedad del aserrín (biomasa) por medio de secado con aire caliente en un secador rotatorio
- d) Briqueteado: formación de la briqueta a partir de la biomasa y un aglutinante natural (por ejemplo la resina contenida en la biomasa proveniente de las astillas de pino llamada lignina) , condiciones de presión y temperatura altas
- e) Enfriamiento: disminución de la temperatura por convección natural
- f) Corte: adecuación del tamaño de la briqueta por medio de una sierra de disco en función de tipo de producto
- g) Empaque: colocación de briquetas dentro del empaque, este puede ser plástico ó cartoncillo

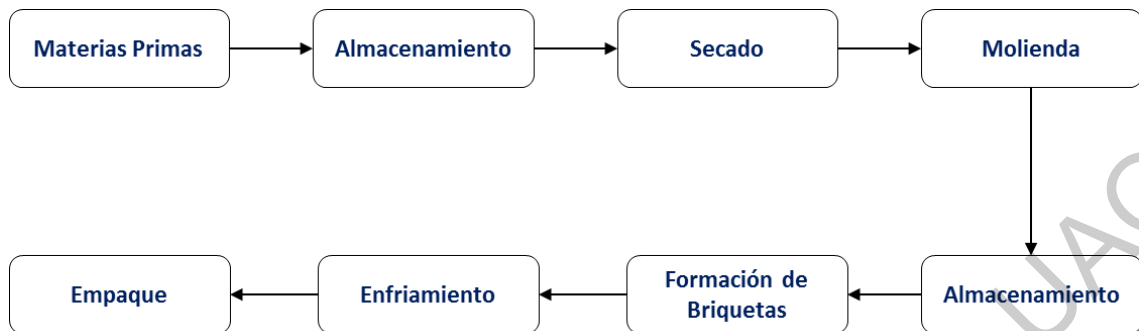


Figura 2.1 Proceso de Fabricación de briquetas. Fuente: Elaboración propia

En la figura 2.2 se muestra un diagrama 3D de un proceso industrial de fabricación de briquetas. Esta maqueta tridimensional muestra dos líneas en paralelo las cuales incluyen equipos de molienda, equipos de secado rotatorio, equipos de separación de aire y material (astillas), y los equipos de formación de briquetas.

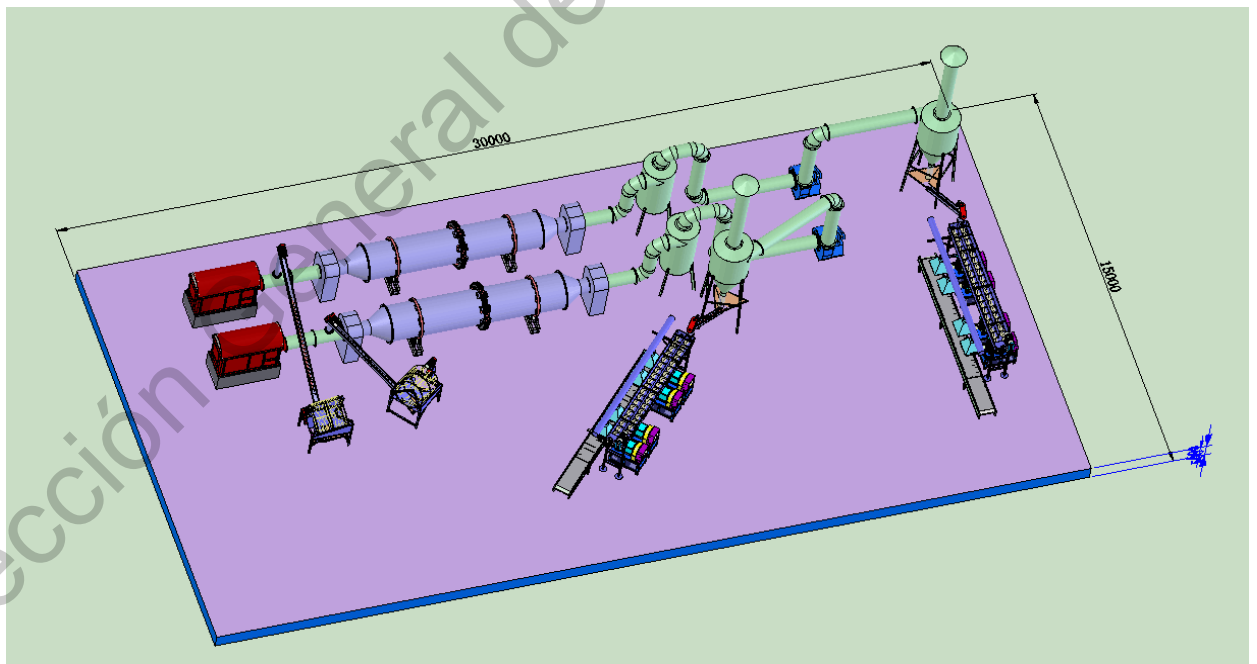


Figura 2.2 Diagrama 3D proceso industrial. Fuente: Anyang GEMCO Energy Machinery Co., Ltd, (2018)

3. OBJETIVO GENERAL

Este trabajo de investigación tiene como objetivo complementar los casos de estudio referenciados a Latino América donde se ha sustituido el combustible utilizado en las ladrilleras pero que se no cuenta con datos relacionados a la factibilidad financiera de un proyecto productivo de fabricación de briquetas de biomasa para la sustitución del combustible en el proceso de fabricación de ladrillos artesanales. Esta investigación también sienta antecedente para determinar la factibilidad financiera de sustitución de los combustibles desde la perspectiva las familias dedicadas a esta actividad económica, al ser sustento de los integrantes de las familias y comunidades del corredor de San Juan del Rio - Tequisquiapan.

La evaluación del proyecto financiero propuesto consiste en determinar la factibilidad de un proyecto productivo de fabricación de briquetas en la región San Juan del Rio -Tequisquiapan para dotar de combustible, briquetas de biomasa, a las ladrilleras localizadas en la región con el objetivo de disminuir las emisiones de contaminantes y los efectos nocivos generados por estos. La evaluación también abarca el efecto en los costos de producción asociados al cambio de combustible, productividad de los hornos, mejora en la eficiencia de los procesos, reducción de consumo energético por unidad de producto y reducción de contaminantes.

3.1. Objetivos Particulares

- a) Determinación del volumen de biomasa en la región de San Juan del Rio para la producción de briquetas

- b) Análisis de costos sobre el funcionamiento de los hornos de artesanales de utilizados en la fabricación de ladrillo artesanal
- c) Análisis financiero y determinación de viabilidad del proyecto industrial de fabricación de briquetas
- d) Definición de adaptación proceso de producción de ladrillos usando briquetas de biomasa como combustible
- e) Análisis de costos sobre el funcionamiento de los hornos tradicionales usando briquetas de biomasa
- f) Evaluación del proceso de fabricación de ladrillos artesanales utilizando briquetas de biomasa como combustible, incluyendo la determinación de emisiones y eficiencia del proceso
- g) Estudio de mercado de uso de las briquetas con los fabricantes de ladrillos

4. METODOLOGÍA

Sobre la determinación de disponibilidad de materia prima para la fabricación de briquetas en la región se realizará una investigación enfocada a encontrar aserraderos a menos de 300 km de distancia que puedan suministrar recursos no maderables reutilizables, también se indagará en la información de la Comisión nacional forestal con el objetivo de conocer los aserraderos que operan en los estados de Querétaro y Michoacán que por su ubicación pudieran ser candidatos a proveedores de suministro de aserrín y astilla. El suministro de biomasa proveniente de productores agrícolas y madererías locales no será considerado en este estudio ya que se busca madera que contenga resina natural en su composición de forma que no deba integrarse un aglutinante en el proceso de fabricación de las briquetas

Se realizaron entrevistas a los productores de ladrillos ubicados en el corredor San Juan del Río-Tequisquiapan en relación a los costos y de volúmenes de materias primas y combustibles utilizados en la fabricación de ladrillos artesanales, igualmente se considerarán los volúmenes de producción con el objetivo de determinar costos unitarios de línea base. Por otro lado, también se prevé la realización del levantamiento de los procesos productivos de fabricación de ladrillos en los hornos del mismo corredor que servirán para contrastar los valores de productividad, emisión de contaminantes y eficiencia actuales con los resultados que se obtengan al operar un horno con briquetas de biomasa como combustible.

Con relación al costo del proyecto industrial se consultarán empresas del ramo dedicadas a la construcción de naves industriales con el objetivo de determinar los costos del proyecto industrial con un margen de +/- 30%, así también los equipos dedicados a la fabricación de briquetas serán cotizados con fabricantes de forma directa. Los costos fijos y variables serán determinados utilizando referencias del mercado de manera de obtener un costeo lo más cercano a los valores del mercado actual.

Las encuestas para el estudio de mercado se realizarán en las comunidades del Vistha y de San Nicolás Tequisquiapan, las encuestas abarcarán temas sociales, productivos, económicos, ecológicos, sustentables y del uso de las briquetas como combustibles sustituto en la fabricación de ladrillos artesanales.

Las comunidades de Vistha y San Nicolás Tequisquiapan cuentan con las siguientes ubicaciones:

San Nicolás se localiza en el Municipio Tequisquiapan del Estado de Querétaro Arteaga México y se encuentra en las coordenadas GPS:

Longitud (dec): -99.937500

Latitud (dec): 20.478333

La localidad se encuentra a una mediana altura de 1920 metros sobre el nivel del mar. (nuestro-mexico)

Visthá se localiza en el Municipio San Juan del Río del Estado de Querétaro Arteaga México y se encuentra en las coordenadas GPS:

Longitud (dec): -99.975278

Latitud (dec): 20.446667

La localidad se encuentra a una mediana altura de 1900 metros sobre el nivel del mar. (nuestro-mexico)

4.1 Determinación de Volumen de Biomasa en la Región

En México son producidos 8 millones m³ de madera aproximadamente, de este volumen el 70% es destinado a la industria del aserrío generando alrededor de 2.8 millones de m³ de desechos. Estos desechos se componen principalmente de aserrín, virutas y cortezas. La industria del aserrío es la actividad industrial enfocada a la transformación de la madera; los coeficientes de transformación oscilan entre 45 y 60% por lo que aproximadamente el 40% se convierte en residuos de escaso valor nulo económico. (Fregoso-Madueño, 2016)

Los volúmenes reportados de producción forestal maderable por parte de la Comisión Nacional en el 2016 para el estado de Querétaro es de 7,768 m³ rollo principalmente este volumen es compuesto por encino. Considerando el porcentaje de desechos generados de este volumen aproximadamente serían 3107 m³ rollo disponible como materia prima para la fabricación de briquetas. Este volumen traducido a peso sería aproximadamente de 518 toneladas por año tomando una densidad de 0.167 Ton/m³ (Quintero, 2016) si este fuera en su totalidad aserrín.

El encino por sus propiedades fisicoquímicas y su contenido de lignina (resina natural) puede considerarse como una materia prima apta para la fabricación de briquetas; por ejemplo el poder calorífico oscila entre 17.92 a 15.78 MJ/kg y

puede contener entre 16.1 a 34.6 % de lignina (aglutinante natural) (Herrera-Fernandez, 2017).

Michoacán por su cercanía se considera como un estado de la Republica que podría proveer el mayor porcentaje de la materia prima para la fabricación de las briquetas de Biomasa, el Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2016 indica que este estado cuenta con una producción 368,068 m³ rollo solo para la especie de Pino. Este volumen generaría aproximadamente 25,476 toneladas de desechos entre aserrín, viruta y corteza. Las características fisicoquímicas del pino también son aptas para la fabricación de briquetas por ejemplo su poder calorífico es de 17.86 MJ/Kg (Quintero, 2016) y el contenido de Lignina es de 27.6% (Bernabe-Santiago, 2013)

Por la disponibilidad (aunque no por la cercanía) la biomasa considerada principalmente es el aserrín de Pino, además se ubicó en la región de Tequisquiapan un aserradero con capacidad de 30 toneladas de mensuales, compuestas por 18 toneladas de aserrín y 12 toneladas de corteza. Este aserradero podría ser candidato a proveer la mayor parte de la materia prima al contar con las instalaciones y proveeduría desde el estado de Michoacán.

En la figura 4.1 y 4.2 se describen las características del aserrín (Quintero, 2016) disponible en la región:

Biomasa Aserrín	Características	Valor típico
	Cenizas:	2.0 a 5.0 %


	Humedad:	15.5 % - 50%
	Tamaño de Astilla:	1 a 10 mm
	Densidad:	167 kg/m ³
	Poder Calorífico	17.86 MJ/kg

Figura 4.1. Características de aserrín disponible en la región Fuente: Elaboración Propia

Biomasa Corteza	Características	Valor típico
	Cenizas:	****
	Humedad:	****
	Tamaño de Astilla:	3 a 20 cm
	Densidad:	180 kg/m ³
	Poder Calorífico	19.73 MJ/kg

Figura 4.2. Características de corteza disponible en la región Fuente: Elaboración Propia

Existen otras fuentes de materias primas como el desperdicio de los talleres que consta de aserrín y pedacería de madera, este tipo de materia prima no se considerará en el estudio ya que para poder utilizarla en la fabricación de briquetas se requiere una preparación adicional para eliminar objetos extraños como clavos, papel y plásticos. Adicionalmente para usar esta madera se

requiere la integración adicional de un aglutinante en el proceso de fabricación de la briqueta el cual no está considerado ya que integra varias operaciones adicionales al proceso.

4.1.2. Requerimiento de biomasa para ladrilleras de la Región

En base a los censos de estudios anteriores se estima una producción de 5.07 millones de ladrillos mensuales considerando una base de hornos de 540 localizados en diferentes municipios y comunidades del estado de Querétaro, en la tabla 4.1 se muestran la distribución de la producción de ladrillos por comunidad.

Tabla 4.1

Estimación de producción mensual de ladrillo por comunidad ladrillera

Comunidad	Producción en Millones
San Nicolas Tequisquiapan	2.5
La Solana, Querétaro	0.68
Vistha, San Juan del Rio	1.16
San Pedro Ahuacatlán, San Juan de l Rio	0.11
Pedro Escobedo	0.62
TOTAL	5.07

Fuente: (Alonso, 2006, pp. 45)

Por su parte El Diagnóstico Nacional del Sector Ladrillero indica que la producción anual para el 2006 fue de 92.6 millones (Herrera, 2012) para el estado de Querétaro.

La cantidad de energía requerida para la fabricación de un ladrillo ha sido determinada de manera práctica realizando una investigación de campo en la comunidad de San Nicolás Tequisquiapan. En la instalación visitada se verificó el uso de siete tambos e 200 litros de aceite usado para la fabricación de 11,000 ladrillos.

El cálculo del requerimiento energético por ladrillo se realizó bajo el siguiente procedimiento:

Poder Calorífico del Aceite Quemado: 39.5 MJ/Kg (ToolBox, 2018)

Densidad de Aceite Quemado: 0.991 kg/l

Peso de Aceite Quemado = 200 l/tambo x 7 tambos x 0.991 kg/l = 1387 kg

Aceite requerido por ladrillo = 1387 kg / 11000 ladrillos = 0.126 kg

Energía requerida por ladrillo = 0.126 kg * 39.5 MJ/kg = 4.977 MJ ó 1189 Kcal

Este valor se utilizará más adelante para la determinación de biomasa requerida para abastecer los hornos de la región. Valores reportados por (Cárdenas B., 2012) son desde 720 a 2,315 Kcal por ladrillo con un promedio de 1,233 Kcal por unidad valor cercano al calculado en este estudio. Por otro lado (Alonso, 2006, pp. 45) reporta consumos de Aceites Quemados de 1,304 +/- 288 Litros por cada 10,000 ladrillos lo que corresponde entre .101 a 0.159 litros por ladrillo un promedio de 1231Kcal por ladrillo.

Este estudio se enfocará en la comunidad de San Nicolás Tequisquiapan, cual produce un volumen mensual de 2.5 Millones de ladrillos (Alonso, 2006, pp. 45). La cantidad de energía requerida con el método actual de fabricación sería de 12442.5 GJ.

La cantidad de Biomasa requerida para suministrar la energía calculada anteriormente se determina de la siguiente forma:

Poder Calorífico Biomasa de Pino (como pellet) = 16.935 MJ/kg

Energía Requerida para la producción de ladrillos en San Nicolás Tequisquiapan = 2,500,000 ladrillos X 4.997 MJ/kg/Ladrillo * 1 GJ/ 1000 MJ = 12442.5 GJ/mes

Kg de Biomasa Mensual Requerida = 12442.5 GJ/mes / (16.935 MJ/KG * 1 GJ/1000 MJ) = 734,720 kg = 734.72 Ton/mes

Para el caso de la comunidad de Vistha la cantidad requerida es de 340.9 Ton/mes

El aserrín disponible en la región (+/- 20 km) de Vistha es de 18 Toneladas Mensuales, el resto de los suministros debe considerarse de la región de Michoacán donde existe un volumen de aserraderos importante para completar el requerimiento de materia prima como se mencionó en la sección previa.

4.1.3. Entrevistas con Productores de Ladrillos, Proceso de Fabricación, Costos de Fabricación

Se consideraron dos comunidades dentro del proyecto de investigación para verificar los procesos de producción de ladrillo artesanal y los costos asociados.

La primera comunidad considerada fue San Nicolás Tequisquiapan perteneciente al Municipio de Tequisquiapan, ahí hay instalados 251 hornos de fabricación de ladrillos (Alonso, 2006, pp. 45) de los cuales el 87% se encuentra en la zona urbana (Alonso, 2006, pp. 45).

Otra comunidad incluida en el estudio es Vistha, que se localiza dentro del Municipio de San Juan del Rio, Vistha cuenta con 112 hornos y de ellos el 94.6 se encuentra en la periferia del Municipio (Alonso, 2006, pp. 45). En la figura 4.3 se muestra una vista panorámica de la comunidad de Vistha, donde puede observar una capa de color gris que es observable durante varias épocas del año, y esta se atribuye en parte a la contaminación generada por el proceso de fabricación de ladrillos en la región.

Hecho está Gracias Padre



Figura 4.3. Vista panorámica de la comunidad de Vistha. Fuente: Elaboración propia

Se seleccionaron estas comunidades por su cercanía entre sí y por la cantidad de hornos de fabricación de ladrillo instalados entre ellas, que representa el 66% del total de los hornos instalados en los municipios del El Marques, Tequisquiapan, San Juan del Rio, Querétaro, Pedro Escobedo y Ezequiel Montes. (Alonso, 2006, pp. 45)

Proceso de fabricación: Horno de la Comunidad San Nicolás Tequisquiapan

El horno verificado, figura 4.4, en esta comunidad usa como combustibles el aceite quemado o leña. La investigación de campo se realizó para un lote de fabricación de 11,000 ladrillos con aceite quemado como combustible.



Figura 4.4. Horno a cielo abierto en la comunidad de San Nicolás Tequisquiapan, capacidad 11 mil ladrillos por quema. Fuente: Elaboración Propia

Las etapas de fabricación del lote de ladrillos consideradas en esta instalación de fabricación de ladrillos artesanales son las siguientes:

- Mezclado de Materias primas
- Moldeado de ladrillos
- Secado de ladrillos crudos
- Carga del Horno
- Quemado de ladrillos
- Enfriamiento y descarga del horno

Los ladrillos son preparados en lotes de 670 ladrillos aproximadamente Figura 4.5, las materias primas utilizadas son: barro, arena, estiércol y agua se mezclan de forma manual o mecánica. La mezcla obtenida es colocada en la gavera; molde utilizado para formar los ladrillos en crudo. Las piezas crudas moldeadas se ponen a secar al sol mientras se siguen fabricando los siguientes lotes de ladrillos.



Figura 4.5. Ladrillos crudos son secado al sol previo a ser quemados dentro del horno. Fuente: Elaboración propia

Ya secos los ladrillos son colocados dentro del horno como preparativo para el proceso de quemado.

Las materias primas requeridas para la fabricación de un lote de 11,000 ladrillos, información recopilada en la entrevista con el fabricante local de esta comunidad, se muestran en la tabla 4.4:

Tabla 4.2

Materias primas utilizadas en un lote de fabricación de 11 ladrillos artesanales

Materia Prima	Cantidad	Vol aproximado
Barro	1 Volteo	7 m3
Arena	1 Volteo	7 m3
Estiercol	1 Volteo	7 m3
Agua	1 Contenedor 1 lts	1000 lts

Fuente: Elaboración propia

Un componente sustituto del estiércol es el aserrín, aunque para el lote fabricado de ladrillos fue utilizado estiércol.

Los ladrillos fabricados en el lote verificado son del tipo rectangular, siendo sus características aproximadas las siguientes:

Medidas: 13.5 x 27 x 5.5 cm

Peso: 2.5 kg

Como se mencionó antes los combustibles utilizados en la fabricación de los ladrillos son el aceite quemado ó la leña, este productor tiene preferencia de uso del aceite debido a la facilidad de su uso respecto a la leña ya que esta última

debe ser cargada constantemente al horno para mantener las temperaturas de quemado. Para la utilización del aceite durante el proceso cocimiento de los ladrillos es utilizado un quemador hechizo que utiliza vapor agua como medio de transporte para el aceite y así inyectarlo dentro del horno. Este método de quemado del aceite mostrado en la figura 4.6 tiene la desventaja de utilizar parte de su energía disponible para evaporar el agua utilizada como medio de transporte del aceite por el quemador.



Figura 4.6. Quemador hechizo de aceite usado usa agua como medio de transporte. Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Costeo Actual de Producción de Ladrillos

Costo de Fabricación Horno Comunidad San Nicolás Tequisquiapan

En la determinación del costo de fabricación se consideraron los volúmenes requeridos para la fabricación de 11,000 ladrillos, los costos de las materias primas se muestran en la tabla 4.5:

Tabla 4.3

Materias primas y costo para la fabricación de un lote de 11,000 ladrillos

Materia Prima	Cantidad	Costo (pesos mexicanos)
Barro	1 Volteo	\$ 450
Arena	1 Volteo	\$ 600
Estiércol	1 Volteo	\$ 1000
Agua	1 Lote	
Costo Total		\$2050

Fuente: Elaboración propia

Los costos de las materias primas y volúmenes son para la fabricación de un lote de 11,000 ladrillos de 13.5 x 27 x 5.5 cm con un peso de 2.5 kilogramos por pieza.

Además de las materias primas el combustible es un concepto a considerar, para la fabricación del lote en cuestión; se utilizan 7 tambos de 200 litros de aceite usado para el lote en cuestión. El costo por cada tambor de aceite quemado asciende a \$700 pesos para una suma total de \$4,900 por este concepto.

Un combustible sustituto ya mencionado es la leña, en caso de utilizar este combustible el volumen requerido es de 3000 kg, teniendo un costo de alrededor \$2700 pesos.

El último componente de los costos considerados por el fabricante de esta comunidad es la mano de obra: se consideran 3 personas durante un día laboral de 8 hrs para la carga del horno. El sueldo pagado a cada una de estas personas es de \$350 pesos para un total de \$1050 por el concepto de mano de obra. El resto de la mano de obra es cubierta por el mismo fabricante o dueño del horno que consiste en mantener el proceso quema de forma constante durante el periodo de fabricación, así como la descarga del horno.

Un aspecto que destacar es que este productor de ladrillos no utiliza basura, plásticos, llantas o solventes en la fabricación de los ladrillos.

Ahora integrando los tres conceptos (combustible, mano de obra y materias primas) el costo total para la fabricación de un lote de 11,000 ladrillos utilizando aceite quemado como combustible es de \$8,000 pesos. En el caso de sustituir el aceite quemado por combustible el costo de fabricación del lote de 11,000 ladrillos sería de \$5,800 pesos

4.1.5. Diseño de Planta, Costos de Inversión, Costos de Manufactura, Análisis Financiero

A continuación, se enlistan las bases de diseño que se utilizaron para selección de la planta de fabricación de briquetas en base al requerimiento de biomasa:

- Requerimiento de biomasa mensual (en briquetas) 342 toneladas/mes
- Humedad de la biomasa: 50%

- Mezcla de Biomasa (materia prima): 90% aserrín y 10% corteza

Capacidad Instalada de planta

La determinación de la capacidad de planta se definió bajo las siguientes premisas; tres turnos de 16 horas operación, 24 días operación y un factor de utilización de la planta máximo del 90%. El restante 10% del tiempo se considera para mantenimientos de la planta.

Capacidad de Planta = $340 \text{ ton/mes} / ((24 \text{ días/mes}) * (16 \text{ hrs/día}) * (90\%)) = 0.98 \text{ Ton/hr}$

El costo de los equipos una planta de briquetas con una capacidad de 1 ton/hr de briquetas asciende a 87,000 USD, con un consumo eléctrico de 229 Kw por hr aproximadamente (Energy, 2018)

La superficie considerada para la instalación de la planta es de casi 2000 m², la superficie está dividida en las siguientes secciones:

Área Externa:

- Acceso transportes de materia prima y área de descarga
- Acceso transportes de producto terminado y área de carga
- Estacionamiento para automóviles
- Cuarto de Motores Eléctricos
- Oficinas

Área Interna

- Área de almacenamiento de materia prima
- Área productiva
- Área de almacenamiento de producto terminado

4.1.6. Costos e Inversión

En la siguiente tabla 4.6 se enlistan los costos estimados de inversión correspondientes a una planta de briquetas con la capacidad mencionada antes:

Tabla 4.4

Inversión en activos planta de fabricación de briquetas de biomasa

TERRENO	\$ 2,000,000
PERMISOS	\$ 50,000
PROYECTO EJECUTIVO	\$ 450,000
OBRA CIVIL	\$ 2,921,207
OBRA ELECTRICA	\$ 1,679,656
ESTRUCTURAS	\$ 5,062,350
EDIFICIOS	\$ 1,582,940
OBRA MECÁNICA	\$ 925,500
SISTEMAS DE CONTROL	\$ 168,000
SERVICIOS	\$ 512,000
SEGURIDAD PLANTA	\$ 113,000
CONTINGENCIAS	\$ 1,546,465
EQUIPOS	\$ 3,490,090
FLETE	\$ 200,000
EQUIPO DE COMPUTO	\$ 77,000
MOBILIARIO	\$ 48,000
EQUIPO DE MANTENIMIENTO	\$ 75,000
GRAN TOTAL	\$ 20,901,207

Fuente: Elaboración propia

Se integra un costo adicional correspondiente al primer año de operación relacionado al capital de trabajo, gastos administrativos y gastos de venta, este valor es de \$31,411,166, los montos se muestran en la tabla 4.7.

Tabla 4.5

Inversión en capital de trabajo

CAPITAL DE TRABAJO	\$30,058,223
GASTOS VENTA	\$1,082,943
GASTOS ADMINITRATIVOS	\$270,000

Fuente: Elaboración propia

La inversión total requerida para el proyecto considerando activos y capital de trabajo asciende a \$52.3 Millones de pesos a ejecutarse entre 18 y 24 meses.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

Costos de Manufactura

En las siguientes tablas (tabla de la 4.08 a la 4.13) se presentan las consideraciones para el costeo, los costos fijos y costos variables relacionados con el proceso de fabricación de las briquetas.

Tabla 4.6

Consideraciones para la elaboración de costos del proyecto de inversión

Meses por año	12
Días por semana	6
Horas por día	16
Horas disponibles año	4992
Tipo de cambio (pesos/usd)	20
Incremento de costos anualizado	4.50%
Capacidad de Planta (Ton/hr)	1
Precio de Venta (pesos/kg)	19.1
IVA	16%

Fuente: Elaboración propia

Las consideraciones para el costeo son anualizadas teniendo un día de descanso por semana con la operación de dos turnos por día y 52 semanas al año. También se considera un incremento anualizado para los costos y para el precio de venta que se ve reflejado en el precio.

Tabla 4.7

Base de costos por periodo para la elaboración del proyecto de inversión

Costos Variables	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Porcentaje de Capacidad de Operación	-	50%	75%	75%	100%	100%
Horas de Producción	-	2496	3744	3744	4992	4992
Producción (ton)	-	2496	3744	3744	4992	4992
Capacidad de producción kg/hr	-	1000	1000	1000	1000	1000
Precio de Venta	-	19.1	20.0	20.9	21.8	22.8

Fuente: Elaboración propia

La capacidad de ocupación de la planta productiva se considera con un incrementando para los periodos analizados, los periodos que se han tomado en cuenta son 5 años más un año cero. La capacidad productiva de la planta es de 1 tonelada de briquetas por hora y un costo de venta inicial de 19.1 pesos por kilogramo. En la tabla 9 se puede observar los ajustes anuales en los conceptos de costos, capacidad, ocupación, producción y precio de venta.

Costos Fijos

Tabla 4.8

Costos fijos del proyecto de inversión

Sueldos personal	\$2,406,410	\$4,046,440	\$4,228,530	\$4,418,814	\$4,617,660	\$4,825,455
Administración del proyecto	\$1,577,100	\$2,102,800	\$2,197,426	\$2,296,310	\$2,399,644	\$2,507,628
Supervisor	\$337,950	\$450,600	\$470,877	\$492,066	\$514,209	\$537,349
Operador	\$60,080	\$240,320	\$251,134	\$262,435	\$274,245	\$286,586
Operador	\$60,080	\$240,320	\$251,134	\$262,435	\$274,245	\$286,586
Recepcionista	\$146,200	\$292,400	\$305,558	\$319,308	\$333,677	\$348,692
Limpieza	\$90,000	\$180,000	\$188,100	\$196,565	\$205,410	\$214,653
Vigilancia	\$45,000	\$180,000	\$188,100	\$196,565	\$205,410	\$214,653
Vigilancia	\$45,000	\$180,000	\$188,100	\$196,565	\$205,410	\$214,653
Vigilancia	\$45,000	\$180,000	\$188,100	\$196,565	\$205,410	\$214,653
Insumos Oficinas	\$9,000	\$36,000	\$37,620	\$39,313	\$41,082	\$42,931
Papelería	\$4,500	\$18,000	\$18,810	\$19,656	\$20,541	\$21,465
Insumos Oficina	\$4,500	\$18,000	\$18,810	\$19,656	\$20,541	\$21,465
Telefonia	\$12,000	\$66,000	\$68,970	\$72,074	\$75,317	\$78,706
Telefonía fija e internet		\$18,000	\$18,810	\$19,656	\$20,541	\$21,465
Celular	\$12,000	\$48,000	\$50,160	\$52,417	\$54,776	\$57,241
Equipo Movil	\$102,447	\$1,121,136	\$1,171,587	\$1,224,309	\$1,279,402	\$1,336,976
Montacargas		\$288,000	\$300,960	\$314,503	\$328,656	\$343,445
Bobcat		\$144,000	\$150,480	\$157,252	\$164,328	\$171,723
Auto utilitario	\$42,447	\$169,788	\$177,428	\$185,413	\$193,756	\$202,475
Camioneta utilitaria		\$279,348	\$291,919	\$305,055	\$318,782	\$333,128
Combustibles	\$60,000	\$240,000	\$250,800	\$262,086	\$273,880	\$286,204
Consumibles	\$27,135	\$108,541	\$113,425	\$118,529	\$123,863	\$129,437
Consumibles	\$12,500	\$ 50,000.00	\$52,250	\$54,601	\$57,058	\$59,626
Equipo de Seguridad	\$14,635	\$58,541	\$61,175	\$63,928	\$66,805	\$69,811
Servicios Oficinas	\$21,431	\$85,723	\$89,581	\$93,612	\$97,824	\$102,227
Electricidad oficinas	\$5,006	\$20,023	\$20,924	\$21,866	\$22,850	\$23,878
Agua	\$16,425	\$65,700	\$68,657	\$71,746	\$74,975	\$78,348
Total Costos fijos	\$2,578,423	\$5,463,840	\$5,709,713	\$5,966,650	\$6,235,149	\$6,515,731

Fuente: Elaboración propia

Costos de Administración y ventas

Tabla 4.9

Costos de Administración y Ventas del proyecto de inversión

Gastos administrativos	\$120,000	\$150,000	\$156,750	\$163,804	\$171,175	\$178,878
Gastos de Venta	\$360,981	\$721,962	\$754,450	\$788,401	\$823,879	\$860,953

Fuente: Elaboración propia

Costos Variables

Tabla 4.10

Costos Variables del Proyecto de inversión

Electricidad	\$0	\$2,351,430	\$2,457,244	\$2,567,820	\$2,683,372	\$2,804,124
Materia Prima	\$0	\$907,989	\$948,849	\$991,547	\$1,036,167	\$1,082,794
Gas	\$0	\$744,901	\$778,421	\$813,450	\$850,055	\$888,308
Tarimas	\$0	\$224,640	\$234,749	\$245,312	\$256,352	\$267,887
Cajas	\$0	\$2,496,000	\$2,608,320	\$2,725,694	\$2,848,351	\$2,976,526
Emplayado	\$0	\$15,000	\$15,675	\$16,380	\$17,117	\$17,888
Mantenimiento Planta	\$0	\$300,000	\$313,500	\$327,608	\$342,350	\$357,756
Costos de Distribución	\$0	\$14,976,000	\$23,474,880	\$23,474,880	\$31,299,840	\$31,299,840
Costos Variables	\$0	\$22,015,960	\$30,831,638	\$31,162,692	\$39,333,603	\$39,695,123

Fuente: Elaboración propia

Dirección General de Bibliotecas UAG

Costo total y Ventas

Tabla 4.11

Costo total y Ventas por periodo del proyecto de inversión

Costo Total	\$3,059,404	\$28,351,762	\$37,452,551	\$38,081,546	\$46,563,806	\$47,250,684
Ventas por año		\$47,704,800	\$74,777,274	\$78,142,251	\$108,878,204	\$113,777,723
Ventas + Iva	\$0	\$55,337,568	\$86,741,638	\$90,645,012	\$126,298,716	\$131,982,158

Fuente: Elaboración propia

En las tablas de la 4.12 a la tabla 4.15 se presenta los Estados de Resultados, los flujos de efectivo, el balance general y el estado de origen del periodo analizado en el estudio:

Estado de resultados

Tabla 4.12

Estado de resultados del proyecto de inversión periodo evaluado 5 años

Estado de Resultados												
INGRESOS		\$	47,704,800	\$	74,777,274	\$	78,142,251	\$	108,878,204	\$	113,777,723	
COSTOS DE PRODUCCION	\$	-	\$	22,015,960	\$	30,831,638	\$	31,162,692	\$	39,333,603	\$	39,695,123
UTILIDAD BRUTA		\$	25,688,840	\$	43,945,636	\$	46,979,560	\$	69,544,600	\$	74,082,600	
DEPRECIACIÓN		\$	2,469,130	\$	2,469,130	\$	2,469,130	\$	2,469,130	\$	2,469,130	
GASTOS FINANCIEROS	\$	177,893	\$	4,371,036	\$	4,562,053	\$	2,805,837	\$	1,655,135	\$	1,352,681
GASTOS DE VENTA	\$	360,981	\$	721,962	\$	754,450	\$	788,401	\$	823,879	\$	860,953
GASTOS DE ADMINISTRACION	\$	2,698,423	\$	5,613,840	\$	5,866,463	\$	6,130,454	\$	6,406,324	\$	6,694,609
Utilidad Operativa	-\$	3,237,297	\$	17,451,132	\$	35,231,800	\$	39,723,998	\$	63,128,392	\$	67,643,487
ISR	\$	-	\$	5,199,004	\$	10,531,752	\$	11,877,895	\$	18,897,628	\$	20,250,500
PTU		\$	1,745,113	\$	3,523,180	\$	3,972,400	\$	6,312,839	\$	6,764,349	
Utilidad Neta	-\$	3,237,297	\$	10,507,015	\$	21,176,867	\$	23,873,703	\$	37,917,925	\$	40,628,638

Fuente: Elaboración propia

FLUJOS DE EFECTIVO

Tabla 4.13

Flujos de efectivo del proyecto de inversión periodo evaluado 5 años

Flujos de Efectivo							
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	
INGRESOS							
CAJA INICIAL		\$ 3,087,533	\$ 26,548,357	\$ 25,481,998	\$ 28,291,994	\$ 55,021,242	
CREDITO ACTIVOS	\$ 20,901,207						
CREDITO CAPITAL DE TRABAJO	\$ 3,059,404	\$ 28,351,762					
APORTACION DE SOCIOS	\$ 4,000,000						
VENTAS	\$ -	\$ 55,337,568	\$ 86,741,638	\$ 90,645,012	\$ 126,298,716	\$ 131,982,158	
TOTAL INGRESOS	\$ 27,960,611	\$ 86,776,862	\$ 113,289,995	\$ 116,127,009	\$ 154,590,710	\$ 187,003,401	
EGRESOS							
APLICACIÓN CREDITO	\$ 20,901,207						
INVERSIÓN DIFERIDA	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
GASTO ADMINISTRATIVOS	\$ 2,698,423	\$ 5,613,840	\$ 5,866,463	\$ 6,130,454	\$ 6,406,324	\$ 6,694,609	
GASTOS DE PRODUCCION	\$ -	\$ 22,015,960	\$ 30,831,638	\$ 31,162,692	\$ 39,333,603	\$ 39,695,123	
GASTOS DE VENTA	\$ 360,981	\$ 721,962	\$ 754,450	\$ 788,401	\$ 823,879	\$ 860,953	
AMORTIZACION DEL CREDITO ACTIVO	\$ -	\$ 2,308,690	\$ 2,308,690	\$ 2,308,690	\$ 2,308,690	\$ 2,308,690	
GASTOS FINANCIEROS CREDITO ACTIVO	\$ -	\$ 2,520,988	\$ 2,230,464	\$ 1,937,870	\$ 1,645,275	\$ 1,352,681	
AMORTIZACION DEL CREDITO CAPITAL DE TRABAJO	\$ 601,632	\$ 6,527,329	\$ 11,937,342	\$ 10,991,920	\$ -	\$ -	
GASTOS FINANCIEROS CREDITO CAPITAL DE TRABAJO	\$ 177,893	\$ 1,850,048	\$ 2,331,589	\$ 867,967	\$ 9,860	\$ -	
IVA INTERESES CREDITO CONSTRUCCION	\$ -	\$ 403,358	\$ 356,874	\$ 310,059	\$ 263,244	\$ 216,429	
IVA INTERESES CREDITO CAPITAL DE TRABAJO	\$ 28,463	\$ 296,008	\$ 373,054	\$ 138,875	\$ 1,578	\$ -	
IVA VENTAS	\$ -	\$ 7,632,768	\$ 11,964,364	\$ 12,502,760	\$ 17,420,513	\$ 18,204,436	
IVA INVERSION COMPRAS DE AF Y CAP DE TRABAJO	\$ 104,479	\$ 3,393,439	\$ 4,798,137	\$ 4,845,034	\$ 6,146,035	\$ 6,197,248	
ISR	\$ -	\$ 5,199,004	\$ 10,531,752	\$ 11,877,895	\$ 18,897,628	\$ 20,250,500	
PTU	\$ -	\$ 1,745,113	\$ 3,523,180	\$ 3,972,400	\$ 6,312,839	\$ 6,764,349	
TOTAL EGRESOS	\$ 24,873,079	\$ 60,228,506	\$ 87,807,997	\$ 87,835,016	\$ 99,569,467	\$ 102,545,016	
SUPERAVIT (DEFICIT)	\$ 3,087,533	\$ 26,548,357	\$ 25,481,998	\$ 28,291,994	\$ 55,021,242	\$ 84,458,384	
DIVIDENDOS	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
SALDO FINAL	\$ 3,087,533	\$ 26,548,357	\$ 25,481,998	\$ 28,291,994	\$ 55,021,242	\$ 84,458,384	
SALDO ACUMULADO		\$ 26,548,357	\$ 25,481,998	\$ 28,291,994	\$ 55,021,242	\$ 84,458,384	

Fuente: Elaboración propia

BALANCE GENERAL

Tabla 4.14

Balance de resultados del proyecto de inversión periodo de evaluación 5 años

BALANCE GENERAL						
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
DERECHOS (ACTIVO)						
A MENOS DE UN AÑO (CIRCULANTE)						
CAJA Y BANCOS	\$ 24,901,207	\$ 58,425,101	\$ 75,837,444	\$ 78,045,463	\$ 108,026,904	\$ 139,752,716
CLIENTES						
INVENTARIO						
ALMACEN DE MATERIAL DIRECTO						
IVA PENDIENTE DE ACREDITAR						
TOTAL ACTIVO CIRCULANTE	\$ 24,901,207	\$ 58,425,101	\$ 75,837,444	\$ 78,045,463	\$ 108,026,904	\$ 139,752,716
A MAS DE UN AÑO (FIJO)						
MAQUINARIA		3,690,090	3,690,090	3,690,090	3,690,090	3,690,090
NAVE INDUSTRIAL		17,011,117	17,011,117	17,011,117	17,011,117	17,011,117
MOBILIARIO Y EQUIPO		48,000	48,000	48,000	48,000	48,000
EQUIPO DE COMPUTO		77,000	77,000	77,000	77,000	77,000
EQUIPO DE MANTENIMIENTO		75,000	75,000	75,000	75,000	75,000
DEPRECIACIÓN ACUMULADA		- 2,469,130	- 4,938,259	- 7,407,389	- 9,876,519	- 12,345,649
TOTAL ACTIVO FIJO	-	18,432,078	15,962,948	13,493,818	11,024,688	8,555,559
DE APLICACIÓN DIFERIDA						
INTERESES POR DEVENGAR A CARGO						
GASTOS POR AMORTIZAR						
TOTAL ACTIVO DIFERIDO	-	-	-	-	-	-
SUMAN LOS DERECHOS	24,901,207	76,857,178	91,800,392	91,539,281	119,051,592	148,308,275
OBLIGACIONES (PASIVO Y CAPITAL)						
CON LOS ACREEDORES (PASIVOS)						
A MENOS DE UN AÑO						
IVA POR PAGAR	\$ -	\$ 7,632,768	\$ 11,964,364	\$ 12,502,760	\$ 17,420,513	\$ 18,204,436
IVA CAUSADO	\$ 104,479	\$ 3,393,439	\$ 4,798,137	\$ 4,845,034	\$ 6,146,035	\$ 6,197,248
ISR POR PAGAR	\$ -	\$ 5,199,004	\$ 10,531,752	\$ 11,877,895	\$ 18,897,628	\$ 20,250,500
PROVEEDORES	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
OBLIGACIONES LABORALES						
PTU POR PAGAR	\$ -	\$ 1,745,113	\$ 3,523,180	\$ 3,972,400	\$ 6,312,839	\$ 6,764,349
A MAS DE UN AÑO						
CREDITO CAPITAL DE TRABAJO	\$ 807,988	\$ 8,673,385	\$ 14,641,985	\$ 11,998,762	\$ 11,437	\$ -
CREDITO CONSTRUCCIÓN	\$ -	\$ 5,233,035	\$ 4,896,028	\$ 4,556,619	\$ 4,217,209	\$ 3,877,800
TOTAL PASIVO	\$ 912,467	\$ 31,876,744	\$ 50,355,446	\$ 49,753,470	\$ 53,005,661	\$ 55,294,332
CON LOS ACCIONISTAS (CAPITAL)						
CAPITAL SOCIAL	\$ 20,901,207	\$ 18,432,078	\$ 15,962,948	\$ 13,493,818	\$ 11,024,688	\$ 8,555,559
UTILIDAD ACUMULADA						
UTILIDAD DEL EJERCICIO	\$ 3,087,533	\$ 26,548,357	\$ 25,481,998	\$ 28,291,994	\$ 55,021,242	\$ 84,458,384
TOTAL CAPITAL	\$ 23,988,740	\$ 44,980,434	\$ 41,444,946	\$ 41,785,812	\$ 66,045,931	\$ 93,013,943
SUMAN LAS OBLIGACIONES	\$ 24,901,207	\$ 76,857,178	\$ 91,800,392	\$ 91,539,281	\$ 119,051,592	\$ 148,308,275
BALANCE	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

ESTADO DE ORIGEN

Tabla 4.15

Estado de Origen del proyecto de inversión periodo de evaluación 5 años

	ESTADO DE ORIGEN							
	AÑO 1 A 2		AÑO 2 A 3		AÑO 3 A 4		AÑO 4 A 5	
	O/A	DIFERENCIA	O/A	DIFERENCIA	O/A	DIFERENCIA	O/A	DIFERENCIA
DERECHOS								
(ACTIVO)								
CAJA Y BANCOS	A	\$ 17,412,343	O	\$ 2,208,019	A	\$ 29,981,441	A	\$ 31,725,812
CLIENTES								
INVENTARIO								
ALMACEN DE MATERIAL DIRECTO								
IVA PENDIENTE DE ACREDITAR								
TOTAL ACTIVO CIRCULANTE								
A MAS DE UN AÑO (FIJO)								
MAQUINARIA		\$ -		\$ -		\$ -		\$ -
NAVE INDUSTRIAL		\$ -		\$ -		\$ -		\$ -
MOBILIARIO Y EQUIPO		\$ -		\$ -		\$ -		\$ -
EQUIPO DE COMPUTO		\$ -		\$ -		\$ -		\$ -
EQUIPO DE MANTENIMIENTO		\$ -		\$ -		\$ -		\$ -
DEPRECIACIÓN ACUMULADA	A	\$ 2,469,130	A	\$ 2,469,130	A	\$ 2,469,130	A	\$ 2,469,130
TOTAL ACTIVO FIJO								
DE APLICACIÓN DIFERIDA								
INTERESES POR DEVENGAR A CARGO								
GASTOS POR AMORTIZAR								
TOTAL ACTIVO DIFERIDO								
SUMAN LOS DERECHOS								
OBLIGACIONES								
(PASIVO Y CAPITAL)								
CON LOS ACREEDORES (PASIVOS)								
A MENOS DE UN AÑO								
IVA POR PAGAR	O	\$ 4,331,596	O	\$ 538,396	O	\$ 4,917,752	O	\$ 783,923
IVA CAUSADO	O	\$ 1,404,698	O	\$ 46,897	O	\$ 1,301,001	O	\$ 51,213
ISR POR PAGAR	O	\$ 5,332,749	O	\$ 1,346,143	O	\$ 7,019,733	O	\$ 1,352,872
PROVEEDORES	O	\$ -	O	\$ -	O	\$ -	O	\$ -
OBLIGACIONES LABORALES								
PTU POR PAGAR	O	\$ 1,778,067	O	\$ 449,220	O	\$ 2,340,439	O	\$ 451,509
A MAS DE UN AÑO								
CREDITO CAPITAL DE TRABAJO	O	\$ 5,968,600	A	\$ 2,643,223	A	\$ 11,987,325	A	\$ 11,437
CREDITO CONSTRUCCIÓN	A	\$ 337,007	A	\$ 339,409	A	\$ 339,409	A	\$ 339,409
TOTAL PASIVO								
CON LOS ACCIONISTAS (CAPITAL)								
CAPITAL SOCIAL	O	\$ 2,469,130	O	\$ 2,469,130	O	\$ 2,469,130	O	\$ 2,469,130
UTILIDAD ACUMULADA								
UTILIDAD DEL EJERCICIO	A	\$ 1,066,359	A	\$ 2,809,996	O	\$ 26,729,249	O	\$ 29,437,142
ORIGEN	O	\$ 21,284,839	O	\$ 7,659,782	O	\$ 44,777,304	O	\$ 34,545,789
APLICACIÓN	A	\$ 21,284,839	A	\$ 7,659,782	A	\$ 44,777,304	A	\$ 34,545,789
COMPROBACIÓN		\$ -		\$ -		\$ -		\$ -

Fuente: Elaboración propia

Vpn y tasa interna de retorno

Los flujos de efectivo constantes se calcularon considerando una tasa de descuento del 12.5% los resultados de este cálculo se muestran en la tabla 4.18.

Tabla 4.16

VPN y Tasa interna de retorno

AÑO	FLUJOS NETOS DE EFECTIVO	FACTOR A VALOR PRESENTE	FLUJOS NETOS DE EFECTIVO A PESOS CONSTANTES
1	\$ 26,548,357	0.88	\$ 23,469,198
2	\$ 25,481,998	0.78	\$ 19,913,825
3	\$ 28,291,994	0.69	\$ 19,545,436
4	\$ 55,021,242	0.61	\$ 33,602,594
5	\$ 84,458,384	0.54	\$ 45,597,999
		SUMA	\$ 142,129,052
	(-)	INVERSIÓN INICIAL	\$ 52,312,373
		SUPERAVIT	\$ 89,816,679

Fuente: Elaboración propia

La tasa interna de retorno (TIR) obtenida fue de 57.2% utilizando la tasa de descuento de 12.5%

El financiamiento se ha visualiza factible con diferentes posibles opciones; una es el financiamiento por medio de la banca de desarrollo por ejemplo con Nafin o a través del capital privado por ejemplo Fondo de Fondos México, otra es a través de la plataforma MEXICO2 o algún organismo internacional como de P4G o Climate and Clean Air Coalition

Para el cálculo de WACC se utilizó el siguiente procedimiento y fórmulas (Farhat, 2016):

$$WACC = K_e \frac{E}{(E+D)} + K_d (1-T) \frac{D}{(E+D)}$$

Donde:

Ke: Coste de los Fondos Propios

Kd: Coste de la Deuda Financiera

E: Fondos Propios

D: Deuda Financiera

T: Tasa impositiva

$$\mathbf{Ke = Rf + [E[Rm]-Rf] * Be}$$

Dónde:

Rf: tasa libre de riesgo

E[Rm]: rentabilidad esperada del mercado

Be: beta apalancada

$$\mathbf{Be = Bu \times ((1 + ((D \times (1 - T)) / E))}$$

Dónde

Bu: Beta

E: Fondos propios.

D: Endeudamiento.

Kd: Coste financiero.

T: Tasa impositiva.

El valor de la rentabilidad esperada del mercado fue considerando datos de Estados Unidos del año 2015, esto para las industrias dedicadas a los procesos industriales. El valor reportado por Forbes es del 8% según el gráfico de la Figura 4.7

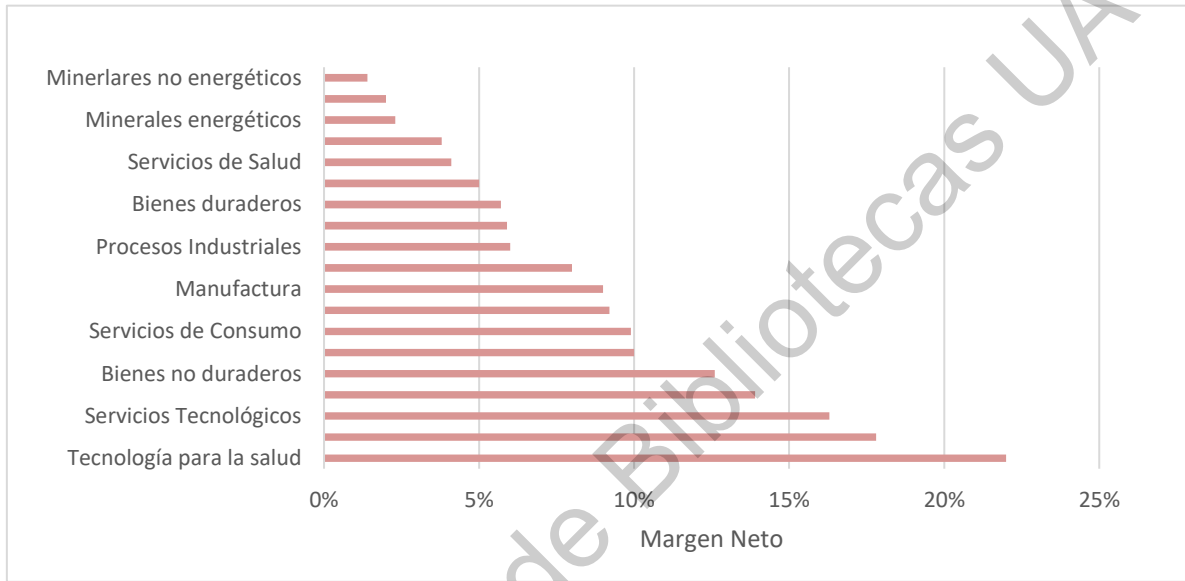


Figura 4.7. Rentabilidad de las industrias de Estados Unidos en el 2015 Fuente: (Staff, 2015)

El costo financiero o de oportunidad fue considerado tomando el rendimiento a un año de los CETES de Gobierno federal con un valor de 8.35% tomado de la página de internet de Cetes Directo, (Sector, 2019)

La Beta no apalancada (B_u) considerada fue para la industria dedicada a Energía Verde y Renovable con un valor de 1.62 (online, 2019)

Finalmente aplicando las fórmulas y datos referidos el Wacc obtenido tiene un valor de 12.5%, el resumen del cálculo se puede observar en la tabla 4.19.

Tabla 4.17

Cálculo de WACC para el cálculo del VPN del proyecto industrial

Rf: Rentabilidad del activo sin riesgo.	15%
E[Rm]: Rentabilidad media del mercado.	6.0%
Bu: Beta	1.62
E: Fondos propios.	\$ 4,000,000
D: Endeudamiento.	\$ 51,841,248
T: Tasa impositiva (ISR)	35%
Kd: Coste financiero.	8.06%
$Be = Bu \times ((1 + ((D \times (1 - T)) / E))$	15.27
$Ke = Rf + [E[Rm] - Rf] \times B$	107%
$WACC = Ke \times (E / (E + D)) + Kd \times (1 - T) \times (D / (E + D))$	12.50%

Fuente: Elaboración propia

4.1.7. Prueba en horno con briquetas de biomasa/Adecuación de Hornos

Una prueba semicuantitativa se realizó en un Horno de Ladrillos en la comunidad de San Nicolás Tequisquiapan utilizando briquetas de madera de pino como combustible durante el proceso de quemado de los ladrillos. El tipo de horno utilizado en la prueba corresponde al tipo "Cielo abierto", en particular este horno cuenta con un ventilador de aire forzado el cual suministra aire adicional para el proceso de combustión figura 4.8. La prueba realizada tuvo como objetivos los siguientes:

- Verificar si las briquetas combustionaran de forma adecuada (sin generación de humo y combustión completa)
- Verificar si la cantidad de calor suficiente era la suficiente para realizar y mantener el proceso de recocido de los ladrillos con este tipo de combustible

- Evaluar la duración de las briquetas en combustión comparado con el combustible utilizado por los ladrilleros
- Comparación cualitativa de la generación de humo entre las briquetas y el aserrín utilizado como combustible

Características del horno:

- Altura 3 mts
- Ancho 1.8 mts
- Profundidad 3 mt
- Espesor primeros 2 metros de altura: 28 cm
- Espesor tercer metro de altura: 14 cm
- Material de fabricación ladrillo rojo
- Sin aislamiento
- Sistema de aire combustión secundario (ventilador de aire 120 volts)



Figura 4.8. Horno tipo Cielo Abierto de fabricación de ladrillo rojo artesanal y ventilador de suministro de aire combustión. Fuente: Elaboración propia

Consideraciones de las pruebas

El volumen de fabricación en el horno fue para una carga de 8000 ladrillos y el tiempo de estimado para completar el proceso fue de 24 hrs. El horno llevaba en operación 12 horas al inicio de las pruebas. Se utilizaron el aserrín y briquetas como combustibles figura 4.7; estos se quemaron de manera independiente. Igualmente se incorporó aire secundario para ayudar a la combustión de ambos combustibles.



Figura 4.9. Combustibles utilizados durante la prueba en el horno. Fuente:

Elaboración propia

El procedimiento de las pruebas siguió la siguiente metodología:

- Pesaje del combustible
- Ajuste del aire flujo de aire combustión por medio de la succión de aire al ventilador
- Posicionamiento del ventilador (parte inferior o superior de la cámara de combustión del horno)
- Adición del combustible

- Toma de tiempos desde la adición del combustible hasta el momento que se consumía por completo

Se realizaron 6 pruebas las cuales se documentaron con fotografías y video, en la tabla 4.20 se presenta el resumen de las pruebas:

Tabla 4.18

Pruebas realizadas con briquetas en horno de fabricación de ladrillos artesanales en San Nicolás Tequisquiapan.

# de Prueba	Tipo de Combustible	Cantidad (kg)	Inicio de Combustión (hora)	Final de Combustión (hora)	Posición del Quemador (cámara de combustión)	Tiempo de Combustión (min)	Tiempo de combustión por kg de combustible	Observaciones
1 (línea base)	Aserrín	8.5	11:06	11:12	Zona superior	6	0.71	Generación de humo a la carga del combustible
2	Briqueta	40	10:40	11:06	Zona superior	26	0.65	Falta de aire de combustión exceso de combustible
3	Briqueta	8	11:13	11:27	Zona superior	14	1.75	Sin generación de humo
4	Briqueta	10	11:27	11:45	Zona inferior	18	1.80	Sin generación de humo
5	Briqueta	12	11:47	12:07	Zona superior	20	1.67	Sin generación de humo

Fuente: Elaboración propia

Las siguientes imágenes muestran el proceso de combustión de la briqueta dentro del Horno. Las figuras desde 4.10 a la figura 4.12 muestran proceso de encendido de las briquetas cuando estas son colocadas dentro del horno, posteriormente muestran el proceso de las briquetas haciendo combustión y finalmente el proceso cuando éstas se han consumido, pero aún están emitiendo calor.



Figura 4.10. Inicio de proceso de combustión de las briquetas están iniciando el proceso de combustión con la ayuda del aire suministrado por el ventilador. Fuente: Elaboración propia



Figura 4.11. Esta imagen muestra la combustión completa de las briquetas. El ventilador continúa suministrando aire de forma constante. Fuente: Elaboración propia



Figura 4.12. Final de la combustión de la briqueta, sin suministro de aire del ventilador. Fuente: Elaboración propia

En las figuras 4.13 y 4.14 se observa la parte superior del horno por donde salen los gases del proceso de quema del ladrillo utilizando las briquetas como combustible los gases de combustión resultado de la quema muestran una combustión completa y limpia comparando con la quema de aserrín como combustible donde se observó una combustión incompleta con generación de humo.



Figura 4.13. Quema usando briquetas. Fuente: Elaboración propia



Figura 4.14. Quema utilizando aserrín. Fuente: Elaboración propia

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Eficiencia del combustible (combustibilidad)

Para cada una de las pruebas se calculó la eficiencia como velocidad de combustión del combustible considerando como línea base el tiempo de combustión de un Kilogramo de Aserrín comparado con el tiempo de combustión de un Kilogramo de Briqueta para cada una de las condiciones de las pruebas (Figura 5.1). En base a lo anterior la eficiencia de velocidad de combustión es:

Eficiencia de velocidad de combustión= (Tiempo de Combustión de un Kg de Briqueta)/(Tiempo de combustión de Kg de Aserrín)

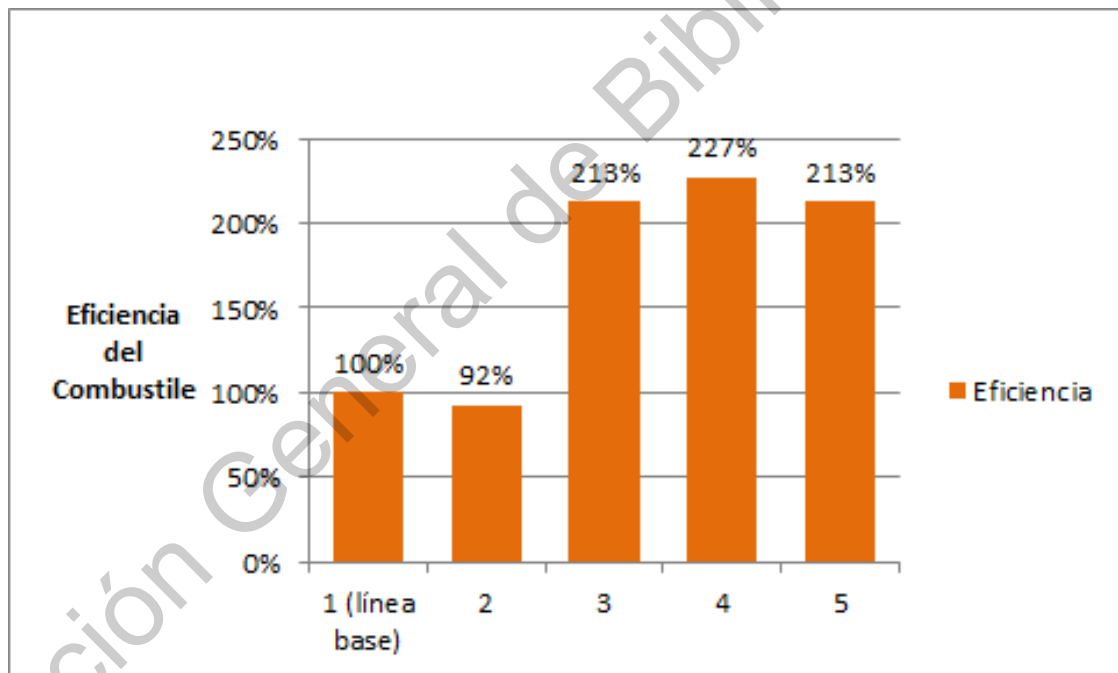


Figura 5.1. Eficiencia de combustión de las briquetas. Fuente: Elaboración propia

Los resultados mostraron un incremento en la eficiencia del uso del combustible, en otras palabras, una reducción en de la velocidad de combustión que permite aprovechar el calor de manera más eficiente ya que este no escapa por la parte superior de horno. El calor generado por las briquetas se utiliza de

manera más eficiente al tener una combustión completa esto se pudo observar ya que en la parte superior del horno los gases de combustión no mostraban presencia de humo ya que este es un indicativo de una combustión completa.

5.2. Reducción de consumo de combustibles y contaminantes

La cantidad de aserrín consumida para la quema de 8500 ladrillos, (dato a partir de los consumos específicos del horno de prueba) es de 2500 kg, valor incluye el proceso de calentamiento. En base al incremento de la eficiencia en la velocidad de combustión de la briqueta la cantidad de combustible podría ser reducida considerablemente, hasta un 55% aproximadamente considerando los resultados de eficiencia del combustible obtenidos. La mejora en la eficiencia reportada por Ivan Machado (CUBA, 2011) utilizando briquetas de material arcilloso y biomasa como sustituto parcial de combustible del combustible utilizado en un horno en Manicaragua provincia de Villa Clara en Cuba fue del 40%, las briquetas fueron utilizadas en un horno típico de localizado en Manicaragua.

En base a los factores de CO₂ reportados por la EPA en el Inventario de Factores de Emisión de gases efecto invernadero de Marzo del 2018 se calcularon las emisiones de CO₂ por año considerando tres tipos de combustibles: aserrín, briquetas y aceite quemado. Como base de cálculo se considera la producción de 2.5 millones de ladrillos mensuales de la comunidad de San Nicolás Tequisquiapan.

La reducción de emisiones por sustitución de combustible por briquetas podría ser desde 8830 toneladas si se sustituye el aserrín o de 2867 toneladas para el caso de sustituir el aceite quemado, ambas cantidades en base anual Tabla 5.1.

Tabla 5.1

Emisiones generadas por diferentes tipos de combustibles en la producción de ladrillo artesanal

Emisiones generadas de CO2 a partir de diferentes combustibles					
Tipo de Combustible	Factor de Emisión Kg/Ton	Combustible Toneladas por millar de ladrillos	Combustible Toneladas por mes	Emisiones Ton de CO2 por Año	Diferencia de emisiones toneladas
Briquetas	1822	133	331	7247.9	-
Aserrín	1822	294	735	16078.4	8831
Aceite	2673	126	315	10115.0	2867

Fuente: Elaboración propia

5.3. Costos de Combustible y de Ladrillo

La inversión en aserrín como combustible para la producción de 8500 ladrillos es de \$2250 pesos equivalente a 2500 kg de aserrín. El costo unitario por combustible resulta en \$0.26 por ladrillo. En el caso de utilización de briquetas para la quema de la misma cantidad de ladrillos se estima una cantidad de 1126 Kg con un costo de \$19.1 por kilogramo, el costo total de inversión en combustible ascendería a \$21,524 con un costo unitario de \$2.53 por ladrillo. La diferencia es de 9.7 veces más en costo cuando se considera la briqueleta como combustible.

El costo obtenido, en la sección 1.3.4, para la fabricación de 11,000 piezas fue de \$8,000 pesos con un costo unitario de \$0.72 pesos por pieza considerando el uso de aceite quemado como combustible. Por otro lado, el costo obtenido

para el mismo volumen de fabricación usando aserrín como combustible fue de \$5,800 con un costo unitario de \$0.52 pesos por pieza.

Con el uso de la briqueta como combustible el costo por pieza de ladrillo se ha calculado en base a la información obtenida en la tabla 5.2.

Tabla 5.2

Costos de producción de lote de 11,000 piezas de ladrillo artesanal usando briquetas como combustible

Costo de Materias Primas	\$2,050
Costo de Mano de Obra	\$1,050
Costo de Combustible (briquetas)	\$27,830
Costo Total	\$30,930
Costo unitario pesos/pieza	\$2.81

Fuente: Elaboración propia

Comparando los costos unitarios de fabricación determinados para el lote de 11,000 piezas de ladrillos usando aceite quemado y aserrín con el costo de fabricación utilizando la briqueta este es 3.90 y 5.40 veces mayor.

5.4. Precio de venta de ladrillos a nivel nacional

Según el reporte de INECC “Análisis de Mercado del Sector de la Construcción y Proyecto Piloto a Nivel Región Basado en un Portafolio de Políticas Públicas con el objetivo de reducir los contaminantes climáticos de vida corta de Ladrilleras Artesanales en México” los precios a nivel nacional del ladrillo oscilan entre \$800 y \$2500 pesos el millar (Instituto Nacional de Cambio Climático, 2015), el precio de venta del millar de ladrillo producido en la comunidad de San Nicolas Tequisquiapan actual (2019) oscila entre \$2.0 y \$2.5 por pieza de ladrillo

(dimensiones de ladrillo 13.5 x 27 x 5.5 cm) precios consultados a productores de la misma comunidad. Los niveles de producción de ladrillos llegan a variar durante el año en relación a los meses de secas y de lluvias en el país, siendo los meses más propicios para la fabricación de ladrillos los meses de Enero a Mayo y de Septiembre a Diciembre en conjunción con las variaciones de precios para las temporadas de secas y de lluvias el mismo estudio del INECC reporta una inelasticidad precio oferta debido a estos factores.

El precio del ladrillo fabricado con briquetas manteniendo el margen actual del productor dueño del horno donde se realizó el estudio se propone entre \$4.3 a \$4.8 pesos por pieza de ladrillo. La característica del ladrillo que lo diferencia de su similar es que su proceso de producción emite menor cantidad de emisiones e CO₂ a la atmosfera siendo un producto con enfoque ecológico y sustentable.

5.5. Análisis financiero del proyecto

De acuerdo a los cálculos de retorno de capital y con la proyección de ventas realizada el proyecto pagaría su financiamiento en un año y nueve meses, considerando un costo de capital de 12.5%. Respecto al valor presente neto a 5 años este es de 89.8 millones de pesos. A continuación, se presentan razones financieras con el objetivo de evaluar el proyecto:

Para los años 1 y 2 el rendimiento del capital de trabajo es cercano al 40 y 50% debido a la menor capacidad utilizada de la planta industrial Figura 5.2, posterior al incremento de uso de la capacidad de planta productiva hasta un 100% el rendimiento sobre el capital de trabajo logra rendimientos mayores al 80%

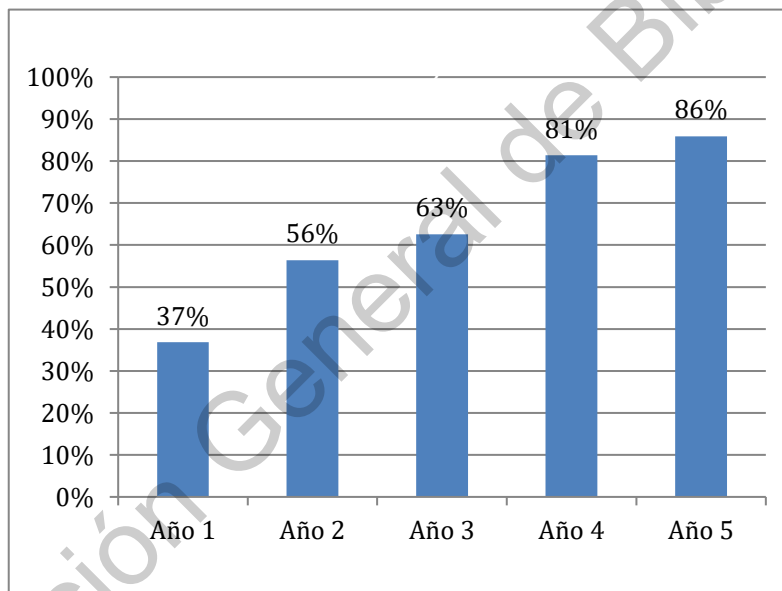


Figura 5.2. Rendimiento sobre capital de trabajo Fuente: Elaboración propia

El rendimiento sobre activos para la empresa, se presenta en la figura 5.3, este incrementa año con año al reducir el valor del activo fijo debido a la depreciación aplicada e incrementarse la utilidad por el incremento de la utilización de la planta productiva y las ventas. El Mercado de México en el 2007

presento un valor de rendimiento sobre capital de trabajo del mercado de 13.7% (Alberto Calva-Mercado y Acus Consultores)

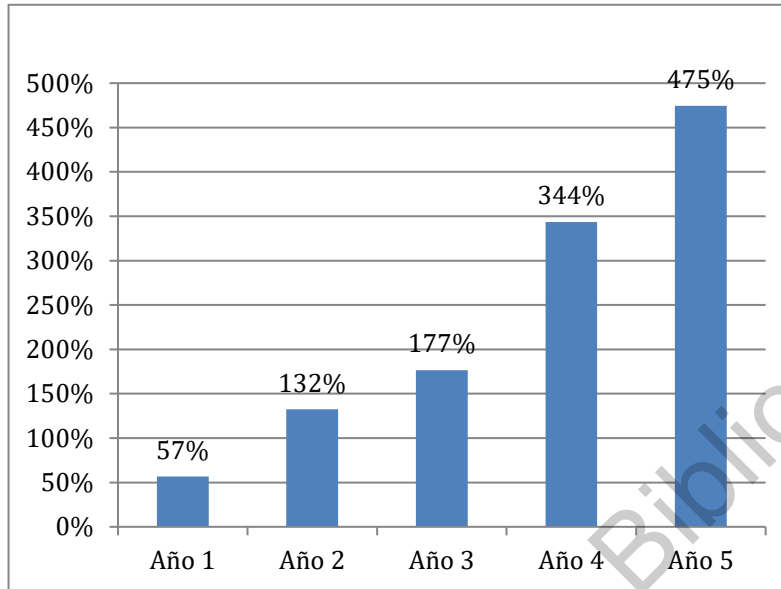


Figura 5.3. Rendimiento sobre activo. Fuente: Elaboración propia

La utilidad muestra valores desde un 36% hasta un 59% en el periodo de 5 años evaluado Figura 5.4. Estos rendimientos se observan por arriba de los rendimientos del total mercado en México en el 2007 que fue de un 17.8% (Alberto Calva-Mercado y Acus Consultores). El rendimiento del proyecto se visualiza alentador para los inversionistas por los márgenes atractivos desde el primer año del proyecto.

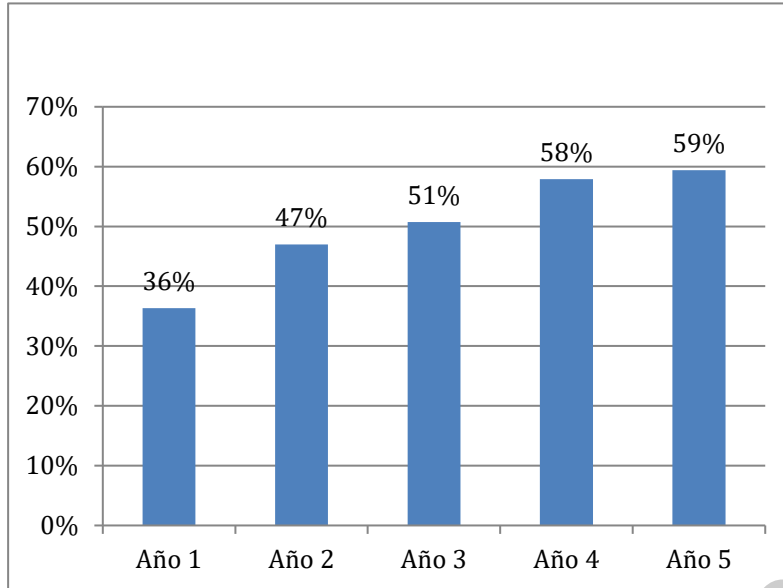


Figura 5.4. Margen de utilidad antes de impuestos Fuente: Elaboración propia

La rotación del capital de trabajo, Figura 5.5, presenta valores desde 1.6 a 2.41 veces las ventas sobre el capital de trabajo empleado, esta razón financiera para el total del mercado en México en el 2007 presentó un valor de 1.07 veces (Alberto Calva-Mercado y Acus Consultores).

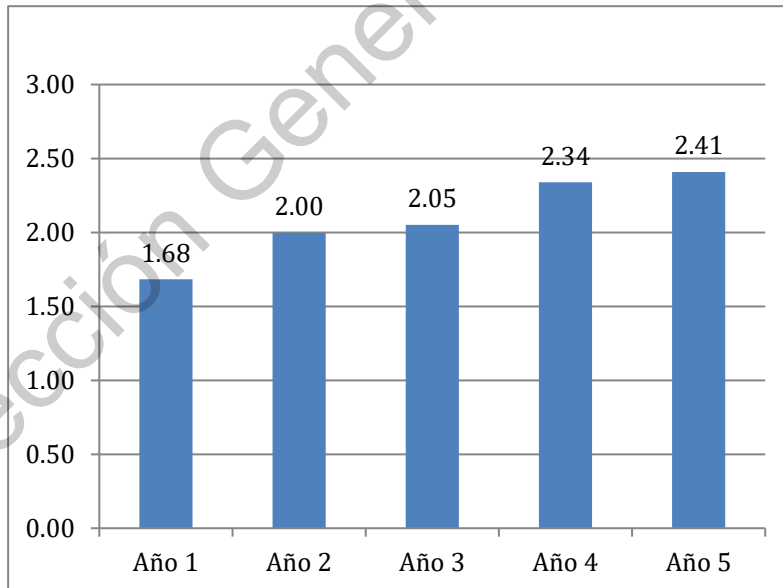


Figura 5.5. Rotación del capital de trabajo. Fuente: Elaboración propia

La rotación de activo fijo presenta indicadores atractivos para los inversionistas Figura 5.6.; con la inversión inicial las ventas generables pueden rendir hasta 13.3 veces el costo del activo fijo para el quinto año del proyecto partiendo de un valor de 2.6 veces para el año 1.

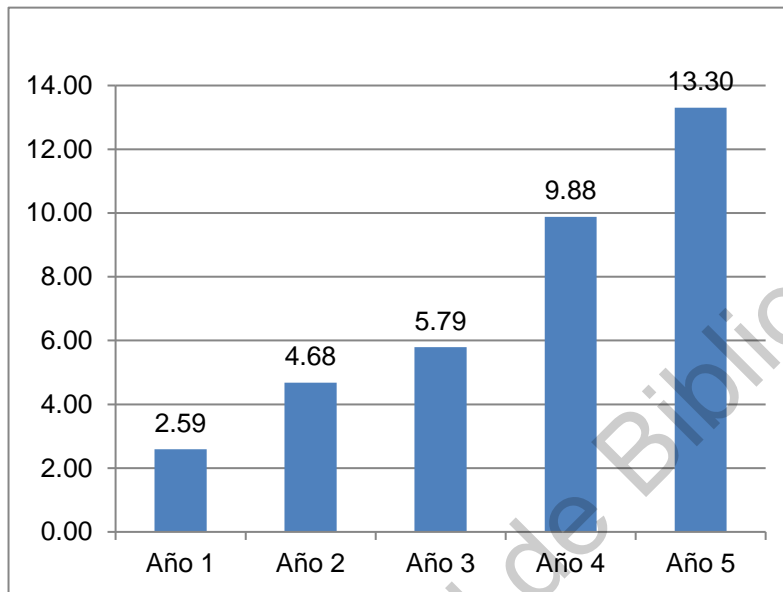


Figura 5.6. Rotación del capital de trabajo Fuente: Elaboración propia

Considerando el promedio de los cinco periodos evaluados el apalancamiento es de 0.91 veces el capital contable Figura 5.7, el mercado nacional registro un valor de 1.2 veces en el periodo del 2007 (Alberto Calva-Mercado y Acus Consultores). El proyecto con relación a esta razón financiera presenta menor riesgo considerado como promedio en el periodo evaluado así también como para los años 4 y 5.

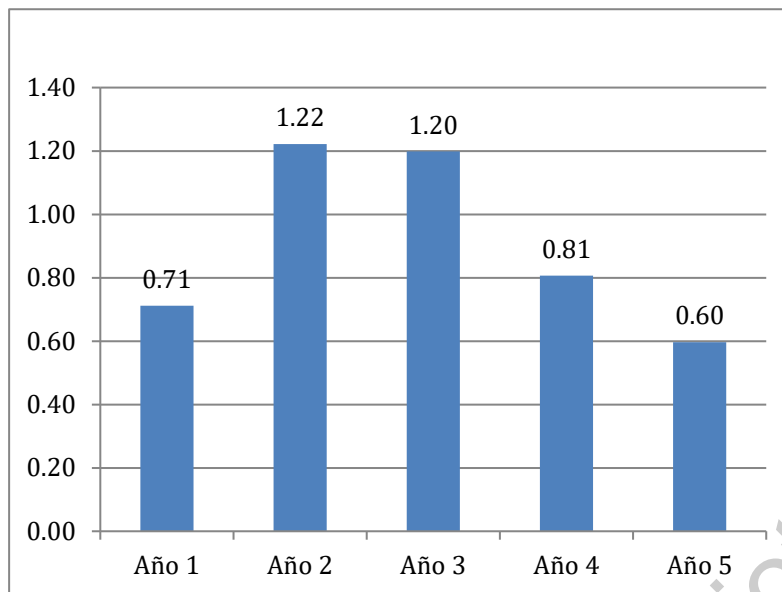


Figura 5.7. Endeudamiento a largo plazo. Fuente: Elaboración propia

5.6. Encuestas de Mercado

Se realizaron encuestas de mercado en la comunidad de Vistha en San Juan del Rio y la comunidad de San Nicolás Tequisquiapan. Las encuestas abarcaron los siguientes tópicos:

- Aspectos sociales y de la comunidad
- Hornos
- Ecología
- Subsidios
- Combustibles
- Salud

Se realizaron entrevistas con una cobertura de entre el 20 al 30% del total de la población de personas dedicadas a la fabricación de ladrillo artesanal considerando entre ambas comunidades la de San Nicolás Tequisquiapan y la

de Vistha en San Juan del Rio. A continuación se presenta un análisis pasando por cada uno de los tópicos incluidos en la encuesta:

Social

De la encuesta el 80% de los entrevistados indicaron que contaban con servicio de agua potable, luz eléctrica y drenaje. El número de personas que integran una familia se indicó entre 3 y 6 personas, y el número de familias que llegan a depender de un horno puede ser de hasta de dos familias, el 80% indico que una familia depende de un horno.

Hornos y ecología

Las capacidades de los hornos van desde 8000 a 11,000 piezas, indicando que el 81% de los hornos quemás al menos 1 vez por mes, ninguno de los entrevistados indico que realizan más de una quema por mes. A los entrevistados que operan o son dueños de hornos se les pregunto sobre los conceptos de ecología y sustentabilidad; el 100% de los entrevistados tenia un idea o concepto claro de la ecología y para el caso de sustentabilidad el 58% igualmente tuvo una idea en este caso general del concepto.

Subsidios

Acercas de los subsidios el 19% de los entrevistados indicó que recibido un subsidio por parte del gobierno para la construcción de hornos, y que este había sido por única ocasión. Por otro lado el 100% opinó que deberían recibir apoyo por parte del gobierno, repartiéndose los apoyos en las siguientes categoría: 42% combustibles, 38% infraestructura para hornos y 19% económico.

Combustibles, Costos de Combustible y Precios de Venta

Los combustibles utilizados tienen una distribución entre los entrevistados como sigue: Aserrín 46%, Aceite Quemado 15%, Combustóleo 8%, Leña 23%, y Basura el 8%. El 77% de los entrevistados indicó que los combustibles que utilizan en su proceso productivo es seguro, el 100% indicó que genera humo negro y que el combustible utilizado daña el medio ambiente. El 62% indicó que el combustible utilizado puede dañar la salud de los habitantes de su comunidad. El 100% indicó que estarían dispuestos a utilizar un combustible ecológico, el 58% también indicó conocer combustibles ecológicos y el 19% indicaron que han utilizado un combustible ecológico en el proceso de fabricación de ladrillos artesanales. El 58% considera que paga un precio justo por el combustible que utiliza y el 100% indicó utilizaría un combustible ecológico de mayor costo que el que utiliza actualmente, aunque esto implique incrementar su costo de fabricación y precio de venta. El 100% indicó que no se paga un precio justo por el ladrillo al ser un producto artesanal y que deberían tener un mayor precio de venta.

Salud

El 42% de los entrevistados indicó que cuentan con un seguro de salud por parte de Gobierno, el 58% indicó que el gobierno le aplicó un examen medico siendo esto hace más de 10 años. Los entrevistados consideran la salud de los habitantes de sus comunidades como buena en un 38%, como regular en un 19% y mala en 42%

CONCLUSIONES

Los resultados de la presente investigación indican que las briquetas de biomasa tienen un alto potencial para su uso en la fabricación de ladrillos artesanales como combustible. Como se describió en la sección de resultados la reducción de emisiones de CO₂ a la atmósfera como resultado de los sustitución de combustibles en las comunidades podría ser de 8800 toneladas de CO₂ por año, si se considerarán todas las comunidades indicadas en la sección 2.1.2 la reducción de éstas emisiones podría ser de hasta 17.9 Mil toneladas de CO₂. Esta cantidad podría representar hasta un 18 % de la cantidad de CO₂ producida en el estado de Querétaro correspondiente a las ladrilleras, según el Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en el Estado de Querétaro, año base 2015 (RL, 2015).

Derivado de la sustitución de combustibles por briquetas de biomasa se considera que el efecto también podría tener un efecto positivo en la salud de los habitantes de las comunidades debido a la disminución de sustancias tóxicas derivadas de la quema de combustibles como el aceite quemado, plásticos y basura. Igualmente se prevé efecto positivo para el medio ambiente debido a la reducción contaminantes

También de acuerdo a los resultados se considera que la sustitución de los combustibles por las briquetas de biomasa debería ser acompañado por un ajuste en los precios de venta los ladrillos, esto enfocado en dos puntos primordialmente; mejorar las condiciones de vida de las personas dedicadas a la fabricación de ladrillos artesanales y la cobertura del costo del combustible.

La adaptación de los hornos de las comunidades de San Nicolás Tequisquiapan y para el uso de briquetas de biomasa se visualiza con la implementación de ventiladores para suministrar la cantidad de aire de combustión con el objetivo de beneficiar la combustión de la briqueta. Adecuaciones adicionales para su utilización se podrían ampliar con asilamientos en los hornos con el objetivo de disminuir las pérdidas de energía al ambiente y con termopozos para monitoreo y control de las temperaturas durante el proceso de quema, además de buenas prácticas de operación que pueden ayudar mejorar la calidad de los productos y la salud de las personas al utilizar equipos de seguridad.

Se prevé que la participación de los actores sociales, gubernamentales e inversión privada participen, la sociedad desde las comunidades ladrilleras incorporando las briquetas de biomasa en la fabricación de los ladrillos, el gobierno implementando las regulaciones requeridas sobre materia ambiental que deben ser implementadas por los fabricantes de ladrillos y la inversión privada con recursos destinados a inversión de la planta productiva a recuperar por medio de la venta de las briquetas de biomasa fabricadas en el proyecto industrial planteado en esta investigación.

De acuerdo a la corrida financiera el proyecto puede considerarse como una inversión positiva al tener un lapso corto de recuperación de inversión aún cuando el monto de financiamiento es importante desde el punto de vista de inversionista. Desde el punto de vista del margen de utilidad el proyecto entrega porcentajes por arriba del mercado nacional así como también se puede observar una

reducción en el índice de apalancamiento de un nivel de 50% respecto a indicador nacional para el 5to año.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

Referencias

- Alberto Calva Mercado y Acus Consultores, S. (2016). *Razones Financieras Sectoriales en México*. Obtenido de <http://www.acus.com.mx/razones-financieras-mexico-201.pdf>
- Alonso, A. L. (2006). *Inventario Geo-Referenciado de la industria ladrillera en el estado de Querétaro y efecto en fauna nativa*. Querétaro: (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma de Querétaro.
- Bernabe, R., Ávila, L. E., Rutiaga, J.G. (Junio 2013). *Componentes Químicos de la madera de cinco especies de pino del municipio de Morelia, Michoacán*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 2(2)
- Cárdenas B., Aréchiga, U., Munguía J.L., Márquez C., Campos, A. (2012). *Evaluación preliminar del impacto ambiental por la producción artesanal de ladrillo: eficiencia energética y calidad del aire*. México. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa y el Instituto Nacional de Ecología.
- Machado, I. (CUBA, 2011). Mejora de la eficiencia energética de la producción de ladrillos. *Revista Ingeniería de Construcción*, 26(2). pp. 208-233
- Ecosur. (Ecuador, 2006-2010). *Producción ecológica y económicamente sustentable de ladrillos en Chambo*.
- Energy, G. (Julio de 2018). 2000kg/h briquette plant. China.
- Farhat, s. d. (2016). Metodología de cálculo del costo promedio ponderado de capital en el modelo del wacc. *Latindex*, 10(3). pp.33-45.
- F. Jeb, Jackson, B. Fonteno, W. (Año desconocido) Pine Bark Physical Properties Influenced by Bark Source and Age. Department of Horticultural Science, North Carolina. North Carolina State University.
- Fregoso, J. N. (2016). Usos alternativos de los desechos de la industria del aserrio. Durango: Universidad Juárez del Estado de Durango.

Herrera, L. A. (2012). *Diagnóstico nacional del sector ladrillero*. Serpro.

Herrera, A. C. Carrillo, A. Pedraza, F. E., Correa, F. Herrera, R., López, P., A. Rutiaga, J. G. (2017). *Densidad, composición química y de poder calorífico de madera de tres especies de encino (Quercus candicans, Q. Laurina y Q rugosa)*. Michoacán: Ciencia Nicolaita.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2014). *Factores de emisión para los diferentes tipos de combustibles fósiles y alternativos que se consumen en México*. Ciudad de México.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2015). *Análisis de Mercado del Sector de la Construcción y Proyecto Piloto a Nivel Región Basado en un Ciudad de México*.

Iván Machado L., J. F. (2011). Mejora de la eficiencia energética de la producción de ladrillos de cerámica roja a partir del empleo como biocombustible de material lignocelulósico densificado. *Revista Ingeniería de Construcción*, 208-222.

Martín, F. M. (2001). *Biocombustibles Sólidos de Origen Vegetal*. Madrid: Aenor Asociación Española de Normalización y Certificación.

Nuestro Mexico. (Año). <http://www.nuestro-mexico.com/>

Damodaran online. (January de 2019). <http://www.stern.nyu.edu/~adamodar/pc/datasets/betas.xls>

Quintero, M. (2016). *Caracterización de aserrín de diferentes maderas*. Santiagode Cuba, Cuba. Facultad de Ingeniería Química. Universidad de Oriente.

Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en el Estado de Querétaro. (2015). Querétaro: Secretaría de Desarrollo Sustentable del Estado de Querétaro.

Betas by Sector. (January de 2019).
http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html

Forbes México (28 de Septiembre de 2015). México.
<https://www.forbes.com.mx/las-industrias-mas-rentables-en-2015/>

Engineering ToolBox (10 de Julio de 2018).
https://www.engineeringtoolbox.com/fuels-higher-calorific-values-d_169.html

Ubaque, C. G. (2013). Aprovechamiento de Biomasa Peletizada en el Sector Ladrillero en Bogotá-Colombia: Análisis Energético y Ambiental. *Información Tecnológica*, 24(3). pp. 115-120.


Clima coalición aire limpio para reducir contaminantes de vía corta (2016). *Manual de Capacitación del sector ladrillero de américa latina*. Perú. Fundación Suiza de Cooperación para el Desarrollo Técnico.

woodenergy. (22 de July de 2018). <http://www.woodenergy.ie>

APÉNDICES

Dirección General de Bibliotecas UAQ

APÉNDICE A
Encuesta de mercado



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERÉTARO

Fecha: _____

Nombre del encuestado: _____

Encuesta de Mercado: Salud, Ecología, Sustentabilidad y Fuentes de energía en las ladrilleras

Objetivo: Obtener información que indique la aceptación a utilizar un combustible ecológico con el objetivo de mejorar las condiciones de salud y medio ambiente en la comunidad manteniendo y mejorando sus fuentes de empleo

Comunidad Social

¿Cuál es el nombre de su comunidad? _____

¿A que municipio pertenece su comunidad? _____

¿Cuál es el número de habitantes aproximado que hay en su comunidad? _____

¿Cuanto con Servicio eléctrico? _____

¿Cuenta con Agua Potable? _____

¿De donde se extrae en agua potable en su comunidad? _____

¿Cuenta con drenaje? _____

¿Cuántas personas dependen de la cabeza de familia? _____

Hornos

¿Con cuántos hornos cuenta?

1

2

Otro: _____

¿Con que tipo de horno ú hornos cuenta?

¿De qué Capacidad es el horno?

8,000 piezas

11,000 piezas

Otro piezas

¿Número de quemas por mes?

1


2

Otro _____

¿Cuántos hornos aproximadamente hay en su comunidad? _____

1

Figura A.1. Pagina 1 de la encuesta realizada a ladrilleros. Fuente: Elaboración propia



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERÉTARO

¿Tipos de ladrillos que fabrica?

Dimensiones	1	2	3	4
Alto				
Ancho				
Largo				

Ecología

¿Sabe qué es la ecología?

Si
 No

¿Si su respuesta fue "Si" podría definir en una frase lo que es ecología para usted?

¿Sabe que es la sustentabilidad?

Si
 No

Si su respuesta fue "Si", ¿podría definir en una frase lo que es sustentabilidad para usted?

Subsidios

¿Recibe o recibió algún subsidio (ayuda) por parte del gobierno para mejorar las condiciones de operación de su horno?

Si
 No

¿Que tipo de subsidio recibe o ha recibido?


Económico
 Combustibles
 Materiales para fabricación de ladrillos
 Infraestructura para construcción de hornos
 Otro: _____
 Salud

Con qué frecuencia ha recibido o recibe subsidios por parte del gobierno?

Semanal
 Mensual
 Trimestral
 Anual
 Solo una vez, en que consto el subsidio?

2

Figura A.2. Pagina 2 de la encuesta realizada a ladrilleros. Fuente: Elaboración propia



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERÉTARO

Sino recibe algún apoyo por parte del gobierno cree que lo debería recibir?

Si
 No

Si su respuesta fue "SI", indique que tipo de beneficio sería benéfico recibir por parte del gobierno?

Económico
 Combustibles
 Materiales para fabricación de ladrillos
 Infraestructura para construcción de hornos
 Otro: _____
 Salud

Combustibles

¿Qué tipo de combustibles utiliza durante las quemas?

Aserrín
 Aceite Quemado
 Combustóleo
 Plástico
 Leña
 Gas Natural, Gas LP
 Basura
 Otro: _____

¿Considera seguro (salud, accidentes, lesiones) para usted manejar el tipo de combustible que utiliza

Si
 No

¿El combustible que utiliza genera humo gris o negro

Si
 No

¿Considera que el combustible que utiliza contamina el medio ambiente?

Si
 No

¿Considera que el combustible que utiliza puede afectar la salud de los habitantes de su comunidad?


Si
 No

¿Estaría dispuesto a utilizar un combustible amigable con el medio ambiente?

Si
 No

3

Figura A.3. Pagina 2 de la encuesta realizada a ladrilleros. Fuente: Elaboración propia



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERÉTARO

¿Estaría dispuesto a utilizar un combustible que reduzca riesgos a la salud de los habitantes de su comunidad manteniendo la calidad de sus productos?

Sí
 No

¿Conoce algún combustible ecológico ó biocombustibles?

Sí
 No

¿A utilizado algún combustible ecológico ó biocombustibles para la quema de ladrillos?

Sí
 No

Si su respuesta fue "Sí" que tipo combustible ecológico ó biocombustible utilizó?

Considera que paga un precio justo por el combustible que utiliza?

Sí
 No

Utilizaría un combustible ecológico de mayor costo que el que utiliza actualmente, aunque esto implique incrementar su costo de fabricación y precio de venta?

Sí
 No

Considera que su producto (ladrillo) es pagado a un precio justo al ser un producto artesanal?

Sí
 No

Considera que los ladrillos fabricados en su comunidad al ser un producto artesanal deberían tener un precio mayor considerando que son artesanales?

Sí
 No

Salud

¿Cuenta con seguro social o algún otro tipo de seguro de salud subsidiado por el gobierno?

Sí
 No

¿El gobierno le ha realizado algún tipo de examen médico?

Sí
 No

¿Cómo considera la salud de los habitantes de su comunidad?

Buena
 Regular
 Mala

4

Figura A.4. Pagina 4 de la encuesta realizada a ladrilleros. Fuente: Elaboración propia

Apéndice B
Imágenes Ladrilleras



Figura B.1. Horno MK2 ubicado en la población de San Nicolás Te



Figura B.2. Aserrín material combustible utilizado en la fabricación de ladrillos artesanales en la comunidad de San Nicolás Tequisquiapan



Figura B.3. Proceso de secado de ladrillos a la intemperie



Figura B.4. Lote de briquetas de madera de pino utilizadas durante la prueba de fabricación de ladrillos



Figura B.5. Mezcla de materias primas usada en la fabricación de ladrillos



Figura B.6. Horno en operación utilizando briquetas como combustible
combustión asistida por un ventilador de aire



Figura B.7. Horno en operación utilizando briquetas como combustible
combustión asistida por un ventilador de aire



Figura B.8. Briquetas de madera de pino utilizadas durante la prueba de
fabricación de ladrillos



Figura B.9. Parte superior de horno durante quema utilizando briquetas como combustible



Figura B.10. Proceso de secado de ladrillos a la intemperie



Figura B.11. Parte superior de horno durante quema utilizando aserrín como combustible



Figura B.12. Combustión de briquetas dentro de la cámara de combustión del horno de fabricación de ladrillos artesanales



Figura B.13. Combustión de briquetas dentro de la cámara de combustión del horno de fabricación de ladrillos artesanales



Figura B.14. Combustión de briquetas dentro de la cámara de combustión del horno de fabricación de ladrillos artesanales