

Área del Conocimiento de Agricultura

ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE LADRILLOS ARCILLA-CEMENTO

Trabajo Monográfico para optar al título de
Ingeniero Químico

Elaborado por:

Br. Natanael Ovidio
López Brooks – 2016-
0116U

Br. Adrian Enrique
Tinoco Salgado –
2016-0657U

Tutor:

M en C. Rolando
Antonio Guevara
Arroliga

02 de septiembre de 2024
Managua, Nicaragua

Managua, 10 de julio de 2024

MSc. Miguel Antonio Fonseca Chávez

Director de área de conocimiento de agricultura

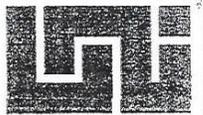
Estimado MSc. Fonseca.

Por medio de la presente hago constar que he leído el trabajo monográfico titulado: **“ESTUDIO TÉCNICO ECONOMICO PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE LADRILLOS ARCILLA-CEMENTO”** de mis tesisistas **Natanael Ovidio López Brooks** y **Adrian Enrique Tinoco Salgado** para optar al título de Ingeniero Químico cuyo título es y que acepté asesorar a los estudiantes, bajo mi tutoría durante la etapa del desarrollo del Trabajo monográfico hasta su presentación y evaluación.

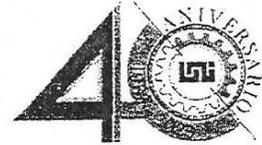
Agradeciendo su atención, me despido cordialmente.

Atentamente:

Rolando Antonio Guevara Arroliga



Decanatura | FIQ



15 junio del 2023

Br. Natanael Ovidio López Brooks
Br. Adrián Enrique Tinoco Salgado
Tesisistas FIQ
Sus manos.
Estimados tesisistas:

Por este medio hago de su conocimiento la aprobación del tema titulado “**Estudio técnico económico para la instalación de una planta productora de ladrillos arcilla-cemento**” como su trabajo monográfico para la obtención del título profesional de Ingeniero Químico.

Además, les informo que ha sido asignado como su tutor al **M. en C. Rolando Antonio Guevara Arroliga** con todas las funciones que le confiere la Normativa para los Trabajos Monográficos, vigente en la Universidad Nacional de Ingeniería.

Les recuerdo que la preparación, ejecución, presentación y defensa del trabajo monográfico se rigen por la Normativa ya mencionada, así como por el Instructivo para la Realización del Trabajo de Diploma en la FIQ. Además, de acuerdo a acta de Consejo Facultativo 01-2013 del 21 de enero de 2013, deberá elaborar y entregar un artículo y un poster al finalizar su trabajo monográfico.

Sin más referencias, me suscribo.



MSc. María Albertina Reyes Conrado
Decana FIQ

cc: M. en C. Rolando Antonio Guevara Arroliga. Tutor de Trabajo Monográfico
MSc. Luis Porras, Secretaría Académica, FIQ
Dr. Léster Javier Espinoza Pérez, Coordinación de Investigación, FIQ
M. en C. Rolando Guevara. Encargado de las Formas de Culminación de Estudios
Archivo

📞 Teléfono: (505) 2278 1463

📍 Recinto Universitario Simón Bolívar
Avenida Universitaria.
Managua, Nicaragua.
Apdo. 5595

✉️ decanatura@fiq.uni.edu.ni
www.fiq.uni.edu.ni

RECIBIDO
15-6-23
12:20
M. Reyes

AGRADECIMIENTO

A nuestra Alma Mater, Universidad Nacional de Ingeniería, por darnos una educación de calidad y profesional.

A la facultad de ingeniería Química por darnos los distintos conocimientos que empleamos para realizar este trabajo monográfico ya que es el conocimiento que emplearemos a lo largo de nuestras vidas profesionales.

A nuestro tutor Ing. Rolando Guevara que nos encaminó en este trabajo monográfico brindándonos sus conocimientos y guía para realizar este trabajo.

A nuestras familias, que siempre han estado a nuestro lado, brindándonos su apoyo incondicional. Su amor y comprensión han sido fundamentales para nuestro éxito.

DEDICATORIA

A mi madre Candida Brooks Juárez por siempre haber siempre creído en mí, apoyarme y darme su infinito amor, por guiarme en este mundo para convertirme en un hombre de bien y siempre seguirme motivando a ser la mejor versión de mí mismo agradezco infinitamente a Dios por la madre que me ha dado.

A mi hermana Candy López Brooks por siempre estar presente en mi vida y darme su amor y apoyo incondicional por ser uno de los pilares para impulsarme a lograr cada día ser mejor y perseverar para seguir mis sueños.

A mi padre Natanahel López Salmaron por haberme enseñado a ser fuerte en la vida y resistir las adversidades que se avecinan y seguirme poniendo en pie poniendo la mejor cara y aprender de los errores que cometemos para ser mejor.

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto por siempre bendecir a mí y a mi familia también que nos ha concedido la sabiduría y la fortaleza para superar todos los obstáculos. Nos ha dado la fuerza para seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles.

Y a mí por haber culminado este viaje lleno de muchos altibajos, perseverar y siempre seguir adelante ante las adversidades de la vida mi familia y Dios ha sido los pilares que me sostienen para poder caminar en esta vida.

Natanael Ovidio López Brooks

A mi madre, Marilu del Carmen Salgado, por haberme dado la oportunidad de vivir, de enfrentarme a la batalla tan grande de la vida y brindarme el calor y protección que necesite, para sobrellevar los acontecimientos de mi vida, enseñarme a ser un hombre independiente, a cargar con las responsabilidades de mis actos y disfrutar plenamente del placer de vivir, criarme sola y hacerse cargo de todos mis estudios, es algo que agradezco profundamente desde el fondo de mi alma, es gracias a ella que hoy estoy aquí.

A mi mejor amiga Karla Silva Bustillo, quien es el pilar de mi actual vida, la persona que siempre confió en mí, quien me alentó a ser mejor de lo que ya era y siempre estuvo a mi lado, en los momentos buenos y en los más difíciles, agradezco con todo mi ser el haberla conocido, el ser parte de su vida hace que mis esfuerzos por ser una mejor persona crezcan, para hacerla sentir orgullosa.

Por último, pero no por ello menos importante, a mí, quiero darme las gracias por crecer en mí mismo, quiero darme las gracias por todo este trabajo duro, quiero darme las gracias por no tener días libres, por nunca renunciar, por ser una persona que da y que intenta dar más de lo que recibe, por ser siempre yo mismo y seguir adelante por mi futuro.

Adrian Enrique Tinoco Salgado

RESUMEN

El presente trabajo monográfico tiene como finalidad hacer una evaluación de forma exhaustiva técnica y económica para la puesta en marcha de una planta productora de ladrillos de Arcilla-Cemento, para su uso en sistemas integrados de construcción en mampostería, analizando procesos, materia prima e indicadores económicos para determinar la rentabilidad del proyecto.

El análisis técnico se realizó tomando en cuenta, los volúmenes de producción de ladrillos de las empresas productoras del país; la determinación de los flujos de materia prima en el proceso, los equipos que se usarían en la producción, la descripción de cada una de las etapas del proceso y la elaboración de balances de materia y flujograma de proceso para caracterizar cada etapa de la producción de ladrillos. Teniendo en cuenta los balances, se realizó una selección de equipos para cada etapa, tomando en cuenta volúmenes de producción, proveedores locales, capacidad técnica de los equipos y eficiencia de producción.

Para la evaluación económica se elaboró un estudio financiero donde se detalla los costos de inversión, los gastos de materia prima en el horizonte de año, los cálculos de los indicadores económicos, los ingresos que generaría la empresa y el análisis de rentabilidad a partir de cálculos de valor presente neto, tasa interna de retorno y periodo de la recuperación de la inversión para alcanzar el objetivo de analizar si el proyecto es rentable o no tanto de manera técnica como económica.

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
RESUMEN.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS	2
III. MARCO TEORICO	3
3.1. Ladrillos de Arcilla-Cemento.....	3
3.1.1. Composición de la mezcla Arcilla-Cemento.....	5
3.1.2. Propiedades de la arcilla en la mezcla arcilla-cemento.....	8
3.2. Norma Técnica para ladrillos de Arcilla-Cemento.....	13
3.3. Caracterización de suelos no fértiles	15
3.3.1. Suelo.....	15
3.3.2. Textura de suelo	16
IV. MATERIALES Y MÉTODO	18
4.1. Estudio técnico	18
4.1.1. Tamaño de la planta	18
4.1.2. Localización de la planta.....	20
4.1.3. Proceso productivo	25
4.1.4. Infraestructura y distribución de área de planta	33
4.1.5. Organización de la empresa	34
4.2. Estudio Financiero.....	35
4.2.1. Inversión total.....	35
4.2.2. Fuentes de financiamiento	39

4.2.3.	Cálculo de Periodo de recuperación de la inversión:	43
4.2.4.	Cálculo de Valor Presente Neto (VPN)	43
4.2.5.	Cálculo de Tasa Interna de Retorno (TIR)	43
V.	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	44
5.1.	Estudio Técnico	44
5.1.1.	Tamaño de planta Estimado	44
5.1.2.	Macro y Micro localización	47
5.1.3.	Proceso productivo	51
5.1.4.	Infraestructura y distribución de área de planta	58
5.1.5.	Organización de la empresa	60
5.2.	Estudio Financiero	61
5.2.1.	Inversión total.....	61
5.2.2.	Fuentes de financiamiento	63
5.2.3.	Periodo de recuperación de la inversión	66
5.2.4.	Cálculo de VPN y TRI	69
5.2.5.	Escenario de sensibilidad de proyecto.....	71
VI.	CONCLUSIONES	74
VII.	RECOMENDACIONES.....	75
VIII.	NOMENCLATURA.....	76
IX.	BIBLIOGRAFÍA.....	77
X.	ANEXOS	79

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de silicatos en las presentes en la arcilla.....	10
Tabla 2: Composición química del cemento.	12
Tabla 3: Dimensiones para bloques.....	14
Tabla 4: Propuesta de localización de la planta productora de ladrillos....	23
Tabla 5: Factores de consideración para determinar la Micro-localización	24
Tabla 6: Ponderación estimada de los factores.....	24
Tabla 7: Asignación de puntajes respecto a su ventaja.....	25
Tabla 8: Factores y niveles del primer diseño experimental	26
Tabla 9: Tabla de relaciones de proximidad entre áreas	33
Tabla 10: Tabla de valor de línea del diagrama de hilos	34
Tabla 11: Costos de infraestructuras generales.....	36
Tabla 12: Asignación de puntajes respecto a su ventaja.....	36
Tabla 13: Requerimiento de Mobiliario y equipos de oficina.....	37
Tabla 14: activos tangibles	37
Tabla 15: Tabla de costos de proyectos de ingeniería.....	38
Tabla 16: Proyección de la oferta en los 5 años de vida con dimensionamiento del 15%.....	45
Tabla 17: Tabla de capacidad de producción real o efectiva.....	45
Tabla 18: Tabla de capacidad de producción de diseño.....	46
Tabla 19: Días feriados (no laborales)	47
Tabla 20: alternativa cerca de puerto Momotombo León.....	48
Tabla 21: alternativa Finca la Paz Centro León.....	49
Tabla 22: alternativa kilómetro 90 carretera nueva León	49
Tabla 23: Balances de materia en la etapa de molienda (ton/día)	52
Tabla 24: Balances de materia en la etapa de secado (ton/día).....	53
Tabla 25: Balances de materia en la etapa de tamizado (ton/día)	53
Tabla 26: Balances de materia en la etapa de mezclado en seco (ton/día)	54
Tabla 27: Balances de materia en la etapa de amasado (ton/día)	54
Tabla 28 : Tabla de equipos utilizados en el proceso	55
Tabla 29: Requerimiento de mobiliarios de oficina	56

Tabla 30: Requerimiento de mobiliarios del área administrativa	57
Tabla 31: Requerimiento de mobiliarios del área administrativa	57
Tabla 32: Costos de inversión de equipos	61
Tabla 33: Requerimiento de Mobiliario y equipos de oficina.....	62
Tabla 34: Costos totales de activos Intangibles	62
Tabla 35: Costos totales de activos tangibles	62
Tabla 36: Costos totales de inversión	63
Tabla 37: Inventario de materia prima anuales durante el año 1	64
Tabla 38: Costos de materia prima al año	64
Tabla 39: costos de materia prima por día	65
Tabla 40: costos de materia prima al mes	65
Tabla 41: costos de materia prima al año.....	65
Tabla 42: Ingresos anuales	66
Tabla 43: Tabla de período de 5 años en los que se paga el préstamo del banco	67
Tabla 44: Análisis de los costos contables y descontables.	68
Tabla 45: análisis de PRI.....	69
Tabla 46: análisis de VPN Y TIR	71
Tabla 47: Precio y costos de ventas unitarios	71
Tabla 48: Análisis de los costos contables y descontables (escenario de margen de ganancia).....	72
Tabla 49: Tabla de análisis de VPN y TRI	73

I. INTRODUCCIÓN

La acción del hombre por medio de las grandes industrias es el principal responsable del aumento del fenómeno conocido como "efecto invernadero" sus consecuencias, incluyendo el calentamiento global, son de importancia para nuestra sobrevivencia en el planeta. Es esencial tomar medidas contra las emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con este fenómeno; en la fabricación de ladrillos artesanales a nivel nacional utilizan como fuente de combustible madera, aserrín, carbón y llantas para alcanzar temperaturas elevadas durante el proceso de secado de ladrillo, generando gases en forma de dioxinas o furanos resultados de la combustión.

Una alternativa tecnológica para la producción artesanal de ladrillos de arcilla, son las relaciones de arcilla cemento, agua cemento y la marca de cemento. En estudios realizados, las características fisicomecánicas de ladrillos artesanales elaboradas con arcilla cemento muestran una diferencia de casi 3 mega pascales en su resistencia mecánica a la compresión y un 10% de absorción menos en comparación de los ladrillos cocidos teniendo un producto con una mayor hidratación, tomando en cuenta las relaciones antes descritas.

En la reducción de gases de efecto invernadero la etapa con mayor impacto ambiental (tanto a corto como a largo plazo) del proceso de fabricación de ladrillo de arcilla artesanal es la etapa de quemado o secado de ladrillo, donde se requiere alcanzar temperatura muy elevadas. Durante la etapa de quemado se produce la mayor cantidad de dióxido de carbono y toxinas resultantes de la combustión debido a la cantidad de material usado y al consumo en la malla energética asociado. Para reducir estas emisiones de gases de efecto invernadero el presente trabajo monográfico tiene como objetivo analizar la viabilidad técnica y rentabilidad económica de una planta productora de ladrillos arcilla-cemento, como una alternativa de la producción de este tipo de ladrillo.

II. OBJETIVOS

Objetivo General:

Desarrollar un estudio técnico-económico para la instalación de una planta productora de ladrillos de arcilla cemento para su uso en sistemas integrados de construcción durante un horizonte de 5 años.

Objetivos específicos:

Determinar la viabilidad técnica mediante el diseño y dimensionamiento de equipos para la instalación de una planta productora de ladrillos arcilla-cemento en un horizonte de 5 años.

Evaluar los costos económicos de la instalación de una planta productora de ladrillos arcilla cemento en un horizonte de 5 años.

III. MARCO TEORICO

3.1. Ladrillos de Arcilla-Cemento

Los ladrillos de Arcilla-Cemento son un tipo de ladrillos fabricados a partir de una mezcla de arcilla y cemento portland.

Esta mezcla se compacta y se moldea para producir ladrillos resistentes y duraderos. Estos ladrillos son utilizados ampliamente en la construcción, tanto en estructuras residenciales como comerciales e industriales (Chinchón, 2012).

La calidad del producto, desde la identificación, selección y extracción para el uso de tierra, así como para la calidad del bloque terminado, gracias a los procedimientos de ensayo sobre los materiales, los cuales se encuentran normalizados. Simultáneamente, la experiencia acumulada de constructores trabajando en gran número de sitios ha promovido, también, principios de diseño arquitectónico donde emergen prácticas de trabajo, formando hoy los puntos de referencia para arquitectos y empresarios, así como constructores.

El eje del trabajo propuesto consiste en el desarrollo de suelo estabilizado con cemento, moldeado y compactado para ser utilizado en mamposterías. (Chinchón, 2012)

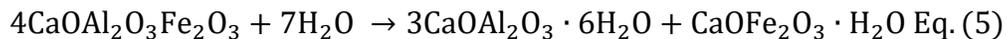
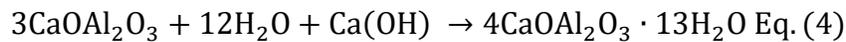
La forma tradicional de uso del suelo es como adobe o suelo apisonado, aunque con limitaciones: poca resistencia mecánica y muros de gran espesor, vulnerabilidad a los agentes atmosféricos y a la erosión por acción de agentes externos. Para mejorar estas características se agrega un agente estabilizador como es el cemento. La Arcilla-Cemento-Agua surge entonces como la mezcla de Arcilla, Cemento y Agua, dosificados, mezclados y compactados.

Las reacciones químicas que describen los procesos de hidratación del cemento son muy complejas, las cuales son las que determinan el proceso de fraguado del cemento.

El fraguado es uno de los términos que se utilizan para describir la rigidez de la pasta del cemento, el fraguado no es más que el cambio del estado fluido a un estado rígido de la pasta de cemento, en el cual este adquiere cierta resistencia, además va acompañado por los cambios de temperatura. Para las reacciones químicas que ocurren durante este proceso véase anexo 1. (GINÉS, 2003)

Todas las reacciones que se muestran son exotérmicas, sin embargo, una de las reacciones que genera más liberación de calor es la reacción de hidratación de $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, también conocida como aluminato tricálcico, seguida de $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ y por último $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$. Cada una de las reacciones se debe a que son los componentes presentes en el cemento portland.

Realizando una esquematización de las reacciones que ocurre en el proceso de hidratación de los silicatos presentes en el cemento como se presenta en las siguientes reacciones:



Reacciones de hidratación en proceso de fraguado

3.1.1. Composición de la mezcla Arcilla-Cemento

3.1.1.1. Arcilla

El término "arcilla" puede tener diversas acepciones dependiendo de que su uso sea común o especializado. En términos comunes, las arcillas son materiales naturales muy repartidos en la superficie de la corteza terrestre y que, en ocasiones, pueden formar, al ser mezclados con agua, masas plásticas a partir de las cuales es factible fabricar productos cerámicos. Estos materiales arcillosos tienen una variada granulometría debido a lo cual, en Edafología y Sedimentología, se habla de "fracción arcilla" o "fracción fina" de un suelo o sedimento.

Normalmente se entiende que esta fracción es el conjunto de partículas minerales que tienen un diámetro esférico equivalente o inferior a 2 micras. (Gatani, 2000)

En otras ocasiones se habla de "minerales de la arcilla" o, mejor aún, "filosilicatos de la arcilla". Esta acepción indica que dentro de la fracción fina de suelos y sedimentos existen una serie de minerales cristalinos con estructura laminar (filosilicatos) y que, normalmente, es la parte mayoritaria de dicha fracción.

El suelo es uno de los componentes indispensables en la mezcla de suelo cemento en la fabricación de ladrillos para construcción. (GINÉS, 2003)

El suelo ha sido utilizado desde hace siglos como materia prima para la elaboración de diferentes materiales de construcción ya que por su composición fisicoquímica la hace apta para este tipo de materiales. Se considera suelo a la superficie de la corteza terrestre que proviene de la alteración física o química de las rocas de las alteraciones de seres vivos que asisten sobre sí mismo.

Si se considera el suelo en su conjunto como un sistema disperso, constituidos por tres fases (sólida, líquida y gaseosa) se puede distinguir en él cuatro grandes componentes: materia mineral, materia orgánica, agua y aire íntimamente ligados (GINÉS, 2003).

Este suelo debe tener presencia de arena, limo y arcilla, aunque estos últimos en escasa proporción, a fin de queden la necesaria cohesión a la mezcla y completen la porción de contenido de fino en la curva de composición granulométrica.

Si alguno de estos componentes estuviera ausente en la composición genuina de la muestra de suelo, o estando presentes no lo hicieran en la proporción deseada, éstos deben ser adicionados hasta acercarse a la composición óptima de trabajo de la tierra para arcilla-cemento. Este paso es de vital importancia para evitar que se produzcan comportamientos no deseados de la mezcla por excesiva presencia de arena (Gatani, 2000).

La composición heterogénea del suelo le brinda ciertas propiedades físicas como la plasticidad, rigidez, dureza entre otras propiedades.

Dichas propiedades dependerán en gran medida de las proporciones que posea el suelo en su composición ya que dichas propiedades son de carácter importante cuando se va a emplear materiales de construcción brinda información indispensable para el manejo de estos. (López J. , 2005)

3.1.1.2. Arcillas primarias y secundarias

Los depósitos primarios de arcilla se han formado en el mismo lugar que sus rocas madres.

Las arcillas derivan directamente de la degradación natural de las rocas ígneas o de los feldespatos (Gallegos, 2005).

Es por ello que la arcilla originaria de estos depósitos suministra los productos más puros, pero se encuentran raramente. En la mayoría de los depósitos de arcillas primarias se pueden encontrar pedazos de roca inalterada. Debido a que la arcilla no ha sido sometida al proceso de selección de granos mediante la suspensión en el agua, los granos grandes y pequeños se encuentran mezclados. Comúnmente los bancos de arcillas primarias tienden a tener granos gruesos.

A pesar de que las arcillas primarias generalmente tienden a estar libres de impurezas, no existen depósitos de arcilla en donde sea posible encontrar arcillas 100% puras. Esto se debe a que incluso las arcillas residuales contienen algunas impurezas, producto de la asociación de varios minerales de arcilla con otros minerales. (López J. , 2005)

Las arcillas primarias se caracterizan por:

- Alto grado de refractariedad, ya que se funden a temperaturas apenas menores a los 1750° C.
- Relativa pureza, ya que tienen altos porcentajes de sílice y alúmina, y bajo contenido de óxido de hierro y otras impurezas; en su composición química.
- Color blanco adquirido después de la cocción, producto de su bajo contenido de impurezas.
- Poca plasticidad al ser moldeadas, ya que no conservan la forma que se les da después del moldeo.

Las arcillas secundarias hacen referencia al tipo de arcilla que no se encuentra en el mismo lugar en donde se realizó la desintegración de su roca madre, y ha sido transportada a otro lugar. Las arcillas transportadas por agua sufren dos procesos durante su transporte. Primero son disminuidas de tamaño debido al desgaste por rozamiento entre las partículas, y después, al llegar a aguas tranquilas pasan por un proceso de selección.

La pureza de este tipo de arcillas es menor al de las arcillas primarias, ya que las arcillas secundarias son una mezcla de gran cantidad de arcillas producto de la erosión procedentes de diferentes lugares. Por ello es común encontrar, en el contenido químico de estas arcillas, porcentajes de hierro, cuarzo, mica y otras impurezas.

Las principales características de las arcillas secundarias son:

- Alto grado de plasticidad, ya que tienen granos más pequeños.
- Pueden adquirir diferentes coloraciones después del proceso de cocción, desde blanco hasta marrón oscuro, la razón es porque cuentan con un alto contenido de impurezas.
- Su punto de fusión generalmente se encuentra entre los 1150° C y los 1500° C

3.1.2. Propiedades de la arcilla en la mezcla arcilla-cemento

3.1.2.1. Composición de la arcilla

La arcilla es un compuesto multicomponentes, es una mezcla heterogénea de diversos compuestos y de distintos elementos. La arcilla como fracción heterogénea está compuesta por aluminosilicatos que a su vez están constituidos básicamente por aluminio, silicio, oxígeno, entre otros elementos como sodio, potasio, calcio, magnesio, hierro entre otros elementos y minerales.

Se compone de un grupo de minerales alúmino-silicatos formados por la meteorización de rocas feldespáticas, como el granito. El grano es de tamaño microscópico y con forma de escamas, esto hace que la superficie de agregación sea mucho mayor que su espesor, lo que permite un gran almacenamiento de

agua por adherencia, dando plasticidad a la arcilla y provocando la hinchazón de algunas variedades (Morales, 2005).

En relación al tamaño de las partículas de los minerales de arcilla, varían de acuerdo al tamaño del grano, es decir que algunos de estos minerales tienen un determinado tamaño.

El tamaño del grano clasifica las arcillas en finas y gruesas, como es el caso de las fracciones gruesas presentes en la arcilla como el cuarzo y el feldespato que oscilan de 2 a 0.2 micras de diámetro que, por el contrario, las fracciones de minerales en las arcillas finas son menores a 2 micras. (Morales, 2005)

3.1.2.2. Características de la Arcilla

Las arcillas son un conjunto de minerales de origen secundario, formado en el proceso de alteración química de las rocas, poseen un tamaño coloidal, con estructura cristalina bien definida y un gran desarrollo superficial, con propiedades físico-químicas responsables en gran parte de la actividad físico-química del suelo (SANTOS, 2009).

Los minerales de arcilla son los aluminosilicatos esta constituidos básicamente por Si, Al y O, además de otros elementos, como Na, K, Ca, Mg y Fe entre otros. Dentro de las características de la arcilla destaca su unidad estructural formada por silicatos que forman un tetraedro de coordinación Si-O. Los tetraedros pueden unirse entre sí por la base formando hexaedros de manera que el silicio está situado en el centro del tetraedro de coordinación y rodeado de 4 oxígenos situados en los vértices.

Este grupo tetraédrico se encuentra descompensado eléctricamente $(SiO_4)^{4-}$, por lo que los oxígenos se coordinan a otros cationes para compensar sus cargas. Dependiendo del número de oxígenos que se coordinen a otros silicios se originan

los grandes grupos de silicatos (es decir, según el número de vértices compartidos por tetraedros, que pueden ser 0, 1, 2, 3, y 4; Tabla 1) (SANTOS, 2009).

Tabla 1: Tipos de silicatos en las presentes en la arcilla

Fuente: (López J. , 2005)

Número de átomos de oxígeno compartidos por cada tetraedro	Tipo de agrupamiento de los tetraedros	Nombre del gran grupo de silicato
0	Aislados	Nesosilicatos
1	Parejas	Sorosilicatos
2	Anillos	Ciclosilicatos
2 y 3	Cadenas	Inosilicatos
3	Planos	Filosilicatos
4	Tridimensional	Tectosilicatos

De los silicatos el grupo de los filosilicatos son el grupo más importante para nuestro estudio desde el punto de vista edáfico ya que este grupo contiene la mayoría de los minerales de la fracción arcillosa.

3.1.2.3. Cemento

El cemento constituye el medio estabilizante de la mezcla suelo cemento debido a que el agredo de la misma mejora las condiciones del suelo respecto a la acción de agentes como la humedad, dándole características de estabilidad y resistencia. El que se emplea de manera general es el gris normal que es dominado Portland que al ser mezclado con el suelo este adquiere propiedades estabilizantes, las cuales una vez hecha la mezcla aumenta la resistencia mecánica.

La dosificación del aglutinante debe ser realizada en unidades de peso en relación a la cantidad de suelo empleado para la mezcla (Gatani, 2000).

Ésta depende, en gran medida, del sistema de compactación adoptado:

- A menor compactación, mayor presencia de cemento
- A mayor compactación, menor presencia de cemento

3.1.2.4. Propiedades Físicas

El cemento puede ser evaluado mediante ensayos que se llevan a cabo en su forma pura, en pasta o en mortero, con el fin de medir sus propiedades físicas. Uno de los aspectos clave en estos ensayos es la determinación del área superficial y el peso específico.

El área superficial, o superficie específica, de los granos de cemento juega un papel importante en la hidratación de la mezcla. Si los granos de cemento son muy finos, se incrementa la velocidad de hidratación, lo que resulta en un endurecimiento más rápido y un desarrollo de resistencia mecánica en menos tiempo. Sin embargo, la producción de cemento con un alto nivel de finura implica costos más elevados y una vida útil más corta. (AGRESOTT, 2012)

La densidad, o peso específico, se define como la relación entre el peso y el volumen del cemento. Para el cemento tipo 1 de tipo Pórtland, su valor varía entre 3.08 y 3.20 gr/cm³. Sin embargo, el cemento que contiene adiciones presenta un peso específico menor debido a un contenido reducido de Clinker.

El peso específico del cemento no indica directamente su calidad, pero se utiliza en el diseño y control de las mezclas de concreto (AGRESOTT, 2012).

3.1.2.5. Propiedades Químicas

El cemento está compuesto por cuatro componentes principales, que son: 67% de CaO, 22% de SiO₂, 5% de Al₂O₃, 3% de Fe₂O₃ y un 3% de otros compuestos.

Estos componentes están presentes en cuatro minerales esenciales que constituyen el cemento. Estos minerales son: la Alita (Ca_3SiO_5), que representa entre el 50% y el 70% del cemento Pórtland; la Belita (Ca_2SiO_4), que constituye entre el 15% y el 30% del cemento Pórtland; el Aluminato ($\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$), que compone entre el 5% y el 10% del cemento; y la Ferrita ($\text{Ca}_2\text{AlFeO}_5$), que se encuentra entre el 5% y el 15% (López J. , 2012).

Estos componentes desempeñan un papel crucial en las reacciones de hidratación del cemento. Al reaccionar con el agua, forman nuevos compuestos como el hidróxido de calcio y el hidrato de silicato de calcio. Este último es el principal componente cementante del concreto. Además, propiedades como la resistencia.

El endurecimiento y la estabilidad dimensional dependen en gran medida del gel formado por el hidrato de silicato de calcio, a como se puede observar en la tabla 2 de composición química del cemento. (López J. , 2012)

Tabla 2: Composición química del cemento.

Fuente: (López J. , 2005)

Nombre	Composición	Formula Empírica	Abreviatura
Silicato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	Ca_3SiO_5	C_3S
Silicato dicálcico	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	Ca_2SiO_4	C_2S
Aluminato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$	C_3A
Ferroaluminato tetracálcico	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{Ca}_4\text{Al}_2\text{Fe}_2\text{O}_{10}$	C_4AF
Hidrato de silicato cálcico	$(\text{CaO})_x \cdot \text{SiO}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$	Variable	SCH

3.1.2.6. Agua

El agua es un compuesto químico inorgánico cuya molécula está formada por dos átomos de hidrógenos y uno de oxígeno por un enlace covalente el término “*agua*” hace referencia cuando se encuentra en estado líquido, pero también puede encontrarse en estado líquido y gaseoso.

Es determinante el control de la calidad de agua de la mezcla, ya que esta actúa como lubricante de las partículas de la mezcla. Si resulta excesivamente húmeda o, por el contrario, seca, ambos estados se reflejan en la trabajabilidad del material y posteriormente, en el acabado superficial la resistencia y durabilidad del mismo (Gatani, 2000).

3.2. Norma Técnica para ladrillos de Arcilla-Cemento

Actualmente en Nicaragua no se requiere ningún certificado técnico para la comercialización de los ladrillos artesanales. Actualmente, las normas aplicables a los materiales de la construcción dependen del uso del proyecto civil en el que se emplee. Por ejemplo: en un proyecto privado un edificio de varias plantas y diseñado sin columnas de soporte, requerirá que el profesional a cargo tenga suficiente confianza en la resistencia de los materiales.

Para operar una ladrillera artesanal no es necesario poseer registros legales de tributación y dependiendo del grado de institucionalidad y organización administrativa de cada Gobierno Municipal se exigen el pago de patentes municipales, pero en el caso de los talleres de San Francisco Libre no pagan ningún tipo de impuesto. Por el contrario, las “empresas constructoras” cuando ejecutan proyectos para instituciones públicas están exigidas en la emisión de facturas, por lo que asumen el rol de agentes de retención de impuestos (SALDAÑA, 2016).

Para los ladrilleros el no poseer inscripción tributaria no es considerado una limitación para la comercialización, ya que consideran que su principal mercado consumidor son las personas particulares. El carácter de esta situación en el país no quita el hecho de que se tiene que cumplir con las diferentes regulaciones establecidas por el gobierno para montar una planta a escala semi-industrial o industrial. (SALDAÑA, 2016)

Los bloques se fabrican manteniendo constante la altura y el largo en 19cm x 39cm respectivamente, variando únicamente el ancho el cual debe ser como mínimo 10cm. A continuación, se muestra la Tabla 3 con las dimensiones de fabricación las que deberán ser respetadas por el fabricante según la *Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense*.

Tabla 3: Dimensiones para bloques

Fuente: NTON (NTON, 2018)

Dimensiones de Fabricación de los bloques en centímetros

Dimensiones de fabricación Ancho x alto x largo (cm)	Espesor mínimo de paredes exteriores (mm)	Espesor mínimo de paredes interiores (mm)
9 x 19 x 39	20	20
10 x 19 x 39	20	20
14 x 19 x 39	25	25
15 x 19 x 39	25	25
19 x 19 x 39	25	25
20 x 19 x 39	25	25
25 x 19 x 39	32	30
30 x 19 x 39	32	30

Nota Ninguna de las dimensiones reales (ancho, alto y largo) podrá diferir ± 3 mm de las dimensiones de fabricación.

3.3. Caracterización de suelos no fértiles

3.3.1. Suelo

El suelo es un componente esencial en la fabricación de ladrillos para construcción mediante la mezcla de suelo cemento. Su composición fisicoquímica lo hace apto para materiales de construcción y ha sido utilizado durante siglos. Desde el punto de vista físico, el suelo se define como un sistema complejo, heterogéneo y trifásico (líquido, sólido, gaseoso), y su comportamiento mecánico ha sido un enfoque tradicional en su estudio.

La composición heterogénea del suelo confiere una variedad de propiedades físicas, como plasticidad, rigidez, dureza, entre otras. Estas propiedades están estrechamente relacionadas con las proporciones de los componentes presentes en el suelo. Se identifican dos grandes grupos de suelos: los suelos finos, compuestos por arcillas y limos, y los suelos gruesos, compuestos por gravas y arenas (Toirac, 2008).

Cada grupo de suelos se caracteriza por su granulometría. Los suelos finos se caracterizan por tener partículas de tamaño reducido, lo que les confiere fuertes uniones moleculares cuando se mezclan con aditivos como el cemento. Por otro lado, los suelos gruesos, con partículas de mayor tamaño, son menos solubles en agua, pero forman partículas más resistentes cuando se mezclan con aditivos.

Estas propiedades son de gran importancia en la utilización de materiales de construcción, ya que proporcionan información esencial para su manejo. Por ejemplo, se sabe que los suelos con predominancia de fracción gruesa requieren un menor consumo de cemento en comparación con otros tipos de suelos. (Toirac, 2008)

3.3.2. Textura de suelo

En el análisis del suelo, la textura es una propiedad fundamental que debe ser considerada, ya que se refiere al porcentaje de arena, arcilla y limo presentes en la composición inorgánica del suelo.

La textura se utiliza para describir la composición granulométrica del suelo, es decir, la proporción relativa de estas fracciones. Cada tipo de textura está asociado con una composición cuantitativa específica de arena, limo y arcilla. Al describir la textura de un suelo, se excluye la presencia de gravas y se centra en la fracción fina del suelo que se analiza en el laboratorio (López J. , 2005).

Por ejemplo, un suelo con un 25% de arena, 25% de limo y 50% de arcilla se clasifica como arcilloso. Los términos texturales se representan de manera gráfica en un diagrama triangular, que muestra los valores de las tres fracciones y ayuda a visualizar la composición textural del suelo.

El diagrama triangular mencionada a continuación es una herramienta muy útil para determinar los porcentajes de arena, limo y arcilla presentes en el análisis del suelo utilizado en la elaboración de ladrillos. Este diagrama muestra los límites correspondientes a cada uno de estos componentes y ayuda a clasificar los diferentes tipos de suelos en función de su composición textural a como se muestra en la figura 1 de diagrama textural del suelo.

La textura del suelo es un factor importante a considerar en la mampostería tradicional de arcilla. El tipo de suelo utilizado determinará las propiedades del ladrillo, como su resistencia, durabilidad y apariencia. Los suelos arcillosos son los más adecuados para la mampostería tradicional. Estos suelos tienen una buena plasticidad, lo que significa que pueden moldearse fácilmente. También tienen una buena adherencia, lo que significa que se mantienen unidos entre sí.

La textura del suelo también puede afectar la apariencia de la mampostería. Los suelos arcillosos de grano fino producen ladrillos de textura lisa. (López J. , 2012)

Los suelos arcillosos de grano grueso producen ladrillos de textura áspera. Para elegir el suelo adecuado, se deben considerar varios factores, como el clima, el propósito del edificio y el presupuesto.

Los suelos arcillosos de grano fino son los más adecuados para la mampostería tradicional. Estos suelos producen ladrillos de textura lisa que son resistentes y duraderos. (GINÉS, 2003)

Los suelos arenosos y limosos pueden ser adecuados en climas cálidos y secos, mientras que los suelos de grava pueden ser adecuados en climas fríos y húmedos.

Antes de utilizar el suelo, es importante prepararlo adecuadamente. Esto implica eliminar las impurezas y acondicionarlo para que tenga la consistencia adecuada. Una vez que el suelo esté preparado, se puede utilizar para fabricar ladrillos. Esto se puede hacer a mano o mediante máquinas. El diagrama textural de suelos se puede ver en anexos (véase anexo 1). (Gallegos, 2005)

IV. MATERIALES Y MÉTODO

4.1. Estudio técnico

4.1.1. Tamaño de la planta

4.1.1.1. Tamaño óptimo de la planta en función de la producción de ladrilleras de Nicaragua

A continuación, se presenta un análisis de la oferta de ladrillos de arcilla en Nicaragua, junto con algunas de las productoras más destacadas en el mercado:

- Ladrillera Centroamericana S.A. (LACSA): Esta empresa es una de las mayores productoras de ladrillos de arcilla en Nicaragua. Cuenta con una amplia gama de productos, que van desde ladrillos de arcilla macizos hasta bloques de concreto. LACSA tiene una capacidad de producción de más de 20 millones de ladrillos al año siendo una de la más grande productoras del país anualmente 32
- Ladrillera La Ceiba: Esta empresa se dedica a la producción de ladrillos de arcilla y tejas de barro. Sus productos son ampliamente utilizados en proyectos de construcción residencial y comercial en Nicaragua. La Ceiba cuenta con una capacidad de producción de más de 6 millones de ladrillos al año.
- Ladrillera Cerámica La Paz: Esta empresa se dedica a la producción de ladrillos de arcilla y tejas de barro. Sus productos son reconocidos por su calidad y durabilidad, y son utilizados en muchos proyectos de construcción en Nicaragua. La Paz cuenta con una capacidad de producción de más de 5 millones de ladrillos al año.

La oferta de ladrillos de arcilla en Nicaragua es significativa y cuenta con una amplia variedad de empresas que se dedican a la producción de este material de construcción. Las referencias mencionadas anteriormente son solo algunas de las empresas más destacadas en el mercado, pero existen muchas otras que también ofrecen productos de alta calidad. Con fines prácticos de producción tomará una medida entre las dos últimas referencias dadas, que nos ofrecen un volumen de producción estimado al alcance que se podría permitir en el mercado.

4.1.1.2. Producción anual en el horizonte de tiempo

Los ladrillos son los materiales de construcción preferidos en muchos países, y en muchos lugares aún se producen de la manera tradicional y con tecnologías ineficientes.

A pesar de que no existen estadísticas exactas de la producción anual de ladrillos, es evidente que ocupa un lugar importante en el mercado de la construcción, en casi todo el territorio nacional se encuentran fábricas de ladrillos de arcilla o barro como se conocen tradicionalmente. Se estimó una producción propia en base a los tipos de niveles de producción que contabiliza el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) para los bloques de concreto de un estudio realizado por (Carlos Ampié, 2017).

- **Fabricas industriales:** Son fabricas donde los procesos están establecidos, mecanizados y controlados, además existe un control de calidad estricto por cada lote de producción. Por otro lado, son los que tienen un volumen de producción en el país, y fabrican entre 8,000 a 16,000 unidades diarias. Estas fábricas son las de mayor oferta en el país debido a que sus productos son comercializados en grandes cantidades, en especial proyectos urbanísticos.

- Fabricas semi-industriales: Elaboran bloques de concreto con una o dos máquinas manuales, con una producción que van desde los 700 a 3,000 unidades de bloque por día, por lo general no llevan control de calidad de los productos que elaboran. El MTI aduce que siempre hacen visitas de control, sus especímenes no pasan la prueba de resistencia a la compresión mínima. El MTI deja ver que estos lugares no prestan las condiciones necesarias de calidad y muchas fábricas se encuentran en patios de viviendas.
- Fabricas artesanales: En estas fábricas no hay máquinas, se moldean los bloques con un mazo para ayudar a la compactación entre 600 a 200 unidades diarias, no llevan control de calidad y el MTI afirma decididamente que no cumplen con la NTON 12-008-09.

De acuerdo a lo antes mencionado se establece un volumen de producción anual de 4500000 ladrillos por año con un aumento anual del 2.41% que es un crecimiento y producción similar a la planta de producción Ladrillera Cerámica La Paz, no hay datos exactos del porcentaje de crecimiento de la producción en el país, por lo que se revisó datos del Banco Central de Nicaragua (BCN), Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) entre otras instituciones del gobierno para poder tener un aproximado del crecimiento en función al sector de construcción.

4.1.2. Localización de la planta

4.1.2.1. Factores que soportan la alternativa

Los factores más importantes que tuvimos que tomar en cuenta son la disponibilidad de materia prima y suministros (materiales de producción). Además de eso se consideró la cercanía a las fuentes de consumo o demanda, en la alternativa que se seleccionó, se debe contar con suficiente disponibilidad de mano de obra donde se consideró la

disponibilidad y facilidades auxiliares como lo son el agua la luz y otras facilidades, las condiciones climáticas deben ser favorables. Otros factores que se tomaron en cuenta son la ruta de eliminación de desechos y las vías de acceso.

- Disponibilidad de materia prima y suministros (materiales de producción).
- Cercanía a las fuentes de consumo o demanda.
- Disponibilidad de mano de obra.
- Disponibilidad de facilidades auxiliares.
- Condiciones climáticas favorables.
- Eliminación de desechos.
- Vías de acceso.

4.1.2.2. Macro y Micro localización

A continuación, se muestra todo lo relacionado a la Macro-localización dado que Nicaragua es un lugar con un clima tropical y las mayores proporciones de tierra son para cultivo, se hizo uso de un mapa interactivo de uso de suelos para encontrar lugares con una proporción de suelos no fértiles en cantidad, el mapa interactivo usado es del año 2018 de la página del *INETER* Portal de Mapas Interactivos de Cobertura y Usos de la Tierra de la República de Nicaragua y se seleccionó el departamento de León por amplio abanico de suelos no fértiles disponibles además de:

- a) Extensión territorial:** León, es un departamento de Nicaragua que tiene una extensión territorial de 5138 km² y una población de más de 420 mil habitantes, además de tener los mayores terrenos de suelos no fértiles para explotar.
- b) Límites departamentales:** El departamento de León limita al norte con el departamento de Chinandega, al sureste con el departamento de Managua, al oeste con el océano Pacífico, y al este con el departamento de Matagalpa.

- c) **Aspectos climatológicos:** León tiene un clima húmedo tropical, con una temperatura que oscila entre 32 y 38°C.

- d) **Aspectos socioeconómicos:** El entre las principales actividades productivas que se desarrollan en el estado se encuentran: el comercio, servicios y actividades agropecuarias además de las actividades agrícolas.

- e) **Vías de comunicación:** Cuenta con acceso a las vías de comunicación que garantiza la movilidad de la materia prima y del producto terminado por el departamento además de tener a la capital Managua a poca distancia.

- f) **Transporte:** León cuenta con diferentes medios de transporte urbano colectivo, entre los que están, buses urbanos, taxis, moto-taxis, camionetas. Estos son los medios más comunes usados por los pobladores

- g) **Telecomunicaciones:** En León existen dos compañías principales de telefonía celular y otras empresas servidoras de internet que se difunden en la ciudad y resto del país, más de diez emisoras televisivas y cerca de cincuenta emisoras de radio que transmiten en amplitud modulada y en frecuencia modulada, lo que permite una comunicación fluida con el país y el resto del mundo.

- h) **Instituciones bancarias:** León cuenta con algunas de no gubernamentales de desarrollo local financiero como no financieros. Entre los principales están: Banco de Crédito Centroamericano, Banco de la Producción, Financiera FAMA, Banco del Éxito, Financiera Arrendadora Centroamericana, Banco Avanz, Bancentro, Banco HSBC, Banco Ficosha, Banco de América Central. Entre otros.

Para la Micro localización Se utilizó el método de ponderación de evaluación cualitativa por números que nos ayudará a seleccionar la alternativa que más condiciones favorables tenga de 3 propuestas seleccionadas, que se presentan en la siguiente tabla, para determinar el lugar más apropiado en donde se ubicará la planta productora de ladrillos de Arcilla-Cemento. Para aplicar este método se establecieron determinados factores, que beneficiaron o perjudicaron la ubicación de la planta en esa entidad, y asignarles un peso ponderado. Los sitios propuestos para instalar la planta productora de ladrillos se especifican en la siguiente tabla 4:

Tabla 4: Propuesta de localización de la planta productora de ladrillos

(Fuente: Elaboración propia)

Alternativas	Propuesta de localización
I	La Paz Centro cerca de puerto Momotombo, León
II	La Paz Centro, Finca La Paz Centro, León FV-10431
III	Kilómetro 90 carretera nueva a León, León

En la siguiente tabla 5 se especifican los factores determinantes para la Micro-localización de la planta, tomando en cuenta todas las condiciones favorables que nos permitan un óptimo lugar de ubicación representando los factores antes mencionados y desglosando algunos factores alternativos que nos ayuden a soportar la elección de las tres alternativas.

Tabla 5: Factores de consideración para determinar la Micro-localización

(Fuente: Elaboración propia)

Letra	Factor a considerar
A	Disponibilidad de materia prima y suministros.
B	Cercanía a las fuentes de consumo o demanda.
C	Disponibilidad de mano de obra.
D	Disponibilidad de facilidades auxiliares.
E	Condiciones climáticas favorables.
F	Eliminación de desechos.
G	Topografía y la calidad del terreno.
H	Tamaño del terreno.
I	Calidad de vías de acceso.
J	Accesibilidad de servicios públicos.

Una vez seleccionados cada uno de los factores determinantes para elección de la Micro-localización se le asignó una calificación a cada uno de valores de ponderación decimales que dan como suma 1, los valores asignados se presentan en la tabla 6:

Tabla 6: Ponderación estimada de los factores

(Fuente: Elaboración propia)

Factores a considerar	Ponderación estimada
A	0.1
B	0.2
C	0.05
D	0.158
E	0.012
F	0.18
G	0.05
H	0.06
I	0.1
J	0.09

La ponderación de la mano de obra y las condiciones climáticas favorables fueron las menores debido a que estos factores estaban estrechamente ligados a la calidad de la mano de obra y el cambio climático del sector, que podía ser obtenida a costos reducidos mediante un contratista eficiente y ser monitoreados constantemente. Posteriormente, se asignó un puntaje cuantitativo a las alternativas en función de las ventajas que ofrecían en relación a los factores determinados. Esta información se detalló en la Tabla 7.

Tabla 7: Asignación de puntajes respecto a su ventaja

(Fuente: Elaboración propia)

0 - 2	Muy malo
3 - 4	Malo
5 - 6	Regular
7 - 8	Bueno
9 - 10	Muy bueno

Tomando todas las consideraciones previas se estimó la mejor localización en función de las puntuaciones del análisis de los factores mostrados anteriormente.

4.1.3. Proceso productivo

El proceso de producción de ladrillos a base de arcilla-cemento es un poco diferente al de los ladrillos cocidos, estos son por una vía de producción seca que consiste en someter a la mezcla de arcilla a temperaturas altas para lograr mayor RMC en el producto, en cambio los ladrillos elaborados a partir de la mezcla de arcilla-cemento, se elaboran bajo una vía húmeda en la que se deben mantener los ladrillos con cierta cantidad de agua durante las primeras 24 horas y mantener en constante humedad

durante los siguientes 7 a 8 días. En el estudio realizado por el bachiller José Roberto los diseños experimentales realizados en su trabajo resultaron en RMC superiores a los 12 MPa.

Según (López J. , 2012) “Los resultados de las pruebas de RMC a los 28 días mostraron incrementos significativos para relaciones bajas de cemento/suelo de 1/4 y relaciones altas de agua/ligante de 0.2 alcanzando resistencias superiores a los 12 MPa en relación con ensayos que se realizaron para ladrillos cocidos que obtuvieron como promedio 9.35 MPa en forma de ladrillos completos y 3.11 MPa cortados en cubos.” (p. 78). La siguiente tabla 8 muestra el diseño de experimento realizado por el bachiller José Roberto en su tesis Alternativa tecnológica para la producción artesanal de ladrillos de arcilla mediante reacciones de hidratación de mezcla suelo cemento.

Las relaciones que se tomaron para el diseño de experimento se detallan en el siguiente esquema con los factores y los valores para cada nivel que se utilizaron:

Tabla 8: Factores y niveles del primer diseño experimental

Fuente: (López J. , 2012)

Factores	Niveles		
C/S: relación cemento/suelo	$(C/S)_1: 1/4$	$(C/S)_2: 1/7$	$(C/S)_3: 1/10$
Ag/L: relación agua/ligante	$(Ag/C)_1: 0.15$	$(Ag/C)_2: 0.175$	$(Ag/C)_3: 0.2$
Mc: marca de cemento	Mc ₁ : Canal		Mc ₂ : Holcim

El proceso de elaboración se encuentra en el estudio realizado por (Gatani, 2000) en Argentina como una alternativa ecológica para la construcción de ladrillos artesanales con mezcla de Arcilla-Cemento. El proceso productivo descrito en el estudio cuenta con un total de 7 pasos que se describen a continuación:

- **Adquisición y recepción de materia prima:**

Análisis de composición porcentual que posee el suelo de arcilla y composición limosa en una muestra de arena, para la comprobación de la cantidad de arcilla y si se requiere adicionar más porcentaje. Para la elaboración de los ladrillos es necesario conocer la composición porcentual que posee el suelo de arcilla es decir cantidad en porcentaje de limosa y arena, en (Gatani, 2000) se especifica que deben tratarse de composiciones de 75% arena y 25% de limo y arcilla, la composición limosa en una muestra de arena. En algunos casos si se observa que la cantidad de arcilla presente en la muestra es muy baja se requiere adicionar más porcentaje de arcilla como aditivo en la mezcla. Esta materia prima puede ser comprada o extraída en un área cercana a la fábrica de producción, además la profundidad de extracción se determinará de acuerdo a la densidad de las rocas y las herramientas con las que se cuente. En nuestro proceso se obtendrá la materia prima de un tercero.

- **Molienda en base seca:**

Se hace con el fin de reducir la materia prima y facilitar la eliminación de desechos como raíces y piedras entre otras impurezas de la arcilla. El proceso de molienda de la arcilla consiste en la adecuación de la granulometría de la misma, tanto en distribución granulométrica como en tamaño máximo. La calidad del producto cerámico depende en gran medida del grado de molturación de la materia prima. Existe la molienda por vía seca y vía húmeda y para cada caso se debe de conocer con que tipo de arcillas se están trabajando para realizar el tipo de molienda. Debido a que este proceso es de crear ladrillos de arcilla estabilizados con cemento, el método de molienda por vía seca juega gran importancia a la hora de producir los ladrillos, el proceso que se estableció es mantener la mezcla lo más seca posible ya que la molienda por vía húmeda dificultaría el secado de la materia prima la cual debe mantenerse con un porcentaje de humedad lo más bajo posible de entre 3 a 5%, la

molienda por vía húmeda es más adecuada para arcillas con elevada plasticidad y, por tanto, más difíciles de secar.

Cualquiera que sea la vía de molturación utilizada, nunca deberán existir en una masa arcillosa lista para el moldeo partículas superiores a los 5 mm puesto que estas inciden muy negativamente sobre el acabado superficial y la resistencia mecánica del producto estabilizado, pudiendo dar lugar a la aparición de microfisuras en la superficie de la pieza, denominadas “patas de araña”. Este defecto no es sólo superficial, sino que pueda afectar a la resistencia mecánica del producto estabilizado. (Gatani, 2000)

- **Secado y Tamizado:**

Se realiza con el propósito de eliminar partículas superiores a 5mm y eliminación de porcentaje de humedad para realizar el mezclado con el cemento; especialmente si la tierra ha sido extraída del lugar y a profundidad considerable es posible que contenga un gran porcentaje de humedad. Con excesiva humedad resulta muy difícil realizar el tamizado, debido a la cohesión entre partículas; para lo cual es necesario esparcir la tierra uniformemente, con un espesor no mayor de 30 cm para que el aire y el sol penetren en la totalidad del volumen de tierra, sobre una superficie plana y seca, como, por ejemplo, una platea de hormigón. Cuanto más seco y más granular sea el suelo, la mezcla será más homogénea, favoreciendo así la estabilización.

Con el objeto de eliminar partículas superiores a 5 mm, es recomendable pasar la tierra por una criba o tamiz. Esta tarea no sólo asegurará una eficiente compactación, sino que promoverá el correcto uso y mantenimiento de los equipos mecánicos empleados (Gatani, 2000).

- **Mezclado de los componentes en seco:**

La homogenización de los componentes en seco con las debidas cantidades en porcentajes de cada materia prima. En la etapa de mezclado el componente estabilizante, en este caso es el cemento de tipo Portland y la cantidad que se adiciona depende de las características de la materia prima y de los métodos de compactación. En el estudio de (Gatani, 2000), los porcentajes de la materia prima que se utiliza para elaborar los ladrillos se componen de un 75 % de arena, un 25% de arcilla y limo, y el porcentaje de cemento está entre el 5% y el 15% de la cantidad total del suelo, nosotros usaremos la cantidad ya establecida en el estudio de (López J. , 2012), nos dice que la cantidad de arcilla cemento que obtuvo los mejores resultados son de 1:4 de relación de cemento arcilla respectivamente.

El suelo o la materia prima en este caso se mezclan con el cemento en seco, hasta obtener una mezcla homogénea, es decir con una sola tonalidad (color uniforme). Para este tipo de mezclado es conveniente utilizar equipo mecánico que ayude a la uniformidad y a la agilización del proceso.

Es conveniente realizar la operación de mezclado de los componentes en una mezcladora mecánica conocida como pastonera o mezcladora de eje horizontal. Éstas, son máquinas sencillas, que consisten, esencialmente, en un eje con paletas mezcladoras, que barren las paredes laterales de una batea, impulsadas por un motor. En la preparación de arcilla-cemento, al trabajar con mezclas no plásticas, se recomienda usar mezcladoras de eje horizontal debido a que evitan la formación de grumos por efecto del escaso contenido de humedad de la mezcla. De esta manera, la mezcla es removida -y no golpeada-, como en la mezcladora común de hormigón o "perita", evitando la formación de grumos que son difícilmente eliminados con la compactación, con las consecuencias previsibles en el acabado superficial de las piezas.

Este tipo de máquina se comercializa en diferentes tamaños: 100, 250 Y 500 La elección del tamaño de la máquina mezcladora depende del tamaño de la unidad de producción. En cada caso se cargará con una cantidad proporcional de material (Gatani, 2000).

- **Adición de agua:**

Activa la acción cohesiva de más arcillas para mejorar la comprensión y activa la reacción con el cemento. La incorporación de agua es necesaria porque activa la acción cohesiva de las arcillas. Actúa como lubricante para mejorar la comprensión y activa la reacción con el cemento.

Una vez lograda la mezcla íntima de suelo y cemento en seco, se le agrega agua en forma de lluvia con una regadera o similar, hasta conseguir que la humedad se distribuya uniformemente en la mezcla (Gatani, 2000).

En el estudio de (Gatani, 2000) se hace uso de un ensayo de campo conocido como la prueba de muñeca que consiste en medir de forma ocular la humedad de la mezcla, sin embargo, es posible debido a los estudios ya realizados medir la humedad de la mezcla para un mejor control de calidad, ya que se trabajaran con grandes cantidades de material es posible controlar la adición de agua de manera precisa conociendo la humedad que debe tener la mezcla a partir de balances.

- **Compactación y moldeado:**

Este proceso se puede realizar por varias vías una de ellas es utilizar moldes manuales y otra puede ser el uso de equipos mecánicos como moldeadoras mecánicas con pistón que serán nuestra base de cálculos para los balances. Mediante la operación de compactación, la mezcla suelta se comprime hasta un cierto límite, disminuyendo su volumen inicial y transformándose en una masa más

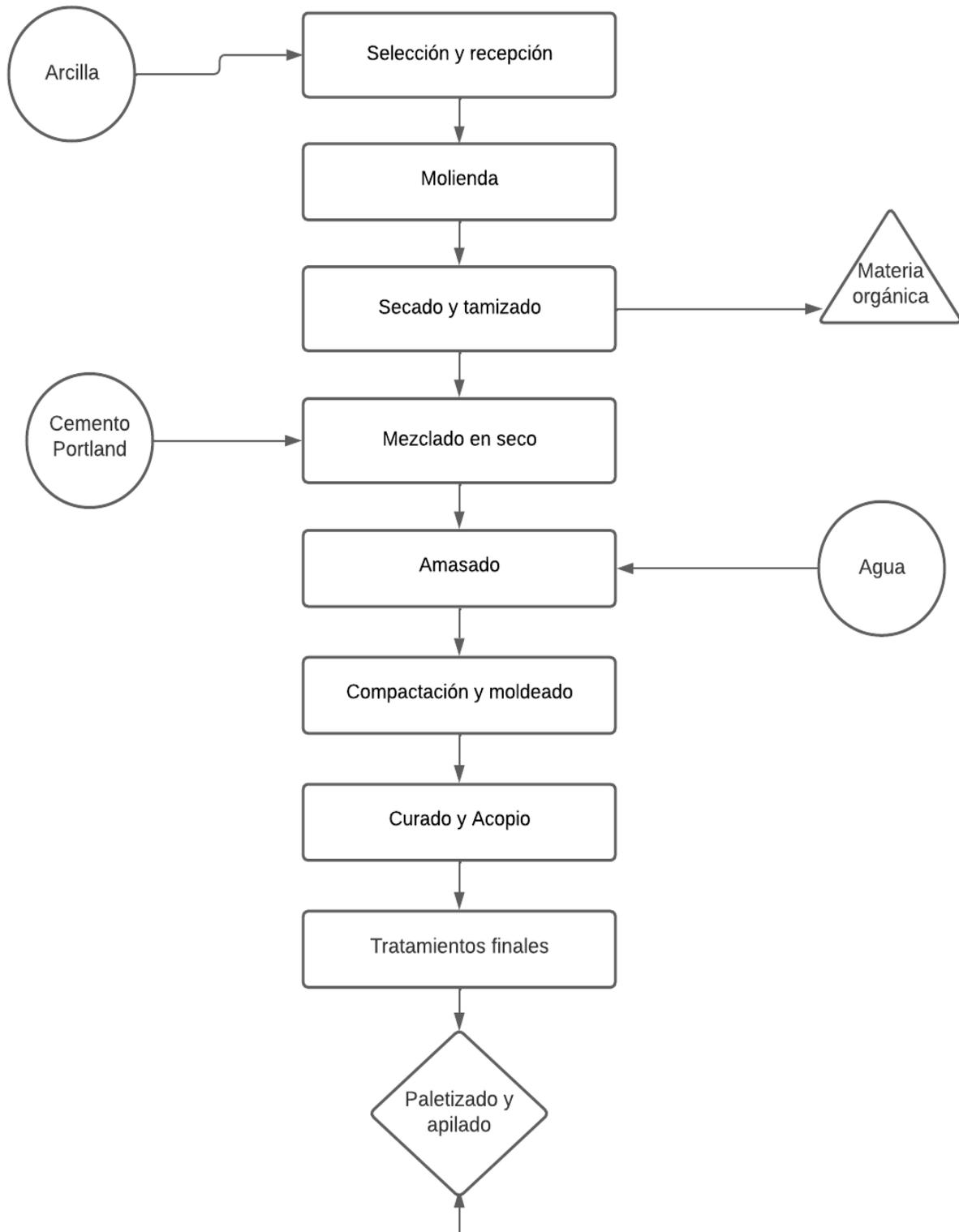
compacta y con un mínimo de vacíos (Gatani, 2000). Se hará uso de un molde donde se depositará la pasta óptima para luego ser prensada y moldeada al mismo tiempo, con la ayuda de una maquinaria industrial

- **Curado y Acopio:**

El almacenado de los ladrillos para evitar la pérdida de humedad, estos se deben controlar de forma ocular durante las siguientes 24 horas. Los ladrillos deben ser humedecidos con un sistema de manguera de aspersion manual donde se utilizarán 8 mangueras industriales hasta mantener los 8 días de edad.

Para asegurar el fraguado eficiente de los ladrillos, éstos deben ser almacenados con una adecuada protección frente al sol y la lluvia. Al igual que las piezas moldeadas en cemento u hormigón, durante las primeras 24 horas de fabricación de los ladrillos debe controlarse que no se produzcan pérdidas bruscas de humedad. Con el propósito de que estos mantengan los cambios fisicoquímicos para aumentar su resistencia mecánica se deberá mantener la humedad durante los siguientes 7 u 8 días. Los ladrillos serán aptos para el uso en la construcción una vez que cumplan por lo menos 21 días de edad, el cual es el tiempo suficiente para haber alcanzado la resistencia máxima (López J. , 2012).

4.1.3.1. Flujograma de proceso productivo



4.1.4. Infraestructura y distribución de área de planta

Teniendo ya el proceso productivo de la empresa, las capacidades de instalación y los equipos que utilizaremos para el buen desempeño de la planta, se procedió a la distribución de las áreas y departamentos que conformará la empresa. Cuidando de manera ordenada la prioridad entre ellas para que no afecte directamente el buen desempeño, teniendo en cuenta el flujo de proceso la maquinaria usada, las áreas administrativas y el tamaño del terreno.

Se hizo uso del sistema o método “*System Layout Planning*” mostrando la matriz diagonal también conocida como diagrama de correlación y la construcción del diagrama de hilos que nos proporciona una distribución óptima de las área y departamentos de la empresa. Las relaciones de proximidad se muestran en las siguientes tablas 9 y 10.

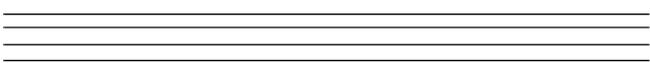
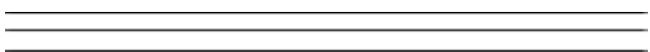
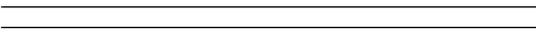
Tabla 9: Tabla de relaciones de proximidad entre áreas

Fuente: (Garcia & MacGregor, 2007)

Código	Relación de proximidad
A	Absolutamente Necesaria
E	Especialmente Importante
I	Importante
O	Importancia Ordinaria
U	No importante
X	Indeseable

Tabla 10: Tabla de valor de línea del diagrama de hilos

Fuente: (Garcia & MacGregor, 2007)

Código	Valor de Líneas
A	
E	
I	
O	
U	
X	

4.1.5. Organización de la empresa

La estructura organizacional jerárquico escogido para organizar a los trabajadores se llevó a cabo abordando las formas de organización interna y administrativa, trabajo y áreas o departamentos de la empresa, ramificando de manera estructurada cada una en un organigrama empresarial. Las áreas a ramificar serán las siguientes

- Junta directiva
- Asesoría legal
- Gerencia general
- Afiliación a banco central
- Administración
- Producción
- Calidad

4.2. Estudio Financiero

4.2.1. Inversión total

Para calcular la inversión total, se realizó un detallado análisis de los costos asociados a cada una de las etapas del proyecto y estima de manera precisa los montos necesarios y así realizar una evaluación exhaustiva de los gastos para poder contar con un presupuesto detallado y con una estimación precisa de la inversión total requerida.

La inversión total comprende la adquisición de todos los activos fijos o tangibles y diferidos o intangibles necesarios para iniciar las operaciones de la empresa, con excepción del capital de trabajo.

Se entiende por activo tangible (que se puede tocar) o fijo, a los bienes propiedad de la empresa, como terrenos, edificios, maquinaria, equipo, mobiliario, vehículos de transporte, herramientas y otros. Se le llama fijo porque la empresa no puede desprenderse fácilmente de él sin que ello ocasione problemas a sus actividades productivas (BACA URBINA, 2013).

4.2.1.1. Costos de activos tangibles

- **Terrenos y Costos de edificio**

Los costos de edificios son referidos a los requerimientos de capital necesario para la adquisición de materia prima y pago de la construcción de los edificios, en la siguiente tabla 11 presenta un valor promedio de los costos de edificios que se requieren para la puesta en marcha de un proyecto, tomado únicamente como referencia.

Tabla 11: Costos de infraestructuras generales

Fuente: (ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN,2020)

Descripción	costos (U\$\$)
Áreas de recepción de materia prima	\$ 13,000.00
Casetas de CPF	\$ 12,000.00
Almacenes de materia prima	\$ 26,000.00
Almacenes de producto terminado	\$ 32,000.00
Sanitarios	\$ 12,000.00
Área de administración	\$ 37,000.00
Área de producción	\$ 43,000.00
Cerca perimetral	\$ 25,000.00
TOTAL	\$ 200,000.00

- **Maquinaria y equipos**

Se realizaron distintas cotizaciones de equipos disponibles dentro y fuera del País al igual que la revisión de los balances de materia, con la finalidad de encontrar equipos disponibles con la capacidad requerida tomando en cuenta el equipo requerido previamente en el estudio técnico

Maquinaria a considerar en el proceso de elaboración de ladrillos de arcilla-cemento se describe en la siguiente tabla 12:

Tabla 12: Asignación de puntajes respecto a su ventaja

(Fuente: Elaboración propia)

Equipos de producción	
Etapa del proceso	Equipo
Molienda y tamiz	Molino de Bolas
	Tamiz
	Excavadora
Mezclado	Mixer seco y húmedo
Compactación	Compactador
Curado y Acopio	Monta cargas
	Manguera de aspersión
EST	Carretilla
	Palas

- **Costos de equipos y Mobiliario de oficina**

Los costos de equipos y mobiliarios de oficina se cotizaron mediante *SINSA*, *COMTECH*, *LIBRERÍA JARDÍN*, *CORTES COMERCIAL* y empresa de carácter privado de Mobiliario y equipos para oficina, proveedores de computadoras y empresas especializadas en acondicionamiento de áreas. Los requerimientos de equipos de oficinas y mobiliarios se mencionan en la siguiente tabla 13:

Tabla 13: Requerimiento de Mobiliario y equipos de oficina

Fuente: (Elaboración propia)

Nombre del equipo o Material
Computadora
Impresora multifuncional
Impresora
Teléfono fijo
Escritorio ejecutivo
Escritorio
Sillas ejecutivas
Sillas para escritorio
Archivador
Pizarra acrílica
Aire acondicionado
Papelera
Extintores

- **Costos totales de activos Tangibles**

La siguiente tabla 14 muestra los costos a considerar de activos tangibles tomado como todo aquello que se pueda manipular.

Tabla 14: activos tangibles

Fuente: (Elaboración propia)

Concepto
Terreno
Edificios
Equipos
Mobiliaria y artículos de oficina

- **Costos de activos intangibles**

Se cotizó los servicios de especialistas, para el acondicionamiento del área de producción y montaje de equipos. Supervisión de construcción y servicios de arquitectura para la infraestructura, así como el asesoramiento legal para permisos y documentación de construcción (para las cotizaciones de asesoría legal véase anexo 2) las diferentes cotizaciones de estos servicios se detallan a continuación.

Cotización de servicios de arquitectura

Empresa: ARTDENIC | Arquitectura e Ingeniería Nicaragua

Servicio: Diseño arquitectónico

Precio: \$100 por metro cuadrado de construcción

Los servicios de ingeniera se contratan con respecto a la magnitud de proyecto, Estos precios son solo una estimación y pueden variar según la experiencia de la empresa, la complejidad del proyecto y el alcance de los servicios. El estimado de los costos de proyecto e ingeniería se detallan en la tabla 15:

Tabla 15: Tabla de costos de proyectos de ingeniería

Fuente: (ARTDENIC,2021)

Sección	Precio por hora	Precio por proyecto
Ingeniería civil	\$20-\$30	\$20,000-\$30,000
Ingeniería mecánica	\$25-\$35	\$25,000-\$35,000
Ingeniería eléctrica	\$30-\$40	\$30,000-\$40,000
Ingeniería química	\$35-\$45	\$35,000-\$45,000

4.2.2. Fuentes de financiamiento

4.2.2.1. Capital de trabajo

Para su cálculo se realizó la resta de los pasivos circulantes (obligaciones a corto plazo) de los activos circulantes (recursos disponibles a corto plazo) analizándolo con los distintos métodos que más convenga para nuestro proyecto. De manera general la siguiente fórmula se puede utilizar para calcular el capital de trabajo:

$$\text{Capital de trabajo} = \text{Activos circulantes} - \text{Pasivos circulantes Eq. (6)}$$

El capital de trabajo en un proyecto de inversión se refiere a los recursos financieros necesarios para cubrir los gastos operativos y mantener la continuidad de las operaciones del proyecto. Estos recursos se utilizan para financiar los inventarios, cuentas por cobrar, gastos operativos y otros compromisos financieros a corto plazo.

El capital de trabajo es una partida representativa de efectivo que permite cubrir los desfases entre ingresos y egresos de la operación de un proyecto, y cuya cuantía dependerá de los días a cubrir, y de los montos de los costos generados por el proyecto (Patricio, 2015).

Desde el punto de vista contable, se define como la diferencia aritmética entre el activo circulante y el pasivo circulante.

Desde el punto de vista práctico, representa el capital adicional necesario para que una empresa comience a operar. Esto implica financiar la producción inicial antes de recibir ingresos, lo cual incluye la compra de materia prima, el pago de mano de obra directa, la concesión de crédito en las primeras ventas y la disponibilidad de efectivo para cubrir los gastos diarios de la empresa (Gitman, 2014).

El cálculo exacto del capital de trabajo puede variar según el enfoque específico utilizado y los elementos considerados en el análisis. Además, el capital de trabajo necesario puede depender de las particularidades del proyecto y de los requisitos de financiamiento. Una vez dispongamos con el capital de trabajo el proyecto será financiado para ello se tuvo que realizar estudios con los distintos bancos disponibles en Nicaragua.

- **Activos circulantes**

Costos de venta

El costo de ventas es un indicador de ventas que determina el valor del inventario vendido (y creado, si eres el fabricante) en un periodo. La fórmula analiza todos los costos directamente atribuibles a lo que vendas, cualquiera que sea el producto; y si eres el fabricante, la mano de obra directa para producirlo.

Elementos que integran el costo de ventas:

- Materia prima o costo de almacén son los materiales que se han utilizado para fabricar o elaborar un producto o el inventario que se tiene de él.
- Mano de obra es el esfuerzo físico o mental que se utiliza para elaborar o fabricar un producto; puede ser directa o indirecta y depende de la actividad de la empresa.
- Gastos de fabricación es la suma de los gastos indirectos que afectan el costo del producto.

La fórmula empleada en este caso de ventas es la siguiente

$$\text{Inventario inicial} + \text{inventario adquirido} - \text{inventario Final Eq. (7)}$$

- **Pasivos Circulantes**

Pasivo circundante comprende los salarios, proveedores de materias primas y servicios, y los impuestos. En realidad, es complicado determinar con precisión lo que se puede hacer es considerar que estos pasivos son en realidad créditos a corto plazo. (Marsal, 1977)

Costos de operación

- **Costos de producción**

Los costos de producción reflejan las decisiones tomadas en el estudio técnico y cualquier error en estos costos suele ser atribuible a errores en los cálculos del estudio técnico. Los costos de producción son principalmente una actividad de ingeniería, más que de contabilidad, ya que el proceso de costeo determina los requisitos y dimensionamiento necesarios para una operación eficiente del proceso productivo (BACA URBINA, 2013).

El dimensionamiento fue del 15% extra para contemplar cualquier pérdida de material durante el proceso de producción en una planta, a fin de evitar posibles márgenes de error en los cálculos de diseño. Es común buscar minimizar los riesgos en la producción de determinado producto, por lo tanto, al diseñar una planta, se debe dimensionar la capacidad de producción de manera que se eviten pérdidas y se asegure que las capacidades sean suficientes, evitando así la escasez de recursos.

Primero se contabilizó los precios de la materia prima usada para la elaboración de los ladrillos, se tomó en cuenta el gasto de material necesario para 1 día, 1 mes, al año, los datos de cotizaciones se encontrados en páginas del gobierno y datos del banco, así como distribuidoras nacionales como SINSA.

4.2.2.2. TMAR

En el inicio de toda industria se debe de realizar una inversión inicial y el capital de dicha inversión puede provenir de varias fuentes, puede ser sólo de personas, que son los inversionistas, de inversionistas que tienen un convenio con otras empresas, e inversionistas con instituciones de crédito (Bancos), e incluso puede ser una mezcla de todas las fuentes mencionadas anteriormente.

El capital de trabajo se tomó en cuenta como una inversión del banco para futuros proyectos de construcción de viviendas. La aportación de cada uno de los capitales ya sea el de los inversionistas y el del banco tendrán un costo asociado al capital de aporte, y así la nueva empresa formada tendrá un capital propio con el que se iniciara el proyecto. Sin embargo, antes de invertir es necesario tener en mente una tasa mínima de ganancia sobre la inversión propuesta, conocida también como tasa mínima de rendimiento (TMAR). Esta tasa mínima de rendimiento hace referencia al índice inflacionario y al premio al riesgo la cual se define como:

$$TMAR = i + f + if \text{ Eq. (8)}$$

Donde i es la inflación y f es el premio al riesgo, una vez realizado el cálculo se determinará el nivel de riesgo del proyecto mediante la comparación de dicho dato con la tasa interna de retorno, la cual debe ser mayor para generar un interés en inversores.

4.2.2.3. Ingresos

Los ingresos directos representan el flujo del dinero en efectivo entrante por las ventas. En este caso los ladrillos de arcilla-cemento conllevan detrás una producción alta, debido a la agregación de insumos a la mezcla para la estabilización, el peso de cada ladrillo de arcilla-cemento se contabiliza desde los 3kg a los 7kg de peso de acuerdo con los datos de materia prima usados. El

volumen de producción asciende a los 14 mil ladrillos por día por lo cual los gastos de material se reflejarán en las siguientes tablas donde se detallan los costos de producción en la elaboración de ladrillos para encontrar el precio unitario y detallando con esto los ingresos en el horizonte de tiempo para cada año.

4.2.3. Cálculo de Periodo de recuperación de la inversión:

En evaluación de proyectos, cada indicador tiene un propósito específico; en este caso el Período de Recuperación de la Inversión, es el indicador encargado de medir el tiempo que le tomaría a un inversionista, recuperar el dinero invertido, el año en que se pretende recuperar, y los flujos de dinero del préstamo al banco se calculara usando fuentes secundarias de los bancos nacionales.

4.2.4. Cálculo de Valor Presente Neto (VPN)

Un VPN negativo indica que el proyecto generará más costos que beneficios, por lo que es una inversión no rentable. (BACA URBINA, 2013). El valor presente neto corresponde al cálculo realizado con la ecuación (9).

$$VPN = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+k)^t} - CF_0 \text{ Eq. (9)}$$

4.2.5. Cálculo de Tasa Interna de Retorno (TIR)

La TIR es un indicador de la rentabilidad, la eficiencia o el rendimiento de una inversión. Esto contrasta con el valor presente neto. Este es un indicador del valor neto o la magnitud agregada al hacer una inversión. El cálculo de la tasa interna de retorno es realizado con la ecuación (10).

$$TIR = \sum_{t=0}^n \frac{F_n}{(1+i)^n} = 0 \text{ Eq. (10)}$$

V. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Estudio Técnico

5.1.1. Tamaño de planta Estimado

5.1.1.1. Producción anual en el horizonte de tiempo

En la siguiente tabla 15 se muestran el total de ladrillos producidos en el horizonte de tiempo definido, el incremento muestra que en cada año de vida aumenta un millón en promedio los ladrillos producidos, teniendo para el año 5 un volumen total de producción de 4.9 millones de ladrillos al año.

Tabla 15: Proyección de la oferta en los 5 años de vida

(Fuente: Elaboración propia)

Años del proyecto	Producción (ladrillos/año)
0	0
1	4500000
2	4608450
3	4719514
4	4833254
5	4949735

Se eligió un incremento algo discreto, aumentando solo el 2.41% de la producción anual debido a que el sector de materiales de construcción en si no ha estado en su mejor auge, debido a los problemas multifactoriales económicos que ha habido en los últimos años y ha afectado a la económica en general del país.

5.1.1.2. Producción anual con un sobre dimensionamiento del 15% en el horizonte de tiempo

En todo dimensionamiento se debe considerar la capacidad de los equipos para producir las n cantidades de materiales para satisfacer la producción, antes de dimensionar los equipos se debe considerar las pérdidas de materia prima causadas por distintos factores, la siguiente tabla 16 muestra la proyección de la oferta con un sobredimensionamiento del 15% por dichas perdidas.

Tabla 16: Proyección de la oferta en los 5 años de vida con dimensionamiento del 15%

(Fuente: Elaboración propia)

Años del proyecto	Producción (ladrillos/año) Dimensionamiento del 15%
0	0
1	5175000
2	5316377.04
3	5427440.69
4	5541180.97
5	5657662.39

5.1.1.3. Capacidad de producción en el horizonte de tiempo

La capacidad real o capacidad efectiva nos ayuda a conocer las limitaciones operativas en la producción de ladrillos, la siguiente tabla 17 muestra la capacidad real en cada año del proyecto, mostrando la cantidad de ladrillos por año, por día y por hora en el tiempo de vida del proyecto llegando alcanzar una eficiencia mayor del 90% para el 5to año.

Tabla 17: Tabla de capacidad de producción real o efectiva

Fuente: (Elaboración propia)

Producción anual en el horizonte de tiempo con capacidad real o efectiva					
Años	2023	2024	2025	2026	2027
Capacidad	3,937,500.00	4,032,393.75	4,129,574.44	4,229,097.18	4,331,018.43
Ladrillos por día	12,867.65	13,177.76	13,495.34	13,820.58	14,153.65
Ladrillos por hora	536.15	549.07	562.31	575.86	589.74
Eficiencia	87.50	89.61	91.77	93.98	96.24

La eficiencia se calculó para conocer el uso que se darán a los equipos en el quinto año, en estas se espera que el 96.24% de su capacidad sea para el año 5. Observamos que en el quinto año la capacidad real sea de 4.3 millones de unidades al año y en la realidad esto difiere ya que en todos los procesos de producción existen pérdidas por el manejo de la materia, pérdidas generadas por acciones del hombre, pérdidas causadas por el área administrativas o fluctuaciones en la demanda.

La capacidad de producción de diseño se diferencia por ser un valor meramente teórico; en la cual se observa que la capacidad de ladrillos por día y por hora es más elevada. La siguiente tabla 18 muestra los valores de cada año de vida del proyecto, para el 5to año de vida la capacidad diseñada dista en gran medida a la capacidad real antes calculada.

Tabla 18: Tabla de capacidad de producción de diseño

Fuente: (Elaboración propia)

Producción anual en el horizonte de tiempo con capacidad de diseño					
Años	2023	2024	2025	2026	2027
Capacidad	3,937,500.00	4,032,393.75	4,129,574.44	4,229,097.18	4,331,018.43
Ladrillos por día	147,057.60	150,601.69	150,601.69	150,601.69	150,601.69
Ladrillos por hora	42,891.80	43,925.49	44,984.10	46,068.21	47,178.46

Los productos se comercializarán en bolsas o pallets de 50,100 y pallets de hasta de 1000 ladrillos. Ya que en nuestra capacidad de diseño se espera que para el quinto año la capacidad de diseño sea de 150,601.69 unidades al día.

5.1.1.4. Programa de producción

La planta trabajará según las normas del código de trabajo del país, el periodo laboral se efectuará por medio de turnos rotativos de 8 horas con periodos de descanso de 1 hora, la rotación para cubrir la producción de 24 horas por día de la planta se dividirá en grupos de 3, habiendo tres turnos matutino, vespertino y nocturno, de 06:00 A.M a 02:00 P.M; 02:00 P.M a 10:00 P.M; 10:00 P.M a 06:00 A.M respectivamente, habiendo como día de descanso el amanecer del tercer turno para su séptimo día.

La planta deberá producir una cantidad al día de 12,867.65 para satisfacer la producción anual de 4,500,000 ladrillos/año; se considerará los días domingos como periodos de descanso dando un total de 53 días por tanto la cantidad de días de laborar al año son de 306 días año.

La tabla 19 a continuación muestra los días feriados (no laborales) según lo que indica el código del trabajo.

Tabla 19: Días feriados (no laborales)

Fuente: (Elaboración propia)

Fecha	Motivo o evento
ene-01	Día de año nuevo
Semana Santa	Semana santa, jueves y viernes santo
may-01	Día del trabajador
may-30	Día de las madres
jul-19	Triunfo de la revolución
sep-14	Batalla de san jacinto
sep-15	Día de la independencia
dic-08	Purísima concepción de María
dic-25	Navidad

5.1.2. Macro y Micro localización

Las siguientes imágenes muestra la macro-localización seleccionada tomada de fuentes del **INETER** en donde se destaca el mapeado de uso del suelo del año 2018.

Imagen 1: Macro-localización León (Fuente: INETER - Instituto Nicaragüense de Estudio Territoriales)

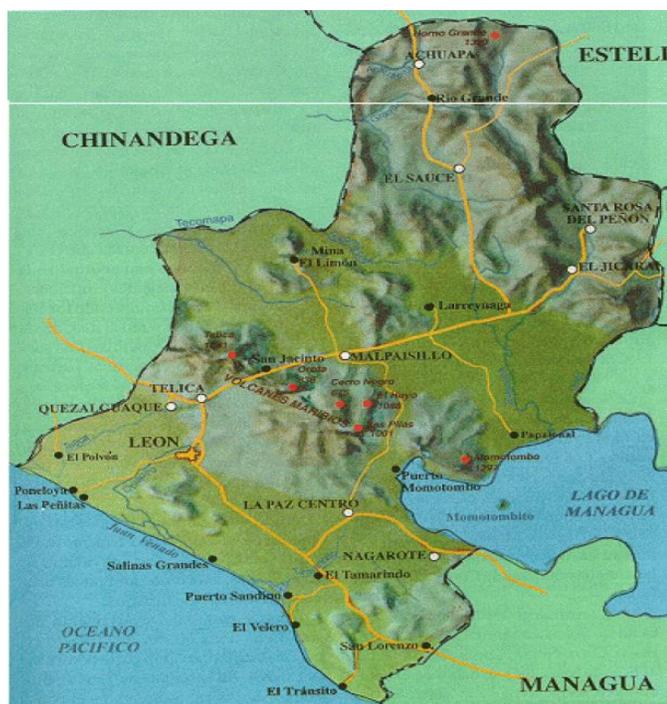
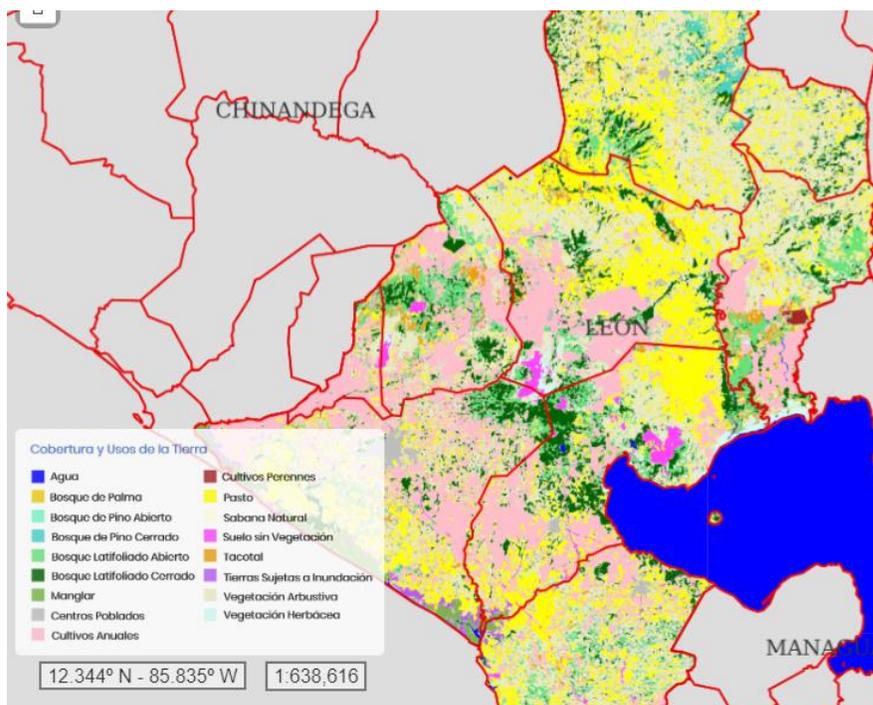


Imagen 2: Mapa interactivo de uso de suelos (Fuente: INETER - Instituto Nicaragüense de Estudio Territoriales)



Las siguientes tablas 20, 21 y 22 muestran las calificaciones obtenidas de las 3 propuestas de micro localización, tomando en cuenta los factores previamente descritos y el total obtenido en su calificación ponderada.

(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 20: alternativa cerca de puerto Momotombo León

Factor relevante	Peso asignado	Puerto Momotombo	
		Calificación 0-10	Calificación ponderada
A	0.1	8	0.8
B	0.2	6	1.2
C	0.05	5	0.25
D	0.158	5	0.79
E	0.012	9	0.108
F	0.18	7	1.26
G	0.05	8	0.4
H	0.06	5	0.3
I	0.1	7	0.7
J	0.09	4	0.36
TOTAL	1	64	6.16

Tabla 21: alternativa Finca la Paz Centro León

Factor relevante	Peso asignado	Finca La Paz Centro	
		Calificación 0-10	Calificación ponderada
A	0.1	7	0.7
B	0.2	6	1.2
C	0.05	8	0.4
D	0.158	4	0.632
E	0.012	5	0.06
F	0.18	3	0.54
G	0.05	9	0.45
H	0.06	5	0.3
I	0.1	4	0.4
J	0.09	6	0.54
TOTAL	1	57	5.22

Tabla 22: alternativa kilómetro 90 carretera nueva León

Factor relevante	Peso asignado	Kilómetro 90	
		Calificación 0-10	Calificación ponderada
A	0.1	6	0.6
B	0.2	5	1
C	0.05	7	0.35
D	0.158	4	0.632
E	0.012	8	0.096
F	0.18	1	0.18
G	0.05	3	0.15
H	0.06	4	0.24
I	0.1	7	0.7
J	0.09	4	0.36
TOTAL	1	49	4.30

Interpretación:

Alternativa I seleccionada.

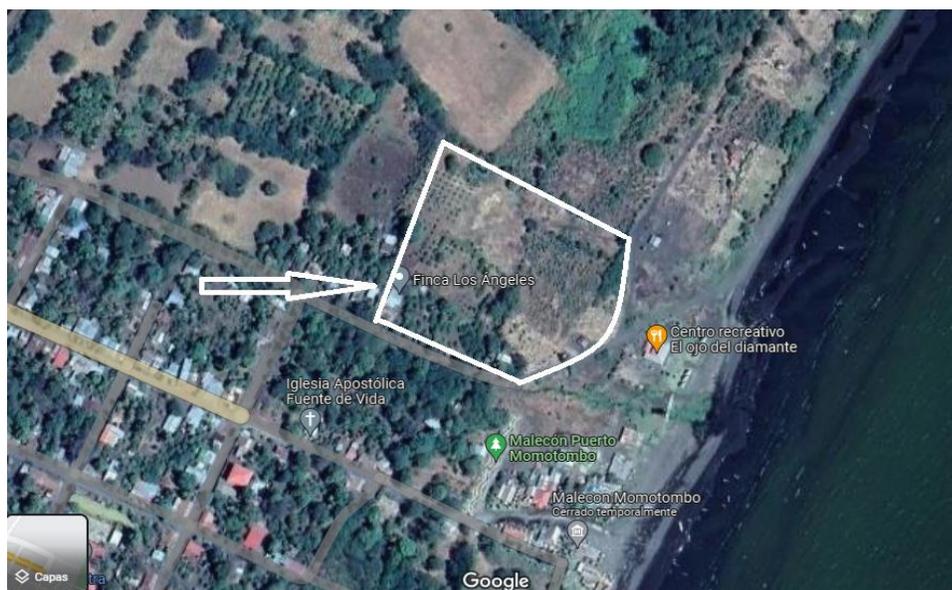
- **Factor A:** Entre las 3 alternativas es la única que está más cerca de los mercados de la capital lo que facilita el transporte rápido. Obtuvo una puntuación excelente debido que ahí mismo se encuentran los posibles proveedores de los que se adquiera la materia prima.

- **Factor B:** Es el que más cerca está del capital humano, muchas de los servicios de construcción están en la capital por lo que deja alternativa para cotizar y seleccionar el mejor aprovechando la proximidad con las ciudades centrales.
- **Factor C:** En la alternativa I existen posibilidades de contratación en el mismo departamento dado que León cuenta con una cantidad considerable de población se estima que de sus 420 mil habitantes el 40% este sujeto a contratación brindando oportunidades de empleo.
- **Factor D:** Al igual que las demás alternativas tiene una buena puntuación, pero la de este factor está en alto por los mismo que hay una proximidad entre la capital y el departamento de León por lo que cualquier inconveniente que llegará a suceder puede haber respuesta rápida por parte de las autoridades correspondientes de estas zonas.
- **Factor E:** En este punto sabemos que los monitoreos deben ser constante para evitar los riesgos de humedad o sequedad que impliquen los cambios climáticos de la zona por eso su puntuación es alta porque sus condiciones climáticas son favorables.
- **Factor F:** Dado que tenemos proximidad entre la capital y sectores cercanos la eliminación es un punto favorable en esta alternativa.
- **Factor H:** La extensión territorial de la alternativa es considerable en la que se puede de forma eficiente la construcción y puesta de la planta con sus 112,000 m².
- **Factor I:** Hay muy buenas entradas y accesos al terreno en esta alternativa, ya listas para ser usadas.

- **Factor J:** En este punto la calificación es un poco baja debido a la lejanía de estos servicios, ya que se encuentra en un puerto, los accesos son algo largo pero el peso de los demás factores lo compensa.

Al realizarse la sumatoria de las calificaciones ponderadas se selecciona la alternativa que obtiene mayor puntuación, la cual es el terreno que se encuentra ubicado en el puerto Momotombo en el municipio de la Paz Centro (Coordenadas 12°24'25.4"N 86°36'40.3"W) con una extensión de **112,000 m²** a un precio de **90,000\$** el terreno se representa a continuación en la imagen 3.

Imagen 3: Micro-localización de la planta (Fuente: Google Earth)



5.1.3. Proceso productivo

5.1.3.1. Requerimiento de materia prima e insumos

La materia prima de proceso es la arcilla y cemento mientras que el insumo utilizado es el agua. El balance para cada año en el periodo de estudio de la planta definió la cantidad de materia prima que debía entrar para producir los volúmenes esperados.

De acuerdo con lo descrito en la metodología la relación de Arcilla-Cemento será de 1:4 es decir por cada parte de cemento serán cuatro de arcilla, las cantidades de materia primera se describen en los balances en la etapa de mezclado de los componentes en seco.

Las etapas donde hay flujo de materia fuera de proceso productivo son la molienda, el secado y el tamizado donde se pierde alrededor de un 5 – 6 % respectivamente de la materia ingresada, se pierden grandes cantidades de materia prima en términos de agua en la etapa de secado; y en tamizado se pierden parte de la materia prima en la selección de la granulometría requerida donde se rechaza el 5 – 6 % de material no mayor a los 5 mm, los detalles de materia prima e insumo se detallan en las siguientes tablas 23 a 27:

Tabla 23: Balances de materia en la etapa de molienda (ton/día)

Fuente: (Elaboración propia)

Corrientes de balances en Molienda	Años				
	2023	2024	2025	2026	2027
Flujo de entrada arcilla	41.68	42.69	43.71	44.77	45.85
% de humedad de arcilla a la salida y entrada de la molienda	7%	7%	7%	7%	7%
Flujo másico de salida	41.68	42.69	43.71	44.77	45.85

El secado de la arcilla comprende una etapa importante en el proceso en el que se elimina el porcentaje de agua presente previo a la extracción, este porcentaje de humedad, comprende cerca del 7%, sin embargo, esto puede depender de la profundidad de donde se ha extraído la materia prima, se tomara como un dato aproximado para los balances

Tabla 24: Balances de materia en la etapa de secado (ton/día)

Fuente: (Elaboración propia)

Corrientes de balances en Etapa de secado	Años				
	2023	2024	2025	2026	2027
Flujo de arcilla seca	41.68	42.68	43.71	44.76	45.84
Flujo de agua removida en el secado	3.12	3.20	3.27	3.35	3.43

La siguiente tabla muestra la cantidad de materia prima rechazada que es cerca del 6% de partículas que no cumplan la granulometría descrita en metodología, se considera que se eliminan partículas superiores a los 5mm, restos de raíces y rocas consideradas impurezas.

Tabla 25: Balances de materia en la etapa de tamizado (ton/día)

Fuente: (Elaboración propia)

Corrientes de balances en Tamiz	Años				
	2023	2024	2025	2026	2027
Flujo de partículas rechazadas (6%)	2.29	2.35	2.41	2.46	2.52
Flujo de arcilla seca cernida	39.18	40.13	41.09	42.08	43.10

En la etapa de mezclado descrita en la metodología se hace mención de la relación de Cemento-Arcilla de la tesis realizada por el bachiller (López J. , 2012) esta relación es de 1:4, de cemento-Arcilla por cada parte de cemento se usarán 4 partes de Arcilla. La siguiente tabla, describe la cantidad de cemento y arcilla usada en el proceso.

Tabla 26: Balances de materia en la etapa de mezclado en seco (ton/día)

Fuente: (Elaboración propia)

Corrientes de balances en etapa de Mezclado	Años				
	2023	2024	2025	2026	2027
Flujo másico de arcilla seca cernida	39.18	40.12	41.09	42.08	43.09
Flujo de cemento Portland Cemento canal	9.79	10.03	10.27	10.52	10.77

En la etapa de amasado se agrega el agua hasta obtener una pasta óptima para el siguiente proceso que será la compactación o moldeado de los ladrillos. La cantidad de agua se calculó mediante la cantidad de humedad óptima de la mezcla, la siguiente tabla muestra la cantidad de agua en toneladas al flujo de la mezcla de Arcilla-Cemento.

Tabla 27: Balances de materia en la etapa de amasado (ton/día)

Fuente: (Elaboración propia)

Corrientes de balances en etapa de Amasado	Años				
	2023	2024	2025	2026	2027
Flujo másico de Arcilla/Cemento	48.97	50.15	51.36	52.60	53.86
Flujo másico de agua	6.95	7.12	7.29	7.47	7.65

5.1.3.2. Requerimientos de equipos

El requerimiento de equipos se analizó mediante los balances de materia y las diferentes necesidades en el proceso, de acuerdo a los análisis y las distintas tecnologías disponibles en el país y fuera de este, estos son los equipos recomendados para el proceso de producción de los ladrillos arcilla-cemento,

recopilada en las fuentes de maquinarias usadas en la industria tales como *Alibaba Nicaragua*.

Se debe de agregar imágenes, capacidad, cantidad, modelo, especificaciones (energía, gastos, mantenimientos) la ficha técnica de equipos se encuentra en anexo 5. Los equipos usados en cada área se muestran en la siguiente tabla 28:

Tabla 28 : Tabla de equipos utilizados en el proceso

Fuente: (Elaboración propia)

Tablas de equipos utilizados			
Etapa del proceso	Equipo	Modelo	Cantidad
Molienda y tamiz	Molino de Bolas	MG600*1200	1
	Tamiz	HW6203	2
	Excavadora	LionDi D25-30	2
Mezclado seco/húmedo	Mixer seco	JMZ-500	1
	Mixer húmedo	JMZ-500	1
Compactación	Compactador	QTJ4-25	1
Curado y Acopio	Monta cargas	FG35C	1
	Manguera de aspersión	360 Gear Drive	4
EST	Palas	-	10
	Carretillas	-	5

Se determinó la cantidad de equipos de acuerdo a su capacidad y la producción de ladrillos a producir por día, requiriendo de 8 equipos individuales para el proceso y un total de 13 equipos en total. Se dice que un proceso es técnicamente viable cuando su capacidad de producción no requiere de una cantidad considerable de equipos en su proceso además de los recursos que somos capaces de conseguir, generando beneficios y teniendo una rentabilidad suficiente que compense los riesgos en los que se va a incurrir.

- **Materiales y equipos de oficina**

Con el fin de organizar la parte administrativa se determinó la cantidad de mobiliarios de oficina esenciales para la puesta en marcha de las labores y actividades cotidianas. Las siguientes tablas 29 a 31 muestran las cantidades de equipos a requerir en cada área designada:

Tabla 29: Requerimiento de mobiliarios de oficina

Fuente: (Elaboración propia)

Concepto	Cantidad
Escritorio Ejecutivo	1
Silla Giratoria Ejecutiva	5
Computadora	2
Archivero metálico de 3 gavetas	1
Impresora multifuncional	1
Aire Acondicionado	2
Fax	1
Escritorio Secretarial	1
Silla Secretarial sin brazos	1
Teléfono con grabadora de mensajes	1
Sillas de espera	5
Resmas de papel	2
Folders de manila T/C Econofile	2
Engrapadora	2
Lapicero	12
Caja de Grapa	2
Perforadora	1
Calculadora	1

Las cantidades de requerimientos de mobiliarios fueron tomadas de acuerdo a análisis de puesta en marcha de otros proyectos de inversión en donde se especifica que estas cantidades son generalizadas para las actividades diarias de toda el área administrativa. Las siguientes tablas muestran el requerimiento de mobiliarios y equipos necesarios para el área administrativa y área de ventas y mercado:

- **Área de administración**

Tabla 30: Requerimiento de mobiliarios del área administrativa

Fuente: (Elaboración propia)

Concepto	Cantidad
Escritorio	6
Sillas giratorias sin brazos	6
Computadora	4
Aire acondicionado	1
Impresora	3
Archivera Metálico de 3 Gavetas	3
Teléfono	2
Resmas de papel	2
Engrapadora	3
Lapiceros	24
caja de grapa	3
Perforadoras	2
Calculadoras	3

- **Área de mercado y ventas**

Tabla 31: Requerimiento de mobiliarios del área administrativa

Fuente: (Elaboración propia)

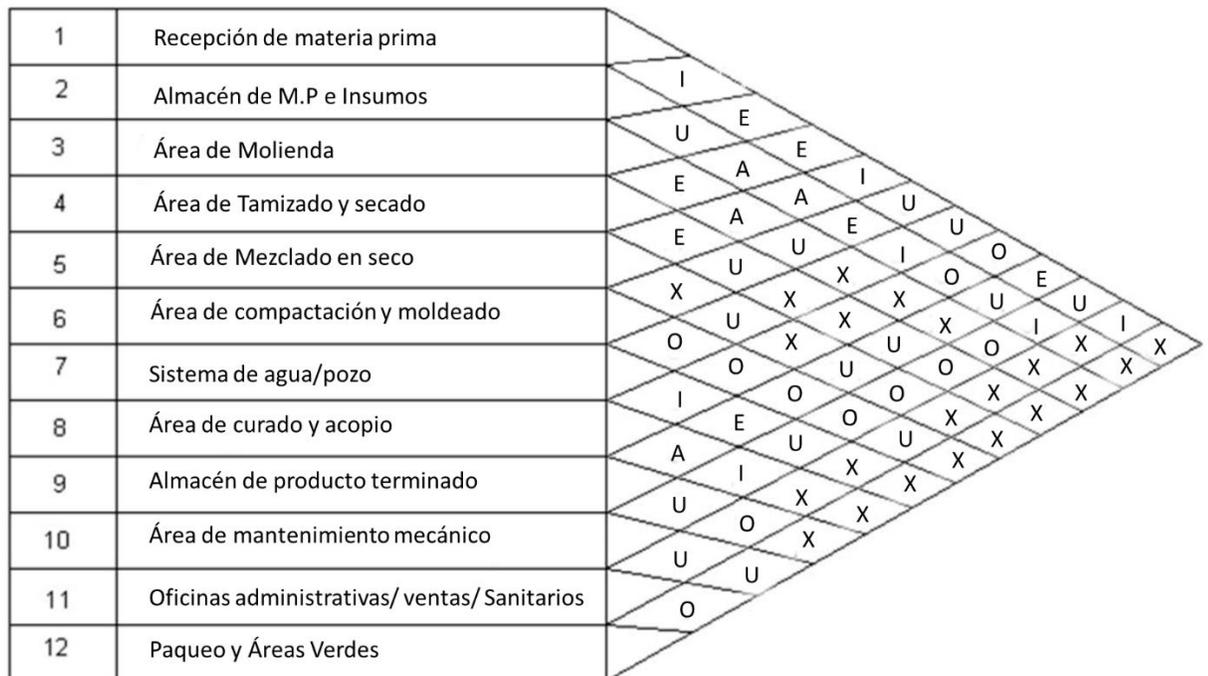
Concepto	Cantidad
Escritorio ejecutivo	2
Silla giratoria	2
Computadora	2
Impresora	1
Archivero Metálico	2
Teléfono	1
Aire acondicionado	1
Resmas de papel	1
Folders de Manilas T/C Econofile	1
Engrapadora	1
Lapicero	12
Cajas de grapas	2
Calculadora	3
perforadora	1

5.1.4. Infraestructura y distribución de área de planta

La correcta distribución y la cercanía de las todas las áreas que compone la empresa se expresan en el siguiente diagrama, según lo definido en la metodología las importancias y cercanía son clave para mantener la organización correcta; tanto el proceso como la administración.

Diagrama de correlación de distribución de la planta

Fuente: (Garcia & MacGregor, 2007)

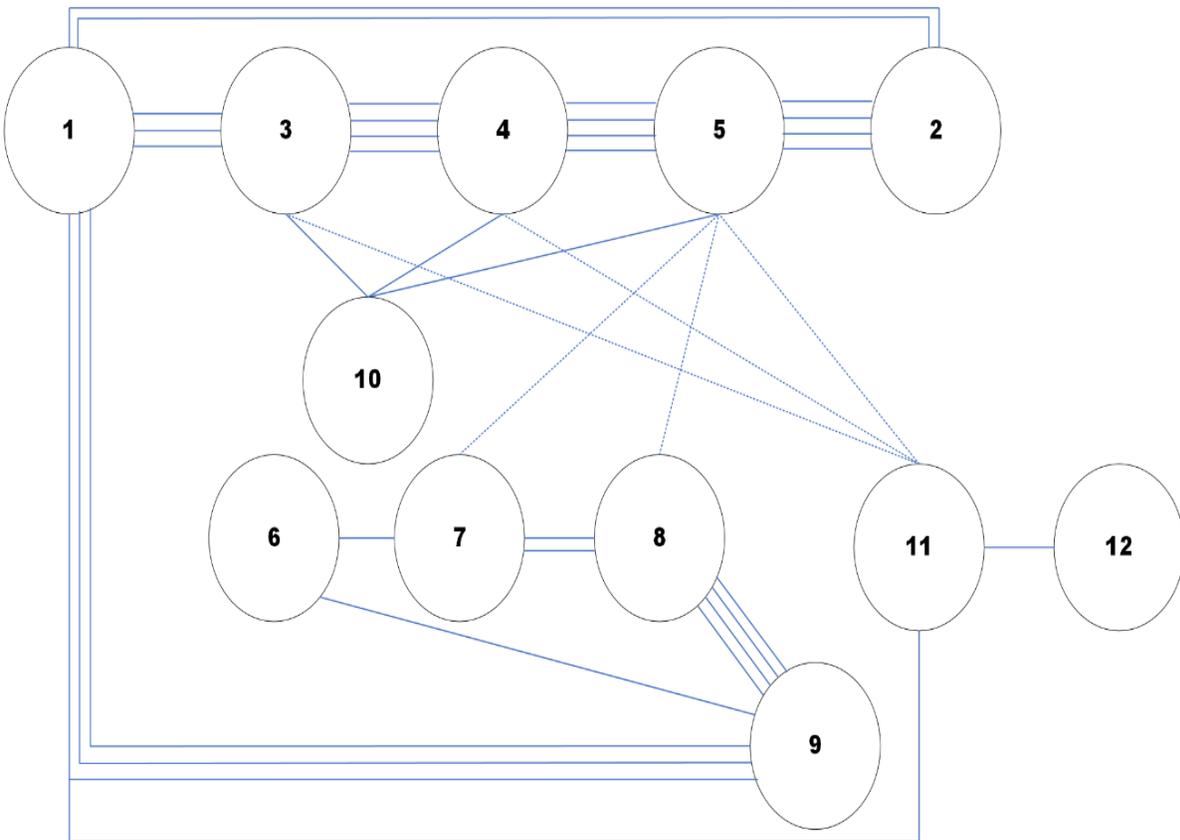


En el diagrama de correlaciones se puede expresar que tan importante es la cercanía de las áreas tanto de proceso como la administración, en términos sencillos, el diagrama de correlación ayuda a la organización óptima de la empresa, manteniendo las áreas administrativas alejadas del proceso y manteniendo cercanía con producto terminado.

El diagrama de correlación por hilos muestra la relación de cada área de una manera más ordenada mostrando la correcta distribución unido por hilos con su respectivo concepto ya descrito en la metodología.

Diagrama de correlación de distribución de la planta por hilos:

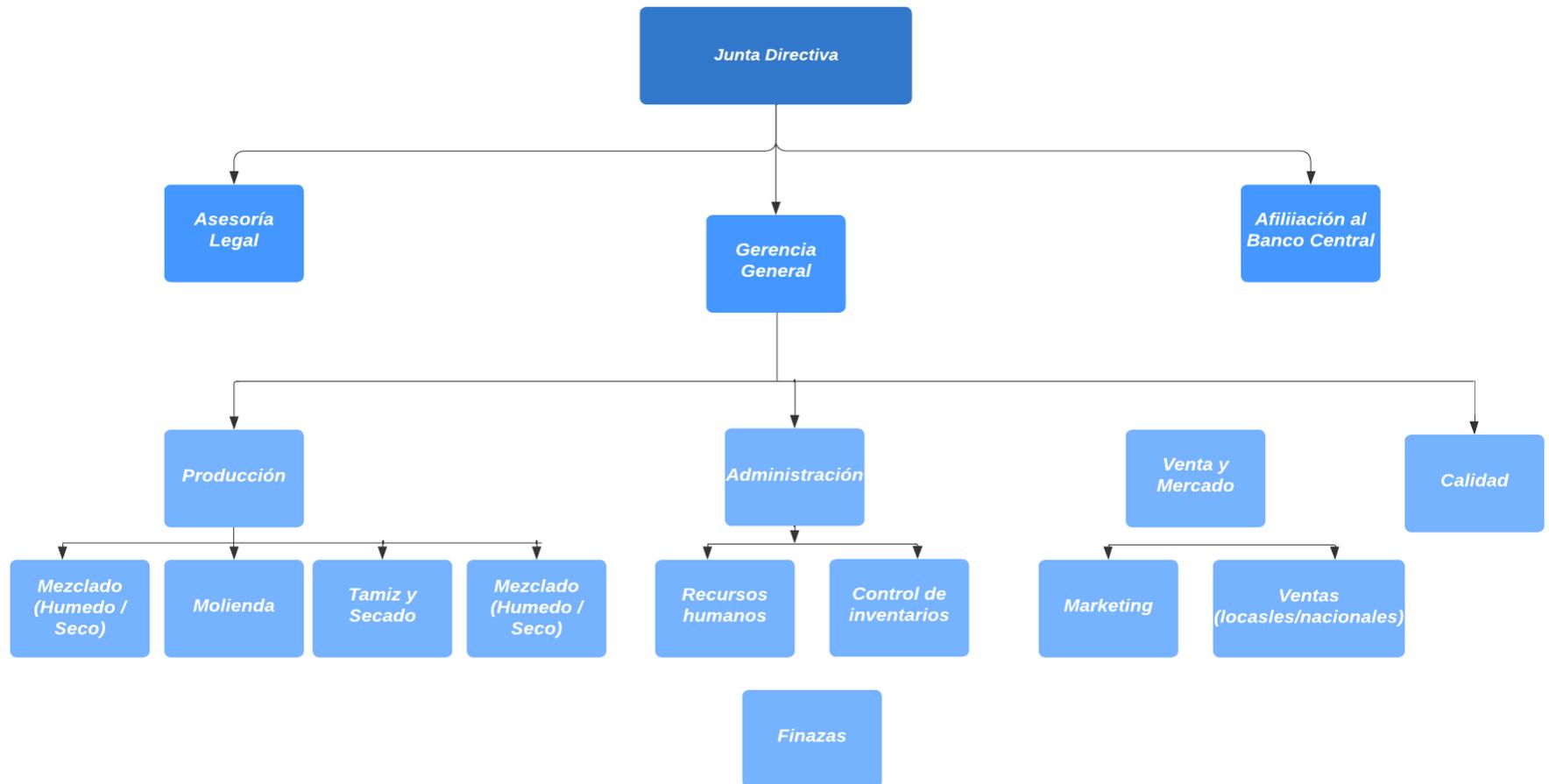
Fuente: (Garcia & MacGregor, 2007)



De acuerdo a lo descrito en la metodología la organización jerárquica de la empresa se reflejó en un organigrama empresarial, se muestra de mayor a menor los departamentos descritos previamente. Permitiendo reflejar el orden, estructura y organización empresarial con el fin de entender la estructura interna permitiendo tomar decisiones estratégicas y la optimización de las operaciones.

5.1.5. Organización de la empresa

Fuente: (Elaboración propia)



5.2. Estudio Financiero

5.2.1. Inversión total

La inversión de los equipos se muestra en la siguiente tabla 32 representando la cantidad requerida, el precio unitario de ventas y las cantidades por dos o más; así como su capacidad y el total de la inversión tanto el precio unitario como la adquisición de dos o más.

Tabla 32: Costos de inversión de equipos

Fuente: (Elaboración propia)

Costos de inversión en equipos					
Etapa del proceso	Equipo	Capacidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio por 2 o mas
Molienda y tamiz	Molino de Bolas	1 -20 Ton/h	1	C\$ 139,000.20	C\$ 135,345.00
	Tamiz	1 - 10 Ton/h	2	C\$ 1,321,200.00	C\$ 2,642,400.00
	Excavadora	1.5 Ton	2	C\$ 474,806.00	C\$ 949,612.00
Mezclado	Mixer seco y húmedo	20m3/h	2	C\$ 113,397.38	C\$ 226,794.76
Compactación	Compactador	1008 PCS/h	1	C\$ 1,665,000.00	C\$ 1,665,000.00
Curado y Acopio	Monta cargas	10 ton	1	C\$ 310,928.00	C\$ 310,928.00
	Manguera de aspersión	21-107.9m ³ /h	4	C\$ 3,548.25	C\$ 14,193.00
EST	Carretilla	4.5 ft ³	5	C\$ 4,109.00	C\$ 20,545.00
	Palas	10	10	C\$ 536.00	C\$ 5,360.00
TOTAL				C\$ 4,032,524.83	C\$ 5,970,177.76

Se muestran que las cantidades de equipos a usar varían dependiendo de su capacidad, tanto en la cantidad de mixer usados en la etapa de mezclado como en molienda. Los (EST) o Equipos de Soporte Técnico facilitarán la movilidad y recolecta de la materia prima que pueda surgir como perdida durante el transporte o llenado de los equipos del proceso.

La siguiente tabla 33 muestra la inversión requerida para la adquisición de mobiliario y equipos de oficina mostrando la cantidad de equipos y su precio, así como el total individual mostrado en dólares y el global en NIO.

Tabla 33: Requerimiento de Mobiliario y equipos de oficina*Fuente: (Elaboración propia)*

Nombre del equipo o Material	Cantidad	Precio Unitario	Total
Computadora	10	\$ 576.50	\$ 5,765.00
Impresora multifuncional	1	\$ 332.35	\$ 332.35
Impresora	4	\$ 94.30	\$ 377.20
Teléfono fijo	4	\$ 33.80	\$ 135.20
Escritorio ejecutivo	3	\$ 224.00	\$ 672.00
Escritorio	7	\$ 140.00	\$ 980.00
Sillas ejecutivas	5	\$ 87.40	\$ 437.00
Sillas para escritorio	9	\$ 66.70	\$ 600.30
Archivador	6	\$ 172.00	\$ 1,032.00
Pizarra acrílica	1	\$ 13.00	\$ 13.00
Aire acondicionado	4	\$ 2,800.00	\$ 11,200.00
Papelera	15	\$ 4.80	\$ 72.00
Extintores	16	\$ 250.00	\$ 4,000.00
		TOTAL	C\$ 945,232.25

Para englobar la inversión se calcularon el total de activos intangibles y tangibles previamente descritos en la metodología. Las cantidades totales se muestran en las siguientes tablas 34, 35:

Tabla 34: Costos totales de activos Intangibles*Fuente: (Elaboración propia)*

Concepto del costo	Observación	Costo
Planteamiento e integración del proyecto	3% de los activos fijos	C\$ 677,392.10
Ingeniería del proyecto	3.5% Equipos de producción	C\$ 382,672.65
Supervisión de construcción servicios de albañilería	1.5% de activos fijos	C\$ 338,696.05
administración asesoría legal	0.5% de los activos fijos	C\$ 112,898.68
TOTAL		C\$ 1,511,659.48

Tabla 35: Costos totales de activos tangibles*Fuente: (Elaboración propia)*

Concepto	Costos
Terreno	C\$ 3,321,000.00
Edificios	C\$ 7,380,000.00
Equipos	C\$ 5,970,177.76
Mobiliaria y artículos de oficina	C\$ 945,232.25
TOTAL	C\$ 17,616,410.01

La inversión requerida se calcula mediante la suma del total de los activos tangibles e intangibles previamente mostrados, la siguiente tabla 36 muestra el resultado del presupuesto de la inversión.

- **Presupuesto de la inversión**

Tabla 36: Costos totales de inversión

Fuente: (Elaboración propia)

Concepto de costos	Costos totales
Costos tangibles	C\$ 17,616,410.01
costos intangibles	C\$ 1,511,659.48
Imprevistos de 10%	C\$ 1,912,806.95
TOTAL	C\$ 21,040,876.44

5.2.2. Fuentes de financiamiento

5.2.2.1. Capital de trabajo

- **Activos circulantes**

La fórmula que se emplea para calcular los costos de ventas es la siguiente $\text{Inventario inicial} + \text{inventario adquirido} - \text{inventario Final}$ sin embargo en nuestro caso el año uno del proyecto cuenta como los costos de venta la adquisición de la materia prima. El costo de venta para el inicio del proyecto son los iguales a los activos fijos adquiridos para poner en marcha el proyecto, por tanto, se detallan los costos de ventas adquiridos anuales al inicio del proyecto en la siguiente tabla 37 y 38:

Tabla 37: Inventario de materia prima anuales durante el año 1

Fuente: (Elaboración propia)

Inventario inicial de materia prima		
Cemento	Arcilla	Agua
UNIDADES	CANTIDAD DE BOLSAS 100 KG	LITROS
55284	100032	1835.99
Materia prima usada		
C\$ 25,098,936,00	C\$2,000,936.00	C\$106,788.60

Tabla 38: Costos de materia prima al año

Fuente: (Elaboración propia)

Costos de materia prima al año		
Mano de obra directa	Inversión de equipos	Costos indirectos
C\$ 2,592,000.00	C\$ 5,970,177.76	C\$ 533,943.00
Total	C\$ 9,096,120.76	

- **Pasivos Circulantes**

Se ha encontrado que estadísticamente, las empresas mejor administradas guardan una relación promedio entre activos circulantes (AC) y pasivos circulantes (PC) de 2 a 2.5. Por tanto, para un valor de 2.5 se puede calcular el valor del pasivo circulante:

$$PC = AC / 2.5 = \frac{C\$ 38,774,520.76}{2.5} = US\$ 15,509,808 \text{ Eq. (11)}$$

Con los cálculos obtenidos se puede obtener el valor del capital de trabajo que necesitara la empresa para el primer año de producción el cual es:

$$\begin{aligned} \text{Capital de trabajo} &= US\$(38,774,520.76 - 15,509,808) \\ &= US\$ 23,264,712.76 \text{ Eq. (7)} \end{aligned}$$

- **Costos de operación**

El análisis de los precios de materia prima se describe en las siguientes tablas 39 a 41, mostrando costos por día, por mes y por año:

Tabla 39: costos de materia prima por día*Fuente: (Elaboración propia)*

Costos de materia prima por día				
Material	Peso	cantidad	precio unitario	Precio final por día
Bolsas de cemento	42.5 kg	230	C\$ 454.00	C\$ 104,420.00
Arcilla	100 kg	416.8	C\$ 20.00	C\$ 8,336.00
Agua	100gl/min	1835.99	C\$ 533,943.00	C\$ 348.98
Gasolina	1litro	40	C\$ 49.00	C\$ 1,960.00
Mano de obra	-	24	C\$ 450.00	C\$ 10,800.00
Total, por día				C\$ 125,864.98

Tabla 40: costos de materia prima al mes*Fuente: (Elaboración propia)*

Costos de materia prima por mes				
Material	Peso	cantidad	precio unitario	Precio final por mes
Bolsas de cemento	42.5 kg	6910	C\$ 454.00	C\$ 3,137,140.00
Arcilla	100 kg	12504	C\$ 20.00	C\$ 250,080.00
Agua	100gl/min	1835.99	C\$ 533,943.00	C\$ 8,899.05
Gasolina	1litro	40	C\$ 49.00	C\$ 58,800.00
Mano de obra	-	24	C\$ 450.00	C\$ 324,000.00
Total				C\$ 3,778,919.05

Tabla 41: costos de materia prima al año*Fuente: (Elaboración propia)*

Costos de materia prima por año				
Material	Peso	cantidad	precio unitario	Precio final por año
Bolsas de cemento	42.5 kg	55284	C\$ 454.00	C\$ 25,098,936.00
Arcilla	100 kg	100032	C\$ 20.00	C\$ 2,000,640.00
Agua	100gl/min	1835.99	C\$ 533,943.00	C\$ 106,788.60
Gasolina	1litro	40	C\$ 49.00	C\$ 470,400.00
Mano de obra	-	24	C\$ 450.00	C\$ 2,592,000.00
Total				C\$ 30,268,764.60

5.2.2.2. TMAR

La tasa de crecimiento real del dinero invertido según fuentes del banco mundial para el año 2023 es del 12.5%, como índice inflacionario nacional 5.7% según fuentes del INIDE. El valor de la TMAR usando la ecuación 8 es:

$$TMAR = 0.057 + 0.125 + (0.057)(0.125) = 18.91 \% Eq. (8)$$

5.2.2.3. Ingresos

La siguiente tabla 42 muestra los ingresos en los 5 años de vida del proyecto, en la que se refleja la mayor cantidad adquirida de C\$ 41,533,222.67 para el año 5.

Tabla 42: Ingresos anuales

Fuente: (Elaboración propia)

1	2	3	4	5
C\$ 37,759,494.00	C\$ 38,669,497.81	C\$ 39,601,432.70	C\$ 40,555,827.23	C\$ 41,533,222.67

5.2.3. Periodo de recuperación de la inversión

El periodo de recuperación de la inversión consiste en determinar el número de periodos, generalmente en años, requeridos para recuperar la inversión inicial emitida, por medio de los flujos de efectivos futuros que generará el proyecto. El tiempo que le toma a la organización, recuperar la inversión original antes de que empiece a acumular ganancias, cuando el flujo de efectivo neto cese o sea igual a cero (BACA URBINA, 2013).

En palabras más sencillas, el PRI consiste en presupuesto de capital. Se tienen dos modalidades ampliamente utilizadas para el periodo de reembolso, el método exhaustivo y el del promedio.

Para eso realizó los análisis mediante el método promedio de los flujos de caja con el fin de determinar la viabilidad de nuestro proyecto de inversión. Con el método de promedio de flujos de caja implicó realizar un proceso iterativo para calcular los beneficios por el proyecto restándolos de la inversión inicial hasta que el resultado nos diera los flujos de caja totales con los cuales se calculó el valor actual neto y la tasa interna de retorno. En la siguiente tabla 43 se muestra el

periodo de 5 años de préstamo del banco con interés y amortización hasta la deuda pendiente de la inversión dada al banco.

Tabla 43: Tabla de período de 5 años en los que se paga el préstamo del banco

Fuente: (Elaboración propia)

Periodo	Cuota	Intereses	Amortización	Deuda pendiente
0				C\$21,040,876.44
1	C\$5,131,673.97	C\$1,472,861.35	C\$3,658,812.62	C\$17,382,063.82
2	C\$5,131,673.97	C\$1,216,744.47	C\$3,914,929.50	C\$13,467,134.33
3	C\$5,131,673.97	C\$942,699.40	C\$4,188,974.56	C\$9,278,159.76
4	C\$5,131,673.97	C\$649,471.18	C\$4,482,202.78	C\$4,795,956.98
5	C\$5,131,673.97	C\$335,716.99	C\$4,795,956.98	C\$0.00

El análisis de los costos contables y descontable para el cálculo de los valores de valor actual neto o valor presente neto, la tasa interna de retorno y el periodo de recuperación de la inversión, se determinaron haciendo uso de un margen de ganancia para la comercialización de ladrillos de arcilla artesanales en Nicaragua de un 20%.

En la tabla 44 se muestran los valores de costos y ventas de producto, calculando los ingresos, los costos de ventas en el tiempo de vida del proyecto, intereses, utilidad bruta, gastos administrativos y depreciación, antes de impuestos y después de impuestos; con estos datos se calcularon los costos contables y descontables en el periodo de vida del proyecto.

Tabla 44: Análisis de los costos contables y descontables.

Fuente: (Elaboración propia)

Cantidad	0	4500000	4608450	4719513.645	4833253.924	4949735.343
Precio		C\$ 8.39	C\$ 8.39	C\$ 8.39	C\$ 8.39	C\$ 8.39
Costos de ventas unitario		C\$ 4.67	C\$ 4.67	C\$ 4.67	C\$ 4.67	C\$ 4.67

Año	0	1	2	3	4	5
Ingresos		C\$ 37,759,494.00	C\$ 38,669,497.81	C\$ 39,601,432.70	C\$ 40,555,827.23	C\$ 41,533,222.67
Costos de ventas		C\$ 21,015,000.00	C\$ 21,521,461.50	C\$ 22,040,128.72	C\$ 22,571,295.82	C\$ 23,115,264.05
Utilidad bruta		C\$ 16,744,494.00	C\$ 17,148,036.31	C\$ 17,561,303.98	C\$ 17,984,531.41	C\$ 18,417,958.61
Costos fijos		C\$ 5,663,924.10	C\$ 5,800,424.67	C\$ 5,940,214.91	C\$ 6,083,374.08	C\$ 6,229,983.40
Gastos administrativos		C\$ 3,775,949.40	C\$ 3,866,949.78	C\$ 3,960,143.27	C\$ 4,055,582.72	C\$ 4,153,322.27
Intereses		C\$ 1,472,861.35	C\$ 1,216,744.47	C\$ 942,699.40	C\$ 649,471.18	C\$ -
Depreciación		C\$ 1,194,035.55	C\$ 1,194,035.55	C\$ 1,194,035.55	C\$ 1,194,035.55	C\$ 1,194,035.55
Utilidad antes de los impuestos		C\$ 4,637,723.60	C\$ 5,069,881.84	C\$ 5,524,210.85	C\$ 6,002,067.87	C\$ 6,840,617.40
Impuesto		C\$ 753,630.08	C\$ 823,855.80	C\$ 897,684.26	C\$ 975,336.03	C\$ 1,111,600.33
Utilidad después del impuesto		C\$ 3,884,093.51	C\$ 4,246,026.04	C\$ 4,626,526.59	C\$ 5,026,731.84	C\$ 5,729,017.07
Intereses		C\$ 1,472,861.35	C\$ 1,216,744.47	C\$ 942,699.40	C\$ 649,471.18	C\$ -
Cuota		C\$ 5,131,673.97	C\$ 5,131,673.97	C\$ 5,131,673.97	C\$ 5,131,673.97	C\$ -
Depreciación		C\$ 1,194,035.55	C\$ 1,194,035.55	C\$ 1,194,035.55	C\$ 1,194,035.55	C\$ 1,194,035.55
Inversión Inicial	-C\$ 21,040,876.44					
Flujo de caja	-C\$ 21,040,876.44	C\$ 1,419,316.45	C\$ 1,525,132.09	C\$ 1,631,587.57	C\$ 1,738,564.60	C\$ 6,923,052.62
Flujos descontados	-C\$ 21,040,876.44	C\$ 1,235,477.41	C\$ 1,155,629.46	C\$ 1,076,160.65	C\$ 998,189.80	C\$ 3,459,995.21

En la tabla 45 se muestra el calculo del periodo de recuperaci3n de la inversi3n, haciendo uso de los flujos de caja encontrados.

Tabla 45: an3lisis de PRI

Fuente: (Elaboraci3n propia)

Año	0	1	2	3	4	5
Flujo de caja	-C\$ 21,040,876.44	C\$ 1,419,316.45	C\$ 1,525,132.09	C\$ 1,631,587.57	C\$ 1,738,564.60	C\$ 6,923,052.62
PRI	7.94					

Los an3lisis mostraron que la inversi3n no se recupera en un periodo de 5 aÑos y la ganancia que se podr3a obtener es muy baja, los altos costos generados alrededor de la inversi3n inicial consideran un an3lisis del periodo de vida del proyecto ya que dado que la inversi3n se recupera en casi 8 aÑos se tendr3a que analizarse en 10 aÑos h3biles para encontrar alg3n beneficio-costo.

5.2.4. C3lculo de VPN y TRI

El valor presente neto (VPN) es una herramienta financiera que se utiliza para evaluar la viabilidad de un proyecto de inversi3n. Se calcul3 sumando los valores presentes de todos los flujos de efectivo futuros esperados del proyecto, descontados a una tasa de inter3s apropiada.

Un VPN positivo indica que el proyecto generar3 m3s beneficios que costos, por lo que es una inversi3n rentable. Un VPN negativo indica que el proyecto generar3 m3s costos que beneficios, por lo que es una inversi3n no rentable. (BACA URBINA, 2013)

La tasa interna de retorno (TIR) es otra herramienta financiera que se utiliza para evaluar la viabilidad de un proyecto de inversi3n. Se define como la tasa de descuento que hace que el valor presente neto (VPN) de un proyecto sea igual a cero. Un TIR m3s alto indica que el proyecto generar3 un mayor rendimiento que un TIR m3s bajo.

La TIR tiene algunas ventajas sobre el VPN. En primer lugar, es más fácil de interpretar que el VPN. La TIR se expresa como una tasa de interés, que es una medida familiar para los inversores. En segundo lugar, la TIR es más sensible a los cambios en los flujos de efectivo futuros. Esto significa que es más probable que la TIR detecte los proyectos que son rentables o no rentables. (BACA URBINA, 2013)

Sin embargo, la TIR también tiene algunas desventajas. En primer lugar, la TIR puede ser difícil de calcular para proyectos con flujos de efectivo irregulares. En segundo lugar, la TIR puede ser engañosa para proyectos con un horizonte de inversión largo. Esto se debe a que la TIR se basa en los flujos de efectivo futuros, que son inciertos.

➤ **Análisis de Tasa Interna de Retorno y Valor Presente Neto**

Si la TIR es mayor que el costo de oportunidad del capital, el proyecto se considera rentable. Esto se debe a que el proyecto generará un rendimiento superior al que se podría obtener invirtiendo el capital. Por otro lado, el valor encontrado de tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR) nos da un valor de 18.91%, considerando que el beneficio de invertir en el proyecto sería rechazado por los inversores si el valor de TIR es menor, dado que los valores de TIR deben ser mayores que la tasa aceptable de rendimiento encontrada.

Los valores de valor presente neto pueden ser analizados tal como se describieron previamente, valores por debajo de 0 y mayores que 0. En la tabla 46 se muestran los cálculos encontrados de valor presente neto y la tasa interna de retorno, mediante los flujos de caja contados y descontados encontrados en la tabla 44.

Tabla 46: análisis de VPN Y TIR*Fuente: (Elaboración propia)*

Año	0	1	2	3	4	5
Flujo de caja	-C\$ 21,040,876.44	C\$ 1,419,316.45	C\$ 1,525,132.09	C\$ 1,631,587.57	C\$ 1,738,564.60	C\$ 6,923,052.62
Flujos descontados	-C\$ 21,040,876.44	C\$ 1,235,477.41	C\$ 1,155,629.46	C\$ 1,076,160.65	C\$ 998,189.80	C\$ 3,459,995.21
TIR	-11%	VPN	-C\$13,115,423.91			

Según el análisis realizado una TIR negativa indica que el proyecto genera un rendimiento inferior al que se podría obtener por tanto el proyecto no es rentable, así mismo se considera que invertir en el proyecto será rechazado, dado que la Tasa mínima aceptable de rendimiento es mucho mayor a la TIR encontrada. Igualmente se observa que el valor presente neto tiene un valor muy por debajo de 0, interpretando que el proyecto genera más costos que beneficios.

5.2.5. Escenario de sensibilidad de proyecto

Si en un escenario ficticio el margen de ganancia para la producción y comercialización de ladrillos fuera de un 31%, los valores anteriormente encontrados cambiarían la rentabilidad del proyecto, la tabla 47 muestra el precio actualizado con el nuevo margen de ganancia manteniendo los costos de ventas.

Tabla 47: Precio y costos de ventas unitarios

Cantidad	0	4500000	4608450	4719513.645	4833253.924	4949735.343
Precio		C\$ 9.73	C\$ 9.73	C\$ 9.73	C\$ 9.73	C\$ 9.73
Costos de ventas unitario		C\$ 4.67	C\$ 4.67	C\$ 4.67	C\$ 4.67	C\$ 4.67

Los análisis de los costos contables y descontables a partir de la anterior tabla, muestran datos más acercados a un valor actual neto y una tasa interna de retorno positiva, un escenario aceptable donde el proyecto es rentable, considerando los nuevos ingresos manteniendo el mismo costo de venta unitario

por ladrillo. El proyecto es sensible a estos cambios y se pueden considerar más escenarios para dar seguridad al proyecto.

Tabla 48: Análisis de los costos contables y descontables (escenario de margen de ganancia)

Fuente: (Elaboración propia)

Año	0	1	2	3	4	5
Ingresos		C\$ 43,779,123.48	C\$ 44,834,200.35	C\$ 45,914,704.58	C\$ 47,021,248.96	C\$ 48,154,461.06
Costos de ventas		C\$ 21,015,000.00	C\$ 21,521,461.50	C\$ 22,040,128.72	C\$ 22,571,295.82	C\$ 23,115,264.05
Utilidad bruta		C\$ 22,764,123.48	C\$ 23,312,738.85	C\$ 23,874,575.86	C\$ 24,449,953.14	C\$ 25,039,197.01
Costos fijos		C\$ 6,566,868.52	C\$ 6,725,130.05	C\$ 6,887,205.69	C\$ 7,053,187.34	C\$ 7,223,169.16
Gastos administrativos		C\$ 4,377,912.35	C\$ 4,483,420.04	C\$ 4,591,470.46	C\$ 4,702,124.90	C\$ 4,815,446.11
Intereses		C\$ 1,472,861.35	C\$ 1,216,744.47	C\$ 942,699.40	C\$ 649,471.18	C\$ -
Depreciación		C\$ 1,194,035.55	C\$ 1,194,035.55	C\$ 1,194,035.55	C\$ 1,194,035.55	C\$ 1,194,035.55
Utilidad antes del impuesto		C\$ 9,152,445.71	C\$ 9,693,408.75	C\$ 10,259,164.76	C\$ 10,851,134.16	C\$ 11,806,546.19
Impuesto		C\$ 1,487,272.43	C\$ 1,575,178.92	C\$ 1,667,114.27	C\$ 1,763,309.30	C\$ 1,918,563.76
Utilidad después del impuesto		C\$ 7,665,173.28	C\$ 8,118,229.83	C\$ 8,592,050.49	C\$ 9,087,824.86	C\$ 9,887,982.44
Intereses		C\$ 1,472,861.35	C\$ 1,216,744.47	C\$ 942,699.40	C\$ 649,471.18	C\$ -
Cuota		C\$ 5,131,673.97	C\$ 5,131,673.97	C\$ 5,131,673.97	C\$ 5,131,673.97	C\$ -
Depreciación		C\$ 1,194,035.55	C\$ 1,194,035.55	C\$ 1,194,035.55	C\$ 1,194,035.55	C\$ 1,194,035.55
Inversión Inicial	-C\$ 21,040,876.44					
Flujo de caja	-C\$ 21,040,876.44	C\$ 5,200,396.21	C\$ 5,397,335.88	C\$ 5,597,111.47	C\$ 5,799,657.63	C\$ 11,082,017.99
Flujos descontados	-C\$ 21,040,876.44	C\$ 4,526,807.29	C\$ 4,089,691.90	C\$ 3,691,736.33	C\$ 3,329,849.84	C\$ 5,538,558.10

Tabla 49: Tabla de análisis de VPN y TRI

Fuente: (Elaboración propia)

Año	0	1	2	3	4	5
Flujo de caja	-C\$ 21,040,876.44	C\$ 5,200,396.21	C\$ 5,397,335.88	C\$ 5,397,335.88	C\$ 5,799,657.63	C\$ 11,082,017.99
Flujos descontados	-C\$ 21,040,876.44	C\$ 4,526,807.29	C\$ 4,089,691.90	C\$ 3,691,736.33	C\$ 3,329,849.84	C\$ 5,538,558.10
VAN	C\$135,767.03	TIR	15%	PRI	3.18	

El análisis correspondiente al escenario de margen de ganancia del 31% es altamente rentable en donde se observa que el valor de TIR es de un 15%, el valor de VAN es de un 135,767.03 lo cual significa que se puede considerar invertir en el proyecto. Se reitera que los inversionistas necesitan la seguridad de invertir o no el capital, tratando de encontrar valores de TIR mayores a la Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR), por lo tanto con un valor de TIR de 15%, la inversión puede ser rechazada.

En la tabla 49 se agregó también el valor del periodo de recuperación de la inversión dando un total de 3.18 años mediante el cálculo de los flujos de caja correspondientes al año en que se piensa recuperar la inversión. Mostrando que la inversión se recupera en menor tiempo de los 5 años de vida del proyecto.

VI. CONCLUSIONES

La producción de ladrillos de Arcilla-Cemento para su uso en sistemas integrados de construcción, es una opción viable como alternativa de producción de ladrillos de Arcilla artesanales en Nicaragua, mejorando de forma técnica su resistencia mecánica a la compresión y siendo una alternativa más eco-amigable en la que se elimina la etapa de quemado del proceso.

La determinación de la variabilidad técnica mediante el dimensionamiento de los equipos, es rentable debido a la poca demanda técnica que requiere el proceso. Esto se demuestra mediante el análisis técnico de los equipos; tomando como punto de partida los balances de materia realizados y presentados en este documento. Concluyendo que la variabilidad técnica depende de dos factores, la disponibilidad de equipos en el país y el volumen de producción.

La evaluación de la rentabilidad económica del proyecto tiene un nivel de riesgo considerable, dado que la sensibilidad del proyecto muestra valores de VPN y TIR negativos, siendo estos -C\$13,115,423.91 y -11% respectivamente, considerando un margen de ganancia de 20%, para la fabricación y comercialización de ladrillos de arcilla artesanales en Nicaragua; estos valores demuestran que el proyecto genera más costos que beneficios y que por lo tanto sería rechazado, evaluando un escenario ficticio variando el parámetro de margen de ganancia a un 31% se encuentran valores positivos de VPN y TIR siendo estos C\$135,767.03 y 15% respectivamente, concluyendo que el proyecto económicamente es sensible a ciertos cambios y se necesitaría un análisis más exhaustivo en donde se obtengan valores aceptables eliminando el nivel de riesgo.

VII. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones para el análisis y dimensionamiento de los equipos usados en cada una de las etapas del proceso deberán de ser investigada de forma más detallada en los proveedores de materia prima y distribuidores de equipos nacionales para el mejoramiento de la eficiencia técnica y abaratamiento de los costos de producción.

Los costos de materia deben de ser estudiados más al detalle con los distintos proveedores del país para obtener el precio más barato y materia de calidad con la finalidad de reducir los costos por venta de materia prima, adquisición de activos fijos más viables con el propósito de reducir los indicadores económicos de VPN y TIR haciendo un escenario donde el proyecto sea rentable.

VIII. NOMENCLATURA

A: Arcilla

Ab%: Porcentaje de absorción

C: Arcilla húmeda

CF_t : Flujo Neto de efectivo

CF_0 : Inversión Inicial

D: Arcilla seca

E: Arcilla seca cernida

F: Cemento

f: Premio al riesgo

F_n : Flujo neto de efectivo

G: Mezcla de Arcilla-Cemento

H: Pasta optima

i: Inflación

Kgi: Kilogramos de arcilla iniciales

k: Tasa de referencia

PC: Pasivo circundante

AC: Activo circundante

PRI: Periodo de recuperación de inversión

R: Rechazo

RMC: Resistencia Mecánica a la compresión

TIR: Tasa interna de retorno

TMAR: Tasa mínima de rendimiento aceptable – Tasa mínima de rendimiento

VPN: Valor presente neto

W_s : Masa superficialmente seca

W_d : Masa seca

Otro símbolo

%H: Porcentaje de humedad

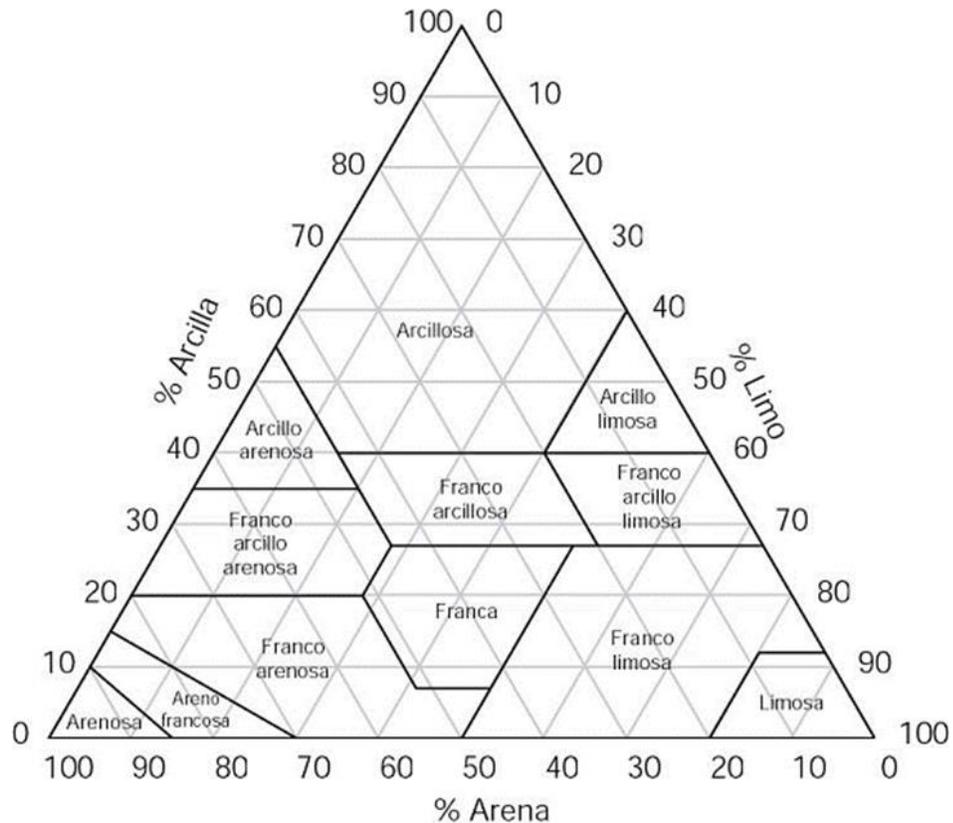
IX. BIBLIOGRAFÍA

- AGRESOTT, J. (2012). *DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO USANDO COMO ADITIVOS RESIDUOS PLASTICOS PROVENIENTES DE CHATARRA ELECTRONICA*. Cartegena: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR.
- BACA URBINA, G. (2013). *evaluación de proyectos*. Mexico D.F: MC GRAW HILL MEX.
- Caballero, A. (2023). *Efecto invernadero causa y consecuencias en el clima*. Madrid: Selectra.
- Carlos Ampié, M. P. (2017). *Evaluación de la conformidad según la norma tecnica obligatoria nicaraguense 12 008-16 en fabricas semi industriales de bloques de concreto en la ciudad de managua y propuesta metodologica de fabricación para mejorar la calidad de los mampuestos* . Managua: Universidad Centro Americana.
- Chinchón, R. (2012). *Caracterización de los ladrillos de arcilla-cemento*. México: Terra Latinoamericana.
- CONSTRUCCIÓN, A. Y. (2020).
- Fernández P., B. M. (2011). *valuación económica de proyectos: Metodología y casos prácticos*. . Madrid: Piramide.
- Gallegos, C. (2005). *ALBAÑILERÍA ESTRUCTURAL*. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Garcia, & MacGregor. (2007). *Facilities Planning and Design*. Suiza: Pearson.
- Gatani. (2000). *LADRILLOS DE SUELO-CEMENTO: MAMPUESTO TRADICIONAL EN BASE A UN MATERIAL SOSTENIBLE*. Córdoba: Universidad Nacional de Cordoba.
- GINÉS, N. G. (2003). *Química agrícola: el suelo y los elementos químicos: el suelo y los elementos químicos esenciales para la vida*. Madrid: Mundi-Prensa.

- Gitman, L. J. (2014). *Principios de administración financiera*. Naucalpan de Juárez: Pearson Educación.
- López, J. (2005). *Manual de Edafología*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- López, J. (2012). *Alternativa tecnológica para la producción artesanal de ladrillos de arcilla mediante reacciones de hidratación de mezclas de suelo – cemento*. Managua: Universidad Nacional de Ingeniería .
- López, P. (2016). *CARACTERIZACIÓN DE LADRILLOS HISTORICOS* . Madrid: Instituto de Geociencias.
- Margarita, S. ,. (2007). *Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra*. Ciudad de Mexico: Revista Digital Universitaria.
- Marsal, R. L. (1977). *Planificación y evaluación de inversiones: (manual práctico)*. Madrid: EOI Escuela de Organización Industrial.
- Morales, H. R. (2005). *CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS PARA LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES*. Ciudad de Guatemala : Universidad de San Carlos de Guatemala.
- NTON. (2018). *NORMA TÉCNICA OBLIGATORIA NICARAGÜENSE 12-008-09*. Managua: Gaceta.
- Patricio, P. M. (2015). *TRATAMIENTO DE LA INVERSIÓN EN CAPITAL DE TRABAJO EN LOS FLUJOS DE CAJA DE UN PROYECTO DE INVERSIÓN*. Biobio: Universidad del Bío Bío.
- SALDAÑA, J. (2016). *POTENCIAL DEL LADRILLO DE BARRO DE NICARAGUA*. Managua: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA.
- SANTOS, M. ,. (2009). *CARACTERIZACIÓN DE ARCILLAS Y PREPARACIÓN DE PASTAS CERÁMICAS PARA LA FABRICACIÓN DE TEJAS Y LADRILLOS EN LA REGIÓN DE BARICHARA, SANTANDER*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Toirac. (2008). *EL SUELO-CEMENTO COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN*. Santo Domingo : Ciencia y Sociedad.

X. ANEXOS

Anexo 1: Diagrama textural del suelo (López J. , 2005)



Anexo 2: Cotización de servicios de asesoría legal

Empresa: NICARAGUATORNEYS - Abogados Nilda Regina Chavarría Rosales & Asociados

Servicios:

- Asesoría legal general
- Asesoría legal en materia laboral
- Asesoría legal en materia tributaria
- Asesoría legal en materia comercial
- Asesoría legal en materia civil
- Asesoría legal en materia penal

Precios:

- Asesoría legal general: \$100 por hora
- Asesoría legal en materia laboral: \$150 por hora
- Asesoría legal en materia tributaria: \$200 por hora
- Asesoría legal en materia comercial: \$250 por hora
- Asesoría legal en materia civil: \$300 por hora

Anexo 3: Calculo de balances de materia.

Cálculo de balances de molienda

$$A = C$$

$$A = 7\% \text{ de humedad}$$

$$\text{Calculo de } A = Kgi + 0.07 * Kgi$$

Cálculo de balances de secado

$$C = D + \text{Agua } \uparrow$$

$$\text{Agua } \uparrow = \%H * C$$

$$\%H = \left(\frac{C - Kgi}{C} \right) * 100$$

$$C = D + \%H * C$$

$$C = D + \left[\left(\frac{C - Kgi}{C} \right) * 100 \right] * C$$

$$1.17 Kgi = D + 17 Kgi$$

$$Kgi = \frac{D}{15.83}$$

$$Kgi = 2.0643$$

Cálculo de balances de tamiz

$$D = E + \text{Rechazo}$$

$$\text{Rechazo} = 0.06 * D$$

Cálculo de balances de mezclado

$$G = F + E$$

1: 4 *Proporción de cemento/arcilla*

$$\frac{1}{4} = \frac{\text{Cemento}}{\text{arcilla}}; \text{Arcilla} = 4 \text{ Cemento}$$

$$G = F + E = \text{Cemento} + \text{Arcilla} = \text{Cemento} + (4 * \text{Cemento})$$

$$(5 * \text{Cemento}) = G$$

$$\text{Cemento} = \frac{G}{5}$$

Cálculo de balances de amasado

$$G + \text{Agua} = H$$

$$\%Ab = \left(\frac{W_s - W_d}{W_d} \right) * 100 = 14.17\%$$

$$W_s - W_d = 0.1417W_d$$

$$W_d = \frac{3}{1.1417} = 2.627$$

$$G = \text{Mezcla de arcilla - cemento} = 2.627 \text{ Kg}$$

$$H = 3 \text{ Kg}; \text{Agua} = 0.673 \text{ Kg}$$

Anexo 4: Ficha técnica de equipos

- Equipos usados en el área de molienda y tamiz

FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS			
Preparado por:	Ajustada por:	Aprobado por:	Fecha de elaboración
Natanael López	Adrian Tinoco	Rolando G	2/9/2023
MAQUINA	Molino de bolas		FECHA DE COMPRA No registrada
MODELO	MG600*1200		
MARCA	XKJ		
SERIAL	No registrada		
COD DE INVENTARIO	No registrada		
			CARACTERÍSTICAS GENERALES
			PESO: 9610 Kg
			ALTURA: 2455 mm
			ANCHO: 1655 mm
			LARGO: 1038 mm
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			
Modelo	MG600*1200		
Tensión	220 /380 V		
Alimentación	7.5 Kw		
Peso	9610 kg		
Capacidad	1 -20 Ton/h		
FUNCIÓN			
<p>Es un equipo que utiliza bolas de metal para moler materiales. El material a moler se introduce en un tambor cilíndrico que gira a alta velocidad. Las bolas chocan contra el material y lo rompen en trozos más pequeños. El grado de molienda se puede controlar ajustando el tamaño de las bolas y la velocidad de rotación del tambor.</p>			
MANTENIMIENTO: Cada 6 meses o anual			

FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS			
Preparado por:	Ajustada por:	Aprobado por:	Fecha de elaboración
Natanael López	Adrian Tinoco	Rolando G	2/9/2023
MAQUINA	Tamiz		FECHA DE COMPRA No registrada
MODELO	HW6203		
MARCA	HW		
SERIAL	No registrada		
COD DE INVENTARIO	No registrada		
			CARACTERÍSTICAS GENERALES
			PESO: 11000 Kg
			ALTURA: 1930 mm
			ANCHO: 1200 mm
			LARGO: 1200 mm
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			
Modelo	HW6203		
Tensión	220 V		
Alimentación	30 Kw		
Peso	11000 kg		
Capacidad	1 - 10 Ton/h		
FUNCIÓN			
<p>Es un dispositivo que se utiliza para separar materiales de diferentes tamaños tiene una superficie perforada con agujeros de diferentes tamaños. El material se agita sobre el tamiz y los trozos más pequeños pasan a través de los agujeros, mientras que los trozos más grandes quedan en la superficie del tamiz.</p>			
MANTENIMIENTO: Cada 6 meses o anual			

FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS			
Preparado por:	Ajustada por:	Aprobado por:	Fecha de elaboración
Natanael López	Adrian Tinoco	Rolando G	2/9/2023
MAQUINA	Cargador retroexcavadora		FECHA DE COMPRA No registrada
MODELO	Liondi D25-30		
MARCA	Liondi		
SERIAL	No registrada		
COD DE INVENTARIO	No registrada		
			CARACTERÍSTICAS GENERALES
			PESO: 6000 Kg
			ALTURA: 6800 mm
			ANCHO: 2040 mm
			LARGO: 2850 mm
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			
Modelo	Liondi D25-30		
Tensión	-		
Alimentación	92 Kw		
Peso	11000 kg		
Capacidad	1.5 m3		
FUNCIÓN			
<p>Una cargadora retroexcavadora es una máquina de construcción pesada que combina las funciones de una cargadora frontal y una excavadora. Tiene un brazo articulado que se extiende hacia adelante para cargar material o hacia atrás para excavar.</p>			
MANTENIMIENTO: Cada 6 meses o anual			

- Equipos usados en el área de mezclado

FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS			
Preparado por:	Ajustada por:	Aprobado por:	Fecha de elaboración
Natanael López	Adrian Tinoco	Rolando G	3/9/2023
MAQUINA	Mixer Seco	FECHA DE COMPRA	No registrada
MODELO	JMZ 500		
MARCA	Dasion		
SERIAL	No registrada		
COD DE INVENTARIO	No registrada		
		CARACTERÍSTICAS GENERALES	
		PESO: 1500 kg	
		ALTURA: 2810 mm	
		ANCHO: 2240 mm	
		LARGO: 3070 mm	
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			
Modelo	JMZ 500		
Tensión	220 /380 V		
Alimentación	11 Kw		
Peso	1500 kg		
Capacidad	20 m3/h		
FUNCIÓN			
<p>Es una máquina que se utiliza para mezclar cemento, arena y agua para formar hormigón. El mezclador tiene un tambor giratorio que contiene los ingredientes del hormigón. Los ingredientes se mezclan con fuerza para crear un hormigón homogéneo. El hormigón se descarga del mezclador y se utiliza para construir estructuras.</p>			
MANTENIMIENTO: Cada 6 meses o anual			

- Equipos usados en el área de compactación

FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS			
Preparado por:	Ajustada por:	Aprobado por:	Fecha de elaboración
Natanael López	Adrian Tinoco	Rolando G	3/9/2023
MAQUINA	Hollow Block Making Machine	FECHA DE COMPRA	No registrada
MODELO	QT12-15		
MARCA	HF		
SERIAL	No registrada		
COD DE INVENTARIO	No registrada		
			CARACTERÍSTICAS GENERALES
			PESO: 12500kg
			ALTURA: 9350 mm
			ANCHO: 2520 mm
			LARGO: 2950 mm
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			
Modelo	QT12-15		
Tensión	220/440 V		
Alimentación	70.5 Kw		
Peso	12500 kg		
Capacidad	1008 PCS/h		
FUNCIÓN			
Es una moldeadora sirve para hacer bloques por compactación			
MANTENIMIENTO: Cada 6 meses			

- Equipos usados en el área de curado y acopio

FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS			
Preparado por:	Ajustada por:	Aprobado por:	Fecha de elaboración
Natanael López	Adrian Tinoco	Rolando G	3/9/2023
MAQUINA	Aspersor		FECHA DE COMPRA No registrada
MODELO	360 Gear Drive		
MARCA	Yibiyuan oem		
SERIAL	No registrada		
COD DE INVENTARIO	No registrada		
			CARACTERÍSTICAS GENERALES
			PESO: 8 kg
			ALTURA: 730 mm
			ANCHO: 210 mm
			LARGO: 190 mm
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			
Modelo	360 Gear Drive		
Tensión	-		
Alimentación	-		
Peso	-		
Capacidad	21-107.9m ³ /h		
FUNCIÓN			
<p>EL aspersor 360 Gear tiene la capacidad de que atomizar muy bien el agua para hidratar los bloques a producir</p>			
MANTENIMIENTO: Cada 6 meses o anual			

- Equipos usados en el área de almacenado

FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS			
Preparado por:	Ajustada por:	Aprobado por:	Fecha de elaboración
Natanael López	Adrian Tinoco	Rolando G	3/9/2023
MAQUINA	Montacargas		FECHA DE COMPRA No registrada
MODELO	FG35T		
MARCA	HIFOUNE		
SERIAL	No registrada		
COD DE INVENTARIO	No registrada		
			CARACTERÍSTICAS GENERALES
			PESO: 4380 kg
			ALTURA: 1220 mm
			ANCHO: 210 mm
			LARGO: 100 mm
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			
Modelo	FG35T		
Tensión	Diesel		
Alimentación	12 Kw		
Peso	4 ton		
Capacidad	10 ton		
FUNCIÓN			
Levantar paneles para transportar los productos por las distintas zonas de la planta de producción			
MANTENIMIENTO: Cada 6 meses o anual			

- Equipos Soporte Técnico (EST)

FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS			
Preparado por:	Ajustada por:	Aprobado por:	Fecha de elaboración
Natanael López	Adrian Tinoco	Rolando G	3/9/2023
MAQUINA	Carretilla y pala		FECHA DE COMPRA No registrada
MODELO	-		
MARCA	Truper		
SERIAL	No registrada		
COD DE INVENTARIO	No registrada		
			CARACTERÍSTICAS GENERALES
			PESO: -
			ALTURA: -
			ANCHO: -
			LARGO: -
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			
Modelo	-		
Tensión	-		
Alimentación	-		
Peso	-		
Capacidad	-		
FUNCIÓN			
Pala y carretilla para auxiliar las operaciones dirías			
MANTENIMIENTO: Sin mantenimiento			

Anexo 5

1. Análisis de mercado

1.1. Definición del producto

El ladrillo de arcilla-cemento es un ladrillo con idénticas dimensiones que el ladrillo cocido común: 12,5 x 25,5 x 5,5 cm, empleado en la tradicional ejecución de mamposterías. La diferencia entre la producción de un ladrillo cocido tradicional y un ladrillo de arcilla-cemento presentado en este documento, radica en el procedimiento de obtención. Éste es realizado mediante estabilización y prensado del suelo, utilizando la tierra no fértil como materia prima; a diferencia del proceso de extracción de la capa superficial del suelo, amasado, moldeo y cocción de los mismos con un elevado consumo energético, lo que nos lleva a afirmar que el ladrillo propuesto es un "ladrillo ecológico": la tierra no se cuece, sino que es estabilizada a partir de la adición de cemento; éste actúa sobre el suelo, modificando el comportamiento de sus partículas y mejorando su estabilidad, transformando la masa resultante en una estructura difícil de alterar y de mejor resistencia con respecto a un suelo natural. Sus principales características son:

- Se pueden utilizar para la realización de mamposterías de ladrillos con la misma técnica que la mampostería tradicional de ladrillos a la vista, junta enrasada o para revocar.
- En su composición no interviene tierra proveniente de la capa fértil (tierra negra), ya que esta no resulta apta para la reacción con el cemento y su posterior endurecimiento. Por el contrario, son más adecuadas aquellas que, en su composición, contienen un alto porcentaje de arena, una escasa cantidad de limo y un nulo contenido de humus.
- Su fabricación es similar a la de bloques de cemento, ya que las etapas de producción son similares.

- El costo del ladrillo es reducido. Se limita al costo del cemento si es realizado por auto constructores, con el apoyo de municipios, cooperativas, etc.
- Cada ladrillo de arcilla-cemento es ligeramente más pesado que un ladrillo cocido tradicional.
- Presentan una menor capacidad higroscópica que un ladrillo común: un ladrillo de arcilla-cemento absorbe 10 veces menos agua que un ladrillo cocido tradicional.

1.2. Calidad del producto

La calidad de los ladrillos Arcilla-Cemento en comparación con los ladrillos cocidos tradicionales tiene el enfoque de utilizar el cemento como agente estabilizante del suelo, eliminando así la necesidad de la cocción que genera altas emisiones de dióxido de carbono. Analizando las propiedades fisicoquímicas del método usado en este documento se demuestra que es posible obtener ladrillos de alta calidad, destacando su viabilidad y ventajas ecológicas en comparación con los ladrillos cocidos convencionales.

Los ladrillos de arcilla-cemento exhibieron una mayor Resistencia Mecánica a la Compresión (RMC), una menor absorción y un mejor peso unitario. Estos resultados demuestran la viabilidad y las ventajas de utilizar la técnica de arcilla-cemento en la producción de ladrillos de alta calidad, evitando la necesidad de cocción y reduciendo las emisiones de dióxido de carbono.

Entre las propiedades fisicomecánicas de los ladrillos elaborados a partir de la mezcla Arcilla-Cemento en La Paz Centro se demostró que existe una gran diferencia de casi 3 MPa en la RMC, casi un 10% de absorción menos en comparación con los ladrillos cocidos. (López J. , 2012)

Los resultados de la prueba de calidad en el trabajo de (López J. , 2012) demostraron que la RMC a los 28 días mostraba incrementos significativos para relaciones bajas de arcilla cemento de 1/4 alcanzando resistencias mecánicas superior a los 12 MPa en comparación a los ladrillos cocidos, recalando que la calidad que los ladrillos fabricados a partir de esta mezcla son superiores a los ladrillos convencionales.

1.3. Uso del producto

Este puede ser usado para la construcción de interiores de muros, también existen otros usos de este material en construcciones decorativas. El uso de los ladrillos de arcilla-cemento en la mampostería tradicional ofrece beneficios significativos. Estos ladrillos, fabricados utilizando la técnica de arcilla-cemento, presentan una calidad superior en comparación con los ladrillos cocidos convencionales. Su mayor resistencia mecánica, menor absorción y mejor peso unitario los convierten en una opción confiable y duradera para la construcción de estructuras de mampostería. Además, al eliminar la necesidad de cocción, se reduce el impacto ambiental al disminuir las emisiones de dióxido de carbono. En resumen, los ladrillos de arcilla-cemento ofrecen una alternativa eficiente y sostenible para la mampostería tradicional.

1.4. Consumidores

Nuestros principales consumidores van de la mano con la demanda de ladrillos de arcilla en Nicaragua la cual ha experimentado un crecimiento constante en los últimos años, pasando de un promedio de 400,000 unidades mensuales en 2016 a más de 600,000 unidades mensuales en 2022. Los bancos y el gobierno de actual mantienen una creciente actividad en la construcción de viviendas y edificios comerciales en todo el país, especialmente en las áreas urbanas. Los ladrillos de arcilla son una alternativa más económica y sostenible a los materiales de construcción tradicionales, lo que ha impulsado su demanda entre los

constructores y propietarios de viviendas. Es por ello que nosotros como empresa nos acoplaremos a la demanda de construcciones de viviendas, por medio de empresas de construcción y proyectos a gran escala del gobierno y bancos locales, con esto nos aseguramos que la producción sea en dependencia de la magnitud del proyecto y de igual forma consumidores nacionales que estén en busca de alternativas de construcción más eco amigables.

1.5. Comercialización

En términos de producción, según datos del Banco Central de Nicaragua, la producción de ladrillos de arcilla ha experimentado un crecimiento constante en los últimos años, pasando de 640 millones de unidades en 2016 a 845 millones en 2021. Este aumento en la producción puede atribuirse a la creciente demanda de materiales de construcción en el país. En cuanto a la población, Nicaragua ha experimentado un crecimiento demográfico moderado en los últimos años, lo que puede haber influido en la demanda de ladrillos de arcilla para la construcción de viviendas y edificios. En 2016, la población de Nicaragua era de alrededor de 6,2 millones de habitantes, mientras que en 2021 se estima que es de 6,6 millones de habitantes, según datos del Banco Mundial.

Los principales clientes del mercado de ladrillos de arcilla son empresas constructoras, desarrolladores de viviendas, propietarios de tierras y personas que construyen sus propias casas. El sector de la construcción es el principal motor del mercado de ladrillos de arcilla, y se espera que el aumento de la construcción de viviendas y edificios comerciales impulse la demanda de ladrillos en los próximos años. La comercialización del ladrillo de arcilla tiene algunas particularidades, como la fuerte competencia en precios entre los productores y la necesidad de adaptarse a las tendencias del mercado para seguir siendo competitivos. Además, la calidad del ladrillo y la eficiencia en la producción son factores clave para atraer a los compradores. Hay una gran oportunidad en el mercado de la construcción para las empresas de ladrillos de arcilla. El país tiene

un gran déficit habitacional y hay una gran demanda de viviendas económicas. Además, la construcción de infraestructura pública, como carreteras y puentes, también genera una gran demanda de materiales de construcción como el ladrillo de arcilla. La comercialización del ladrillo vendrá de la mano con empresa de construcción, desarrollo de viviendas y personas particulares a quienes se les ofrecerá pallets de 50,100 y pallets de hasta de 1000 ladrillos. Y esto también estará en dependencia de la magnitud del proyecto.