



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL DISEÑO DE UNA LÍNEA
DE PRODUCCIÓN DE BALDOSAS REFRACTARIAS**

Sabina Solís Martínez Sobral

Asesorado por el Ing. Jaime Roberto Ruiz Díaz

Guatemala, septiembre de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL DISEÑO DE UNA LÍNEA
DE PRODUCCIÓN DE BALDOSAS REFRACTARIAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

SABINA SOLÍS MARTÍNEZ SOBRAL

ASESORADO POR EL ING. JAIME ROBERTO RUIZ DÍAZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
EXAMINADORA	Inga. Priscila Yohana Sandoval Barrios
EXAMINADORA	Inga. Karla Lizbeth Martínez Vargas
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL DISEÑO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE BALDOSAS REFRACTARIAS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 24 de noviembre de 2014.


Sabina Solís Martínez Sobral

Guatemala, 14 de abril de 2015

Ingeniero
Cesar Ernesto Urquizú Rodas
Director de Escuela de Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Urquizú:

Por este medio le envío mi dictamen de aprobación del informe final del trabajo de graduación titulado: **"ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL DISEÑO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE BALDOSAS REFRACTARIAS"**. Trabajo final de graduación que podrá continuar el proceso requerido por la estudiante **Sabina Solís Martínez Sobral** quien se identifica con carné número **201022792**, estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial y es asesorado por mi persona.

Sin otro particular, me suscribo usted.

Atentamente,



Jaime Roberto Ruiz Días
Ingeniero Industrial
Col. 5182

Ing. Jaime Roberto Ruiz Días
Colegiado No. 5182



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL DISEÑO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE BALDOSAS REFRACTARIAS**, presentado por la estudiante universitaria **Sabina Solís Martínez Sobral**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Roberto Valle González
Ingeniero Industrial
Colegiado 2605

Ing. Roberto Valle González
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Ing. Roberto Valle González
Ingeniero Industrial
Colegiado 2605

Guatemala, junio de 2015.

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL DISEÑO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE BALDOSAS REFRACTARIAS**, presentado por la estudiante universitaria **Sabina Solís Martínez Sobral**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, septiembre de 2015.

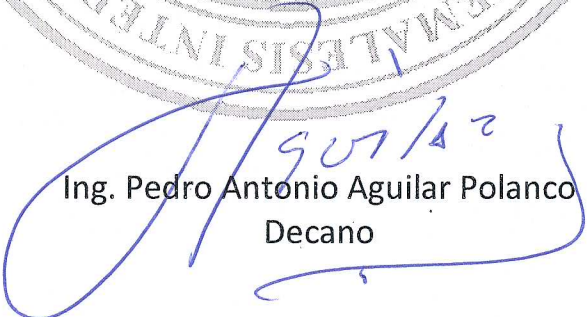
/mgp



DTG. 479.2015

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL DISEÑO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE BALDOSAS REFRACTARIAS**, presentado por la estudiante universitaria: **Sabina Solís Martínez Sobral**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, septiembre de 2015

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por el privilegio de la vida y salud para cumplir mis metas.
- Mis padres** Mara Martínez-Sobral y Ricardo Solís, por todo lo que me han enseñado y por apoyarme en mis decisiones.
- Mi hermana** Sara Solís, por su ayuda y apoyo incondicional en cualquier situación y ser un ejemplo a seguir.
- Mi novio** Rodrigo Castro, por su apoyo desde el inicio de mis estudios y por motivarme a ser una mejor persona cada día.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Alma máter, que me brindó la oportunidad de realizar mis estudios profesionales.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme los conocimientos profesionales de ingeniería.
Mi asesor	Ing. Jaime Roberto Ruiz, por su ayuda en el presente trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. ESTUDIO DE MERCADO	1
1.1. Caracterización del producto	1
1.1.1. Definición del producto que ofrece la empresa.....	1
1.1.2. Embalaje del producto	3
1.2. Análisis de la demanda y oferta.....	3
1.2.1. Características de segmento del mercado	4
1.2.2. Estudio de la demanda	4
1.2.3. Estudio de la oferta.....	5
1.2.4. Mercado potencial	8
1.3. Selección del sistema de distribución.....	8
1.4. Precio del producto.....	9
2. ESTUDIO TÉCNICO	11
2.1. Localización.....	11
2.1.1. Macrolocalización	11
2.1.2. Microlocalización	12
2.2. Descripción del proceso de producción.....	12
2.2.1. Tipo de proceso.....	12

2.2.2.	Actividades del proceso	12
2.2.3.	Diagrama de operaciones	15
2.3.	Capacidad instalada.....	21
2.4.	Materia prima e insumos	22
2.4.1.	Concreto refractario.....	22
2.4.2.	Agua potable	23
2.4.3.	Lubricante.....	24
2.5.	Maquinaria	24
2.6.	Equipo y herramientas	29
2.6.1.	Equipo	29
2.6.2.	Herramientas.....	31
2.7.	Mobiliario.....	32
2.8.	Mano de obra	33
2.9.	Control de calidad	33
2.10.	Distribución de la planta	38
2.11.	Seguridad e higiene	39
3.	ESTUDIO ADMINISTRATIVO–LEGAL	41
3.1.	Administrativo.....	41
3.1.1.	Estructura organizacional	41
3.1.2.	Perfiles de puesto.....	42
3.1.3.	Descripciones de puesto	43
3.2.	Legal	45
3.2.1.	Contratación de personal	45
3.2.2.	Régimen de la empresa	47
4.	ESTUDIO AMBIENTAL.....	49
4.1.	Evaluación del impacto ambiental.....	49
4.2.	Mitigación	52

4.2.1.	Plan de manejo de desechos.....	53
4.2.2.	Plan de tratamiento de agua.....	53
5.	ESTUDIO ECONÓMICO.....	57
5.1.	Costos de inversión.....	57
5.1.1.	Maquinaria.....	57
5.1.2.	Equipo.....	58
5.1.3.	Instalación.....	59
5.2.	Costos de producción.....	61
5.2.1.	Mano de obra directa.....	61
5.2.2.	Materia prima.....	62
5.2.3.	Gastos de fabricación.....	62
6.	ESTUDIO FINANCIERO.....	67
6.1.	Flujo de efectivo del proyecto.....	67
6.1.1.	Ingresos.....	67
6.1.2.	Egresos.....	69
6.2.	Evaluación financiera del proyecto.....	72
6.2.1.	Punto de equilibrio.....	72
6.2.2.	Valor presente neto.....	75
6.2.3.	Relación beneficio–costo.....	76
6.2.4.	Tasa interna de retorno.....	77
6.2.5.	Tasa mínima aceptable de rendimiento.....	78
	CONCLUSIONES.....	81
	RECOMENDACIONES.....	85
	BIBLIOGRAFÍA.....	87
	APÉNDICES.....	89
	ANEXOS.....	93

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Diseño de baldosas refractarias (medidas en pulgadas).....	2
2.	Participación en el mercado actual	5
3.	División del mercado	6
4.	Mercado meta	8
5.	Canal de distribución.....	9
6.	DOP núm. 1	16
7.	DOP núm. 2	17
8.	DOP núm. 3	18
9.	DOP núm. 4	19
10.	DOP núm. 5	20
11.	Imagen concreto refractario	23
12.	Mezcladora satelital.....	25
13.	Vibrador para concreto.....	26
14.	Báscula digital	27
15.	Montacargas	28
16.	Moldes para baldosas refractarias	29
17.	<i>Pallet truck</i>	31
18.	Transportadora de rodillos sin transmisión.....	33
19.	Letras código para el tamaño de la muestra (MIL STD 105E)	36
20.	Tabla para inspección reducida: muestreo simple (MIL STD 105E)	37
21.	Diagrama de recorrido (medidas en metros).....	38
22.	Organigrama de la empresa.....	42
23.	Flujo de caja.....	71

TABLAS

I.	Distribución de baldosas refractarias	3
II.	Ventas anuales de las baldosas refractarias	5
III.	Foda de la competencia.....	7
IV.	Precio de baldosas refractarias.....	9
V.	Precio unitario de baldosas refractarias importadas	10
VI.	Descripción de recorrido	38
VII.	Tipos de extintores.....	40
VIII.	Ponderación para matriz de Leopold	50
IX.	Matriz de Leopold	50
X.	Costos de equipo	58
XI.	Costos de instalación.....	60
XII.	Resumen costos totales de inversión	60
XIII.	Cálculo MOD	61
XIV.	Cálculo MOI	63
XV.	Detalle gastos de fabricación	65
XVI.	Resumen costos totales de producción (Q)	66
XVII.	Proyección del precio de baldosas refractarias	68
XVIII.	Demanda anual de baldosas refractarias	68
XIX.	Ingreso anual	68
XX.	Costo unitario de baldosas refractarias.....	69
XXI.	Egreso total.....	69
XXII.	Utilidad neta.....	70
XXIII.	Datos para punto de equilibrio	72
XXIV.	Cálculos para punto de equilibrio I.....	73
XXV.	Cálculos para punto de equilibrio II.....	73
XXVI.	Punto de equilibrio (PE)	74
XXVII.	Valor presente de ingresos	75

XXVIII.	Valor presente de egresos	75
XXIX.	Tasa interna de retorno	78

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
HP	Caballos de fuerza
LPG	Gas propano líquido
Kg	Kilogramo
m	Metro
mm	Milímetro
N/mm²	Newton por milímetro cuadrado
%	Porcentaje
PE	Punto de equilibrio
Q	Quetzales
RLI	Residuos líquidos industriales
rpm	Revoluciones por minuto

GLOSARIO

Alúmina	Óxido de aluminio Al_2O_3 que se halla en la naturaleza puro y cristalizado.
Bauxita	Roca sedimentaria la cual tiene un alto contenido de alúmina, que ha sufrido grandes presiones a través del tiempo; es de las rocas principales de las cuales se extrae la alúmina.
Bunker	Combustible que se obtiene en la destilación de petróleo.
Foda	Metodología en la cual se hace un análisis de una empresa o proyecto de sus características internas (debilidades y fortalezas) y externas (amenazas y oportunidades).
ISR	Impuesto sobre la renta.
IVA	Impuesto al valor agregado.
Military Standard 105E	Sistema de muestreo de aceptación por atributos, es la quinta versión.
NCA	Nivel de calidad aceptable.

Oreado	Secar o extraer la humedad haciendo que le del aire.
<i>Pallet truck</i>	Herramienta que se utiliza para mover y levantar tarimas pesadas.
PEPS	Método de inventario que consiste en utilizar aquellos productos que entraron primero (primero en entrar primero en salir).
TMAR	Tasa mínima aceptable de rendimiento.
<i>US standardized mesh 50</i>	Malla estandarizada que se usa para determinar el tamaño de las partículas.
<i>Wipe</i>	Retazos de tela reciclados que se utilizan para limpiar superficies. Palabra en inglés que significa limpiar.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación es un estudio de factibilidad para la implementación de una línea de producción de baldosas refractarias, para una empresa que se dedica a materiales refractarios y aislantes.

En los primeros dos capítulos se describe el estudio de mercado y técnico, en el cual se realizó un análisis de la demanda y oferta, así como del producto a producir. Se estableció el tipo de línea de producción; como también qué maquinaria es necesaria, cuántos operarios se necesitan y capacidad instalada.

El tercer capítulo describe el estudio administrativo–legal, donde se establecieron los perfiles de puesto, las condiciones del patrono y trabajador, según lo estipulado en el Código de Trabajo. En el cuarto capítulo se encuentra el análisis ambiental; mostrando la viabilidad del proyecto al considerar las variaciones que este tendrá en el medio ambiente.

Por último se presenta el estudio económico y financiero, en donde se indican todos los costos en que se incurrirá para la implementación y operación de la línea de producción. Asimismo, se hicieron cálculos financieros, como el valor presente neto, relación beneficio-costos, flujo efectivo y punto de equilibrio, en los cuales se apoyó para determinar que la implementación de la línea de producción de baldosas refractarias es posible.

OBJETIVOS

General

Diseñar una línea de producción para fabricar baldosas refractarias.

Específicos

1. Analizar la oferta y demanda para la comercialización de las baldosas refractarias.
2. Determinar las especificaciones del producto a fabricar.
3. Establecer el proceso para la fabricación de las baldosas refractarias.
4. Analizar la capacidad instalada que tendrá la línea de producción.
5. Evaluar cuáles son las máquinas necesarias y adecuadas para el proceso.
6. Establecer los controles de calidad que deben ser implementados.
7. Determinar los costos de inversión y operación de la línea de producción de baldosas refractarias.

INTRODUCCIÓN

Los materiales refractarios se caracterizan por mantener estable su naturaleza mineralógica y propiedades físicas, cuando son sometidos a altas temperaturas o cambios bruscos de temperatura, conocido como choques térmicos. Gracias a estas y otras características hace que una de sus principales funciones sea la protección de equipos o estructuras que están expuestos a elevadas temperaturas; con esto también se busca alcanzar la máxima eficiencia térmica posible.

El inicio de la utilización de los refractarios está estrechamente relacionado con la historia de la alfarería. En el último siglo hubo un significativo desarrollo en los materiales refractarios debido al crecimiento de las industrias de cerámica, hierro, metales no ferrosos y vidrio; las cuales requerían de este material para la construcción de sus hornos y manipulación de materiales extremadamente calientes.

La producción de materiales refractarios, en sus comienzos, se limitaba a ciertos tipos de ladrillos que se utilizaban en una variedad de aplicaciones; pero luego las industrias empezaron a tener aumento en la demanda, lo que obligó a construir hornos de mayor tamaño que ejercían mayores cargas (presión) y tensiones, debido a estar sometido a temperaturas altas y variedad de combustibles sólidos y líquidos.

Tomando en cuenta lo anterior, y que el material refractario estaba expuesto a la abrasión, corrosión y erosión; la solución fue desarrollar nuevos productos refractarios especiales que soportaban condiciones extremas.

El consumo de refractarios en Guatemala, en la actualidad, se distribuyen en grandes industrias, teniendo el mayor porcentaje de consumo a la agroindustria, seguida por las industrias de acero, vidrio, cerámica, cemento, de generación eléctrica por medio de derivados de petróleo, biomasa, carbón mineral y geotérmica, e industrias pequeñas que utilizan calderas de paquete para generar vapor, las cuales forman un pequeño porcentaje del mercado.

Los productos refractarios densos y aislantes tienen un amplio campo de aplicación, se utilizan como revestimientos y recubrimiento de hornos industriales, calderas, incineradores, cubilotes, laminadoras, entre otras, que alcanzan temperaturas desde 1 000 °C o más. Siempre que exista un calor confinado es necesario la utilización de refractarios y aislantes.

Como se ha mencionado anteriormente, existe una gran cantidad de productos refractarios especiales, entre ellos se encuentra las piezas como las baldosas refractarias; estas son hechas de arcilla prensada que luego es calcinada o de concreto refractario denso y tienen grandes aplicaciones en la industria, como revestimiento de paredes, pisos y techos de hornos. Las ventajas de utilizar baldosas *versus* ladrillos densos son su facilidad y rapidez de fabricación, ya sea en fábrica o en el sitio de la obra, no necesitan ser prensados ni calcinados, pues su cemento cálcico aluminoso le da la resistencia mecánica necesaria para su aplicación debido al fraguado.

La empresa, la cual se dedica a materiales refractarios y aislantes, está interesada en la fabricación de baldosas refractarias en Guatemala, para lo cual es necesario conocer si cuenta con todos los recursos y equipos para su implementación. El abordaje se llevará a cabo con un estudio de factibilidad, el cual se desarrolla en seis estudios.

1. ESTUDIO DE MERCADO

1.1. Caracterización del producto

Dentro de la caracterización del producto se determinan las exigencias técnicas de diseño, térmicas, densidad y composición mineralógica de las baldosas que serán fabricadas, las cuales corresponden al grupo de piezas especiales de los refractarios. A continuación se describirá detalladamente qué son las baldosas refractarias, los diseños, de qué están fabricadas, su aplicación y presentación.

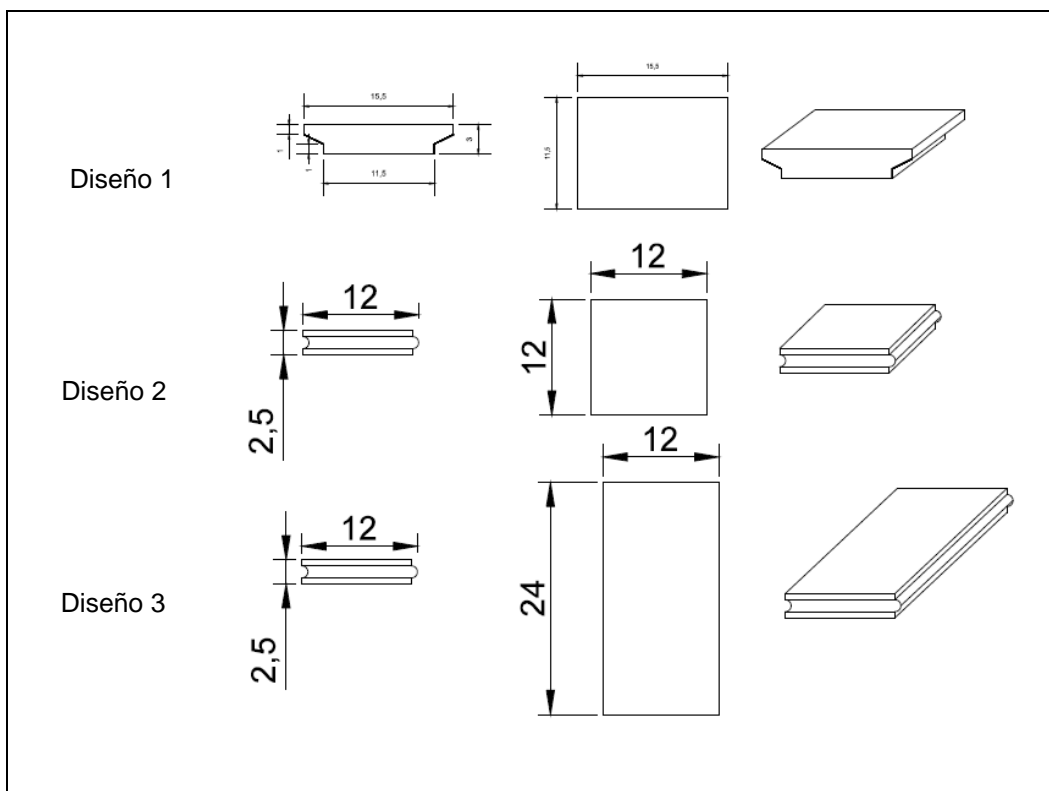
1.1.1. Definición del producto que ofrece la empresa

Las baldosas refractarias son losetas o piezas especiales refractarias que se utilizan en una gran cantidad de industrias para el revestimiento refractario donde existe el calor confinado. Se utilizan baldosas de diferentes diseños (largo, ancho, espesor y sistema de ensamble), para el revestimiento de pisos, paredes y techos de hornos. Estas baldosas se diseñan para lograr una sola superficie sólida, uniforme y lisa por medio de la sucesión de piezas encajadas entre sí. Se utilizan, específicamente, cuando no se tiene un sistema de anclaje apropiado para una fundición en sitio y cuando el horno sufre expansiones y contracciones importantes debido a los choques térmicos o extremas temperaturas.

Se trabajarán tres diseños de baldosas refractarias que se adecúan a las exigencias del mercado local. Los espesores de las baldosas son diseñados para resistir y trabajar en diferentes temperaturas de exigencia. Las baldosas con 3” de espesor son diseñadas para los pisos de los hornos (las demás dimensiones

de esta baldosa son detalladas posteriormente). Estas suelen ser de mayor espesor para resistir el peso de los materiales a hornear y el peso de los operarios cuando ingresan al horno a realizar algún mantenimiento. Las baldosas de 2,5" de espesor de 12"x12" son diseñadas para las paredes de los hornos. Las baldosas de 2,5" de espesor de 12"x24" son únicamente diseñadas para techos de hornos. Estas últimas son más frágiles por su gran tamaño, por lo que no deben sufrir ningún tipo de carga mecánica.

Figura 1. **Diseño de baldosas refractarias (medidas en pulgadas)**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2014.

1.1.2. Embalaje del producto

Las baldosas serán almacenadas y transportadas sobre tarimas de madera de 40 por 48 pulgadas. Para las baldosas biseladas (diseño 1) se podrán poner 59 en una tarima; para las cuadradas (diseño 2) son 76 por tarima; de las rectangulares (diseño 3) son 38 por tarima.

La cantidad de baldosas por tarima es limitada por la capacidad que tiene la tarima de madera de soportar peso, siendo este hasta 1 000 kilogramos en carga dinámica y 1 500 kilogramos en carga estática.

Tabla I. **Distribución de baldosas refractarias**

Cantidad de baldosas por tarima	Diseño 1	Diseño 2	Diseño 3
Acostadas (unidades)	9	9	4
Altura (núm. de filas)	7	9	10
Total (unidades)	59	76	38
Peso (Kg)	992,97	988,76	988,76

Fuente: elaboración propia.

1.2. Análisis de la demanda y oferta

La finalidad del análisis es determinar la situación actual del mercado, a quienes se les venderán las baldosas refractarias, para que sea rentable la implementación de la línea de producción para la empresa.

1.2.1. Características de segmento del mercado

El mercado para estos tipos de baldosas son ingenios azucareros, extractoras de minerales, industrias de metalurgia, generadores de energía eléctrica, industrias de cerámica y extractores de aceite, que conforman un total de 29 clientes potenciales en Guatemala.

Para industrias que trabajan, específicamente con hornos industriales de paredes rectas, los cuales operan a una temperatura máxima de 1 350 °C. También cabe destacar que las baldosas están diseñadas para operar con combustibles sólidos como la biomasa o carbón mineral, combustibles líquidos como el bunker, diésel, aceite quemado y combustibles gaseosos como LPG.

1.2.2. Estudio de la demanda

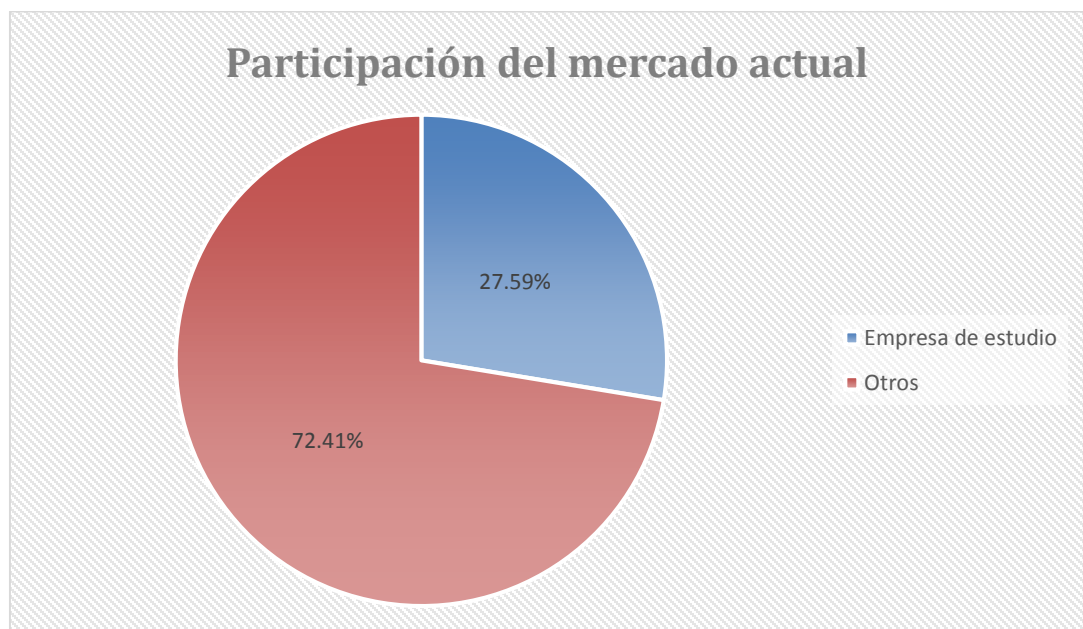
Actualmente se venden baldosas refractarias importadas a 8 clientes, siendo este el 27,6 por ciento del mercado total. De las ventas históricas del mes de enero a diciembre del 2012, 2013 y 2014, teniendo un total anual de 3 560, 3 621 y 3 726 baldosas refractarias respectivamente. Analizando las ventas históricas se observó que hay una tendencia en las ventas en los tres diferentes diseños de baldosas refractarias. Para la biselada (diseño 1) del 40 por ciento, para la cuadrada (diseño 2) del 35 por ciento y para la rectangular (diseño 3) del 25 por ciento de las ventas.

Tabla II. **Ventas anuales de las baldosas refractarias**

Ventas (unidades)	2012	2013	2014
Diseño 1	1 430	1 450	1 495
Diseño 2	1 240	1 266	1 300
Diseño 3	890	905	931
Total unidades	3 560	3 621	3 726

Fuente: elaboración propia, con datos históricos de la empresa de estudio.

Figura 2. **Participación en el mercado actual**



Fuente: elaboración propia.

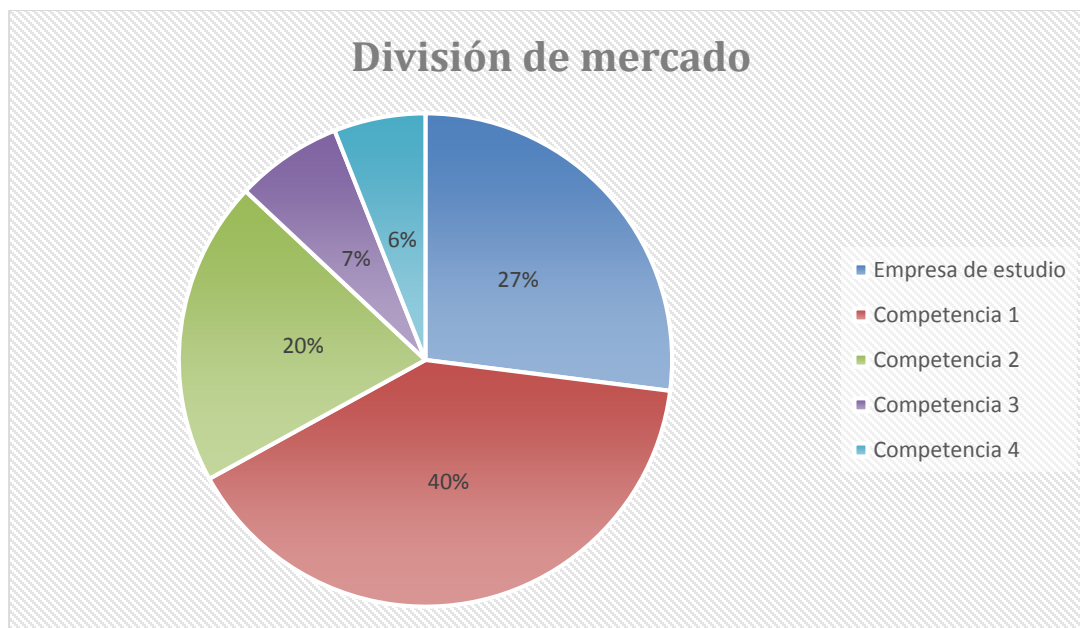
1.2.3. Estudio de la oferta

La oferta con la que se está lidiando es tipo competitiva o de libre mercado, ya que existe una cantidad media de oferentes de esta clase de productos, por

lo tanto, la participación en el mercado está determinada por la calidad, precio y servicio que se ofrece al cliente.

La competencia está dividida entre 5 oferentes locales, la cual se demuestra en la figura 3.

Figura 3. **División del mercado**



Fuente: elaboración propia.

Del análisis Foda, que se muestra a continuación, se concluye que de la competencia 1, quien es la que tiene el mayor porcentaje del mercado, se tiene una ventaja competitiva en relación con ella desde el punto de vista del precio y atención al cliente. La empresa en estudio tiene un porcentaje mayor que la competencia 2, con una diferencia del 7 %, como con la competencia anterior se tiene una ventaja competitiva respecto al precio, pero se puede ver que tienen un

canal de distribución bastante desarrollado. Respecto a la competencia 3, es una empresa pequeña que no ofrece la gama de servicios y productos, ni la experiencia que tiene la empresa en estudio. La competencia 4 limita sus servicios con su especialización en calderas.

Tabla III. **Foda de la competencia**

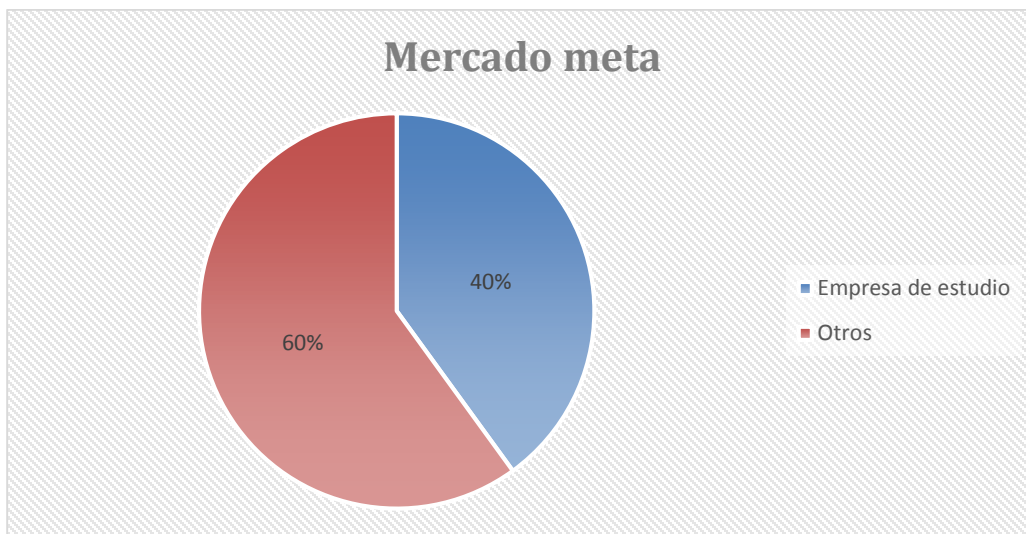
FODA		Competencia 1	Competencia 2	Competencia 3	Competencia 4
Fortaleza	Una empresa con mayor experiencia.	Alta experiencia en el mercado.	Bajos costos operativos. Precios bajos de productos.	Empresa especializada en calderas.	
Oportunidades	Es conocido en el mercado. (Marca reconocida)	Marca reconocida y canal de distribución altamente desarrollado.	Desarrollo de nuevos mercados con estrategias de bajo costo.	Desarrollo de nuevas líneas de productos complementarios.	
Debilidades	Gastos operativos altos.	Empresa altamente diversificada 100% empresa distribuidora.	Poca capacidad de almacenamiento o y tiempos de entrega muy largos.	Productos limitados. Poca diversidad.	
Amenazas	Surgimiento de nuevos competidores con mejores opciones.	Productos tradicionales y sustitutos de manufactura local a precios más competitivos.	Productos tradicionales y sustitutos de mejor calidad a precios igual de competitivos.	Mejor atención al cliente en competencia.	

Fuente: elaboración propia.

1.2.4. Mercado potencial

Con la nueva estrategia de la implementación de la línea de producción se espera llegar a obtener el 40 por ciento del mercado total, ofreciendo un período de tiempo de entrega más corto y a un precio competitivo. Tomando en cuenta que existe un total de 29 clientes potenciales, formando estos una demanda total anual de 13 500 baldosas refractarias. Como se dijo anteriormente, se quiere incrementar en la participación del mercado total al 40 por ciento de este, convirtiendo la venta anual para el 2015, en un total de 5 400 baldosas refractarias.

Figura 4. Mercado meta



Fuente: elaboración propia.

1.3. Selección del sistema de distribución

El canal de distribución que se utilizará es directo, no se contará con ningún tipo de intermediario o agente. Del productor serán entregadas directamente al

consumidor final; las baldosas refractarias serán producidas por la empresa, el embalaje será realizado en la fábrica y ahí llegarán los clientes por sus pedidos.

Figura 5. **Canal de distribución**



Fuente: elaboración propia.

1.4. **Precio del producto**

Para establecer el precio de comercialización para cada diseño de las baldosas refractarias, se determinó el volumen y peso de los tres diseños de baldosas, la densidad y costo del concreto refractario que se utilizará para su fabricación, la mano de obra y costo del molde.

Tabla IV. **Precio de baldosas refractarias**

<i>Diseño</i>	<i>Precio unitario (Q)</i>
<i>Baldosa biselada</i>	129,09
<i>Baldosa cuadrada</i>	102,70
<i>Baldosa rectangular</i>	192,44

Fuente: elaboración propia.

El precio establecido para las baldosas refractarias fabricadas por la empresa, en comparación con el precio de las baldosas refractarias importadas de México es un 32,89 por ciento más económico, y con el precio de las baldosas importadas de China un 12,70 por ciento más alto, debido a que las baldosas son

cotizadas por su peso. El porcentaje de diferencia de las baldosas importadas respecto a las fabricadas por la empresa es el mismo para los tres diferentes tipos de diseño.

El tiempo de entrega de las baldosas importadas desde México es más corto, pero el más elevado; mientras que el precio de las importadas desde China tienen un valor muy competitivo, ya que es más económico, pero el tiempo de entrega es más largo, con un promedio de ocho semanas; el precio y tiempo de entrega que ha establecido la empresa es un intermedio entre las baldosas importadas desde China y México.

Tabla V. **Precio unitario de baldosas refractarias importadas**

Diseño	México (Q)	China (Q)
Baldosa biselada	192,37	114,55
Baldosa cuadrada	153,04	91,13
Baldosa rectangular	286,77	170,76

Fuente: elaboración propia.

2. ESTUDIO TÉCNICO

En este capítulo se describirán los recursos materiales, físicos y humanos necesarios para la operación de la línea de producción, tomando en cuenta las actividades y tiempos de operación que conlleva el proceso de fabricación de las baldosas refractarias.

2.1. Localización

A continuación se hace una breve descripción de la ubicación de la empresa.

2.1.1. Macrolocalización

Ciudad San Cristóbal se encuentra en la zona 8 del municipio de Mixco, del departamento de Guatemala. Según el censo realizado en el 2002, por el Instituto Nacional de Estadística (INE) la población de Ciudad San Cristóbal abarca 150 000 habitantes, y cuenta con cuatro rutas de acceso:

- Anillo Periférico
- Calzada Aguilar Batres
- Carretera Interamericana
- Municipio de San Lucas Sacatepéquez

2.1.2. Microlocalización

Al final del boulevard de Ciudad San Cristóbal hacia el municipio San Lucas Sacatepéquez, se encuentran las instalaciones de la empresa donde se ha decidido que sea implementada la línea de producción para baldosas refractarias.

2.2. Descripción del proceso de producción

Es fundamental establecer el tipo de proceso que se va a manejar para la producción de las baldosas refractarias, así se orientará el sistema organizativo y la distribución del equipo, para lograr una implementación y operación eficaz.

2.2.1. Tipo de proceso

El proceso a utilizar en la línea de producción será por orden o bajo pedidos (lote). Se trabajará con este tipo de producción debido a que las baldosas refractarias se comercializan por unidades. Después de haber recibido la orden por parte del cliente, la empresa fabricará la cantidad de baldosas refractarias cotizadas.

2.2.2. Actividades del proceso

- Preparación

Para comenzar la fabricación de baldosas refractarias se tiene el traslado de los moldes al área de vaciado para que sean inspeccionados en búsqueda de imperfecciones a causa del deterioro. Luego de la inspección, los moldes son ensamblados y lubricados con aceite. Respecto a la materia prima se debe trasladar hacia el área de preparación de mezcla, la cual también se debe

inspeccionar; el concreto refractario debe de estar libre de humedad y se debe revisar la fecha de vencimiento, el agua debe ser potable sin residuos ni olor. Se hace la medición del agua potable necesaria para la mezcla que se debe preparar y los sacos de concreto refractario se preparan (se abren en la parte superior), para que estén listos al momento de ser vaciados en la mezcladora, únicamente se pesa el agua potable, ya que las medidas de las mezclas están hechas para que se utilicen sacos completos.

- Mezcla

El proceso de mezcla comienza con agregar el concreto refractario en la mezcladora, luego se agrega $\frac{1}{4}$ del agua a utilizar y finalmente se adiciona los $\frac{3}{4}$ de agua restantes. Se mezcla hasta que el concreto esté perfectamente homogéneo y tenga la textura adecuada, alrededor de 5 minutos. Este tiempo debe ser respetado, ya que el concreto refractario comienza su proceso de fraguado 20 minutos después de haberle agregado agua, así se logrará terminar la fundición sin ninguna pérdida. Por la misma razón del tiempo de fraguado se tiene un límite en cantidad de sacos (máximo cuatro sacos) de concreto refractario.

- Vaciado y vibrado

Al tener la consistencia deseada se da por finalizado el proceso de mezclado; el producto obtenido se le llama pasta refractaria, la cual se extrae de la mezcladora por la compuerta inferior hacia cubetas plásticas (canecas). Esta pasta refractaria se vacía (chorrea) en los moldes anteriormente lubricados. Después de haber vaciado la pasta refractaria en el molde se introduce un vibrador para que la pasta refractaria se compacte aumentando su resistencia mecánica. Posteriormente, se debe pasar una regla de madera (escantillón), para

asegurar que el molde este completamente lleno, si hace falta se le debe agregar pasta refractaria. Este proceso se repite para cada molde, ya que se trabaja un molde a la vez. El vaciado de la mezcla en los moldes se lleva a cabo utilizando una banda de rodillos para facilitar la movilización de estos previamente llenos y asegurando que la pasta no se derrame del molde al ser manipulado.

- Desencofrado y oreado

Luego de cuatro horas de haber vaciado la pasta refractaria en los moldes, el proceso de fraguado del concreto refractario ha concluido, entonces se procede a desencofrar las piezas refractarias de los moldes; en este punto las piezas aún se encuentran delicadas por su alto contenido de agua, por lo que deben ser manipuladas cuidadosamente. Al desencofrar las piezas refractarias se trasladan al área de oreado, donde estas se colocan en forma vertical para completar su proceso de secado. Al colocar las baldosas de forma vertical (paradas) se asegura una mejor superficie expuesta al ambiente, mejorando así el escape del agua por los poros de las baldosas. Estos poros son importantes para las baldosas para asegurar el escape del agua, es por eso que se utiliza una regla de madera que deja rústica la superficie sin tapar los poros. Por lo que se recomienda dejar las piezas en el área de oreado por 20 horas.

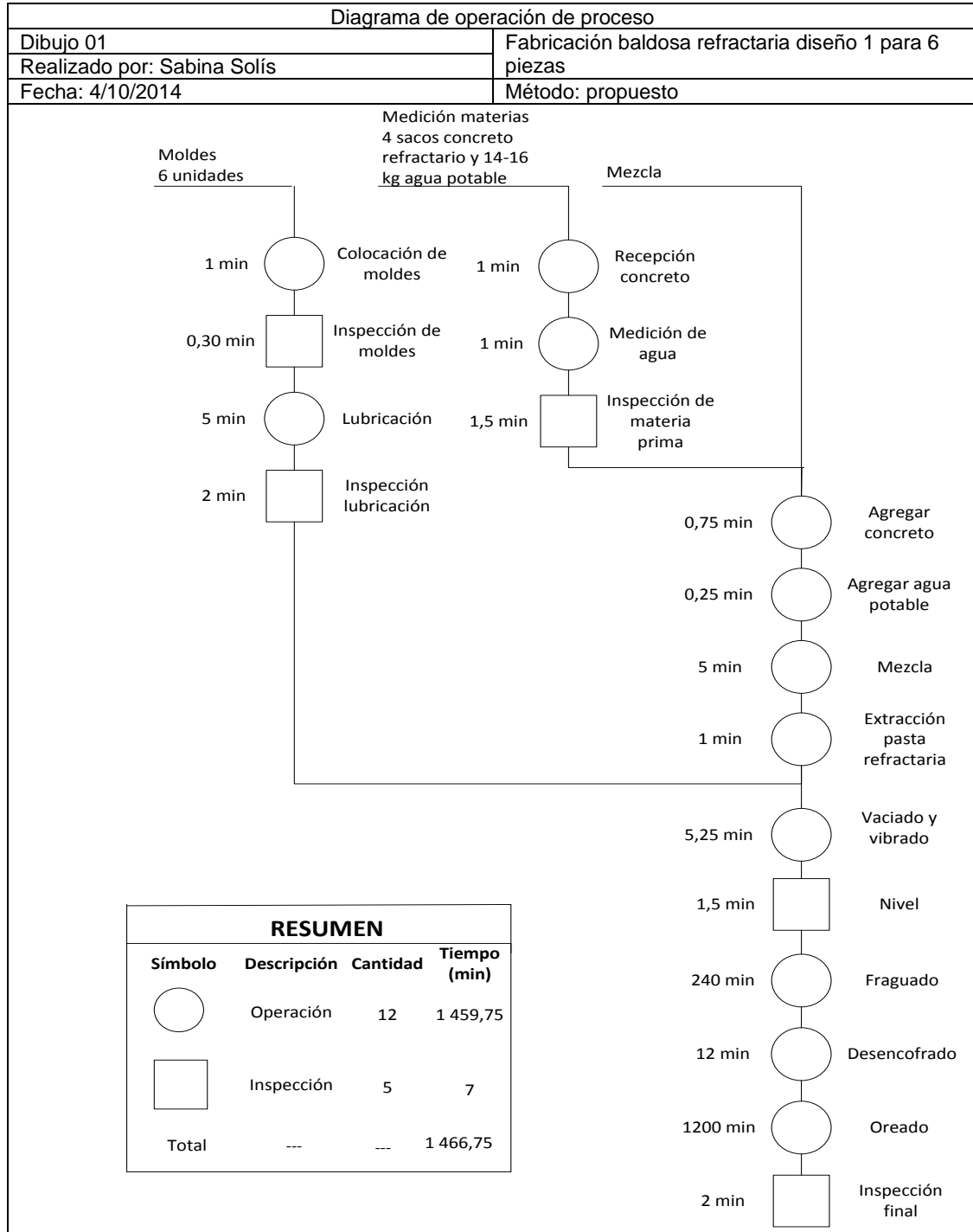
- Embalaje

Al pasar las 20 horas de oreado, las piezas se estiban en tarimas de madera. Dependiendo de cada diseño, se tiene la cantidad máxima para estibar sobre cada tarima, para no exceder la capacidad de la misma. Al terminar de estibar las baldosas refractarias, las tarimas se ubican en el área de embalaje, se tarda aproximadamente 10 días en completar una tarima de cada diseño.

2.2.3. Diagrama de operaciones

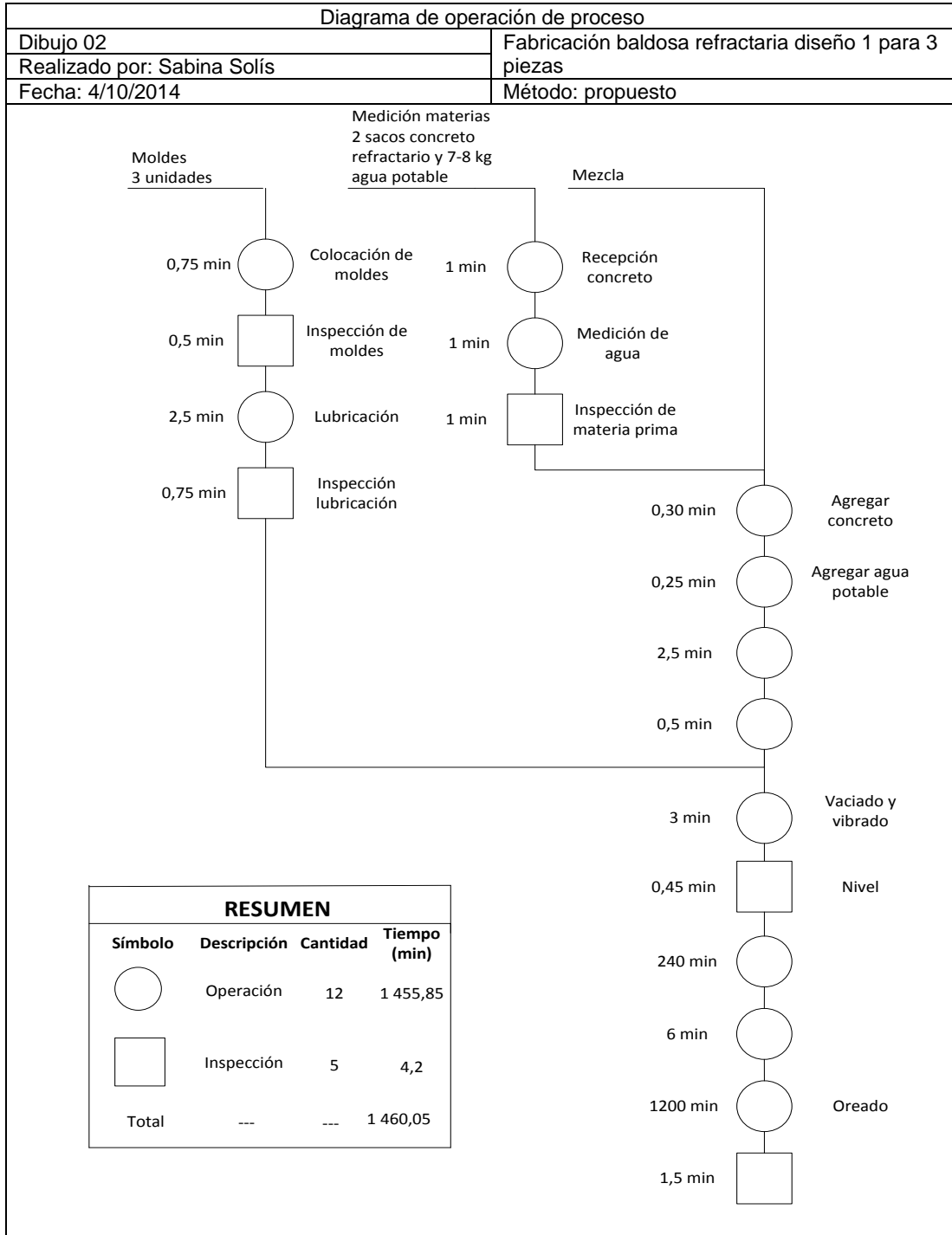
En esta sección se mostrarán los diagramas de operaciones de proceso. Se elaboraron cinco diagramas, ya que para cada diseño de baldosa se utilizarán diferentes cantidades de materiales y tiempos.

Figura 6. DOP núm. 1



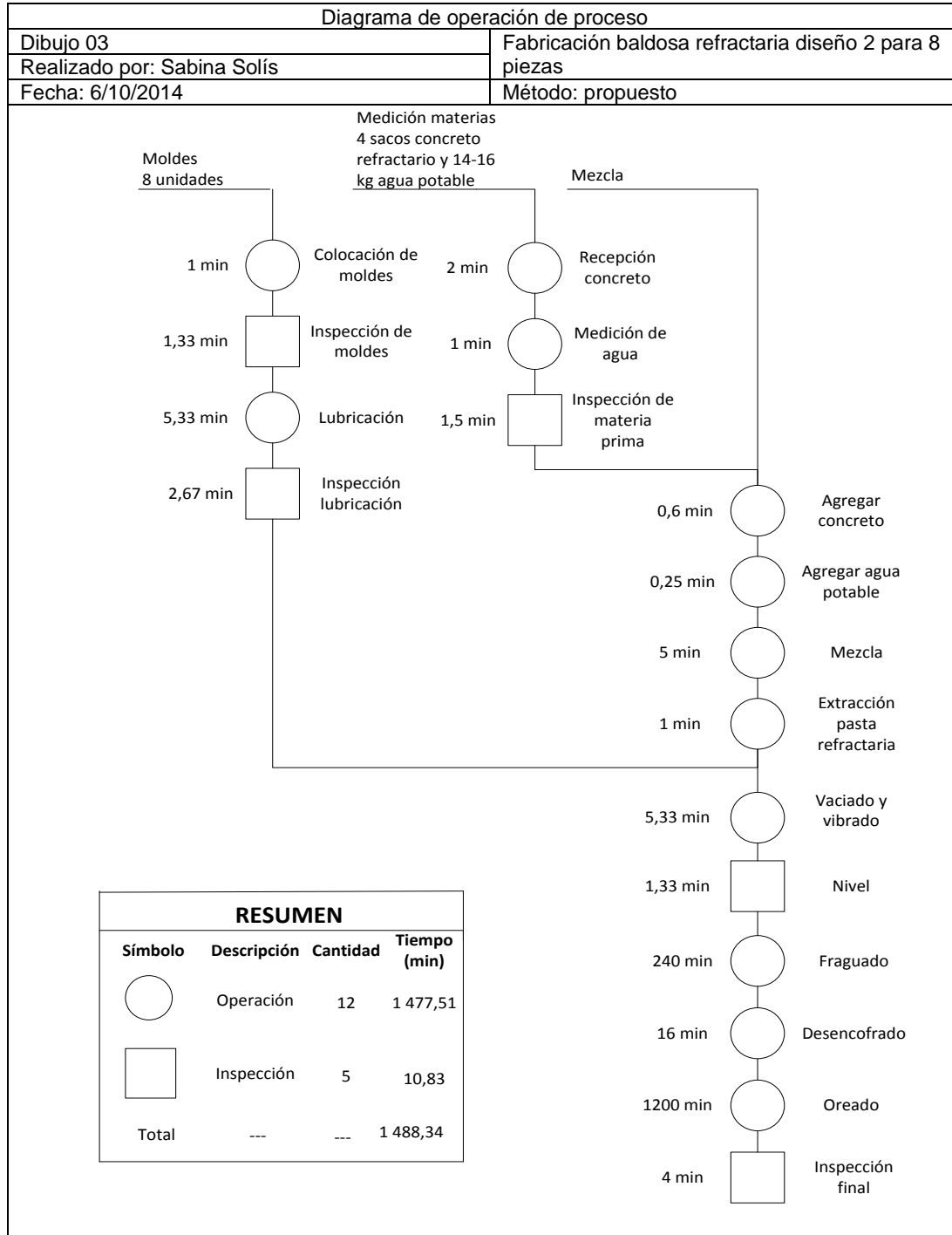
Fuente: elaboración propia.

Figura 7. DOP núm. 2



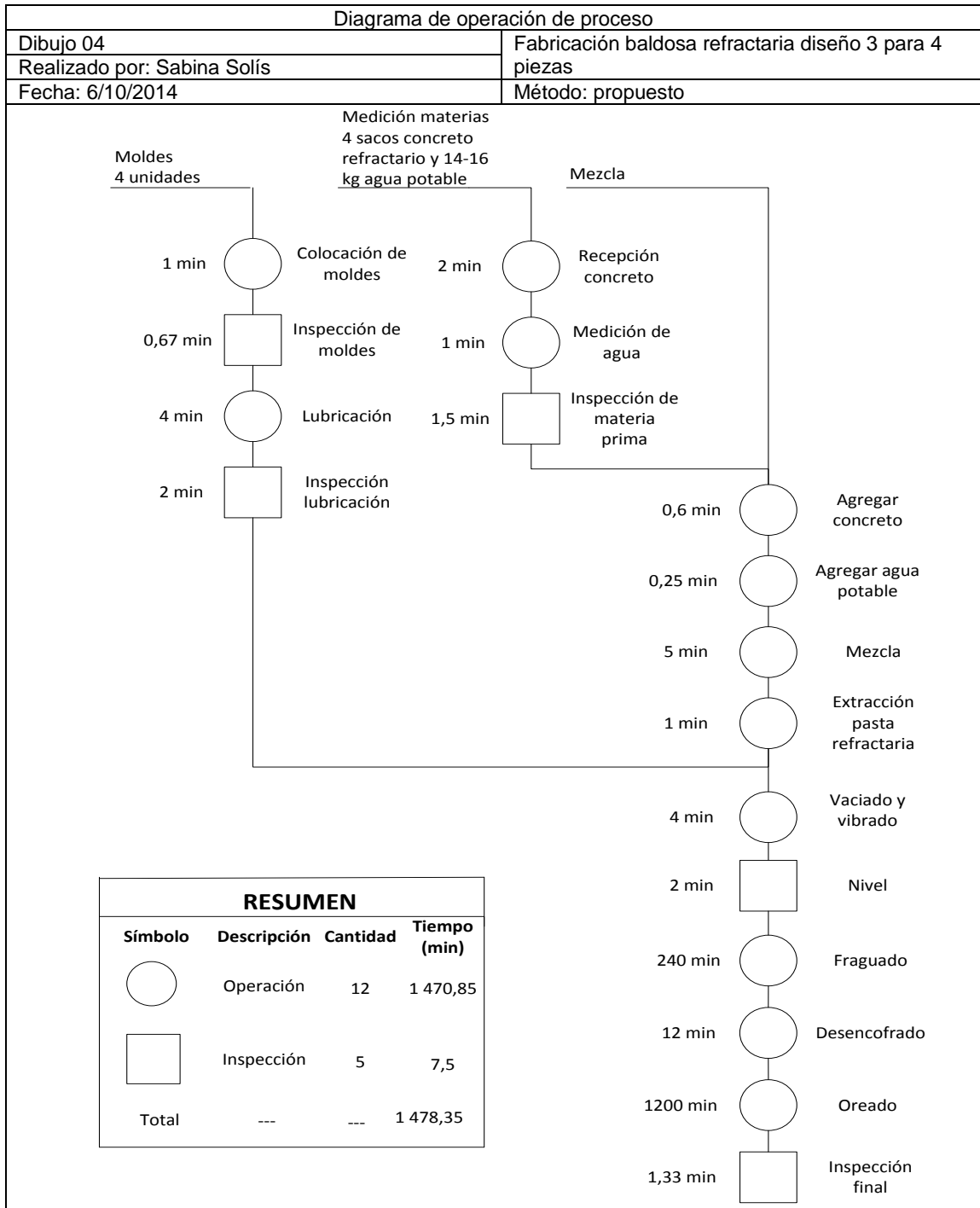
Fuente: elaboración propia.

Figura 8. DOP núm. 3



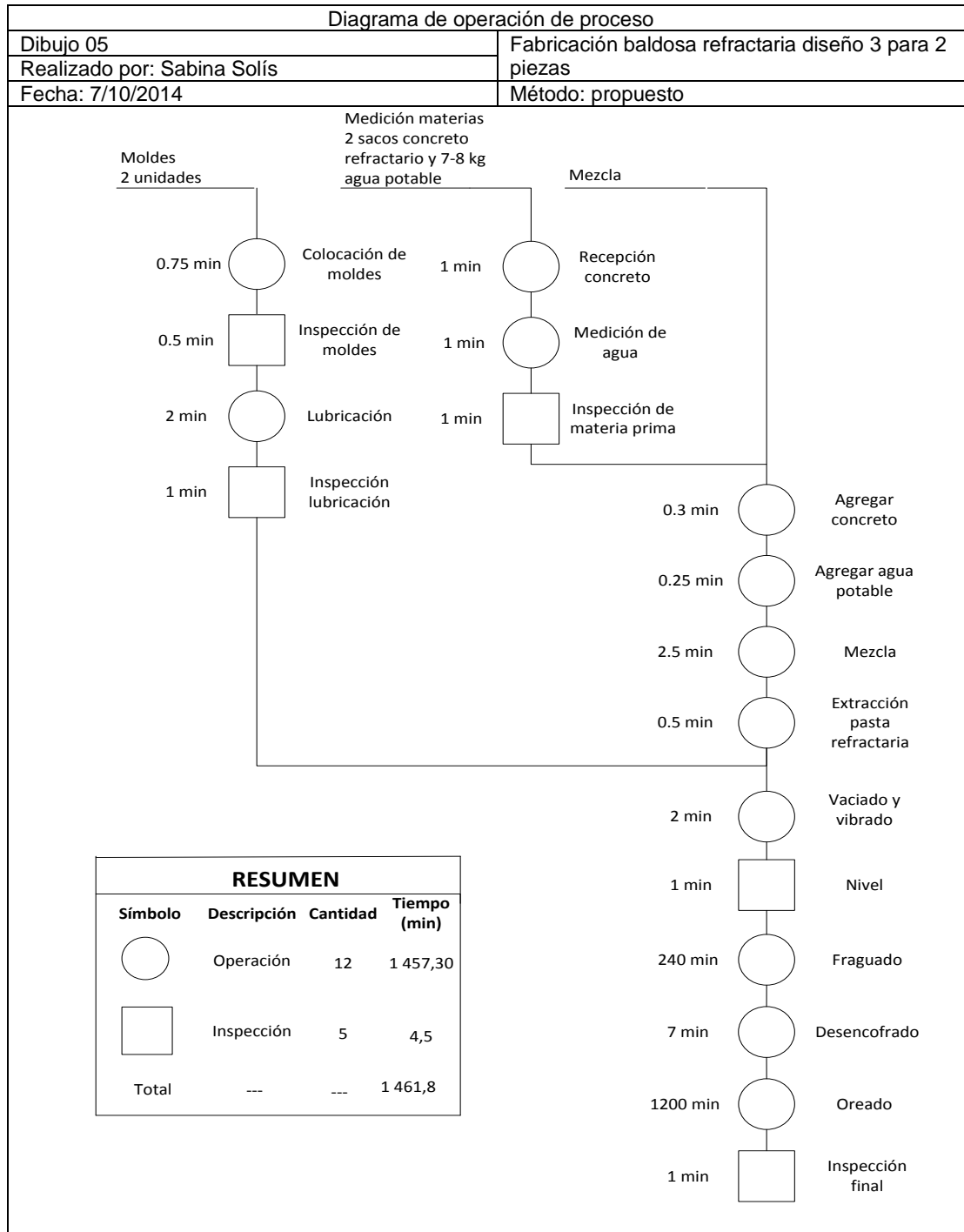
Fuente: elaboración propia.

Figura 9. DOP núm. 4



Fuente: elaboración propia.

Figura 10. DOP núm. 5



Fuente: elaboración propia.

En los diagramas anteriores se puede observar que, para cada diseño de baldosa se funden de tres o cuatro baldosas en una misma mezcla, esto se debe al tiempo disponible que se tiene para hacer las fundiciones antes que el concreto refractario comience su proceso de fraguado.

2.3. Capacidad instalada

La línea de producción tiene dos factores que restringen su capacidad instalada, los cuales son la disponibilidad de tiempo y el espacio disponible para su instalación.

La jornada laboral que se tendrá será de la siguiente manera: de lunes a viernes de 8:00 a 17:00 horas, para un total de ocho horas, descontando una hora de almuerzo y media hora para las necesidades fisiológicas de los trabajadores; en total se tendrá como trabajo efectivo 7,5 horas diarias. El año cuenta con 365 días, de los cuales 104 son sábados y domingos, 11 son asuetos, y 10 días de descanso que la empresa cierra a fin de año, quedando disponible 240 días al año, se resumen en 1 800 horas al año.

La línea de producción se adecuó al espacio otorgado por la empresa, el cual es de 90 metros cuadrados para su instalación, este es el principal factor que restringe la capacidad instalada, ya que las baldosas llevan un proceso de oreado, las cuales están estáticas por 20 horas.

La capacidad diseñada es de 8 117 baldosas al año, al principio la tasa de utilización de la capacidad diseñada será de un 67 por ciento, produciendo 5 400 baldosas refractarias durante el año, teniendo una tasa de producción de exactamente 3 baldosas por hora. Los operarios dedicarán dos horas diarias a limpieza de moldes, mezcladora y área de trabajo.

2.4. Materia prima e insumos

A continuación se describirán las materias primas utilizadas para hacer las baldosas refractarias, las cuales se complementan únicamente adicionando concreto refractario y agua potable y de insumo se tiene el lubricante.

2.4.1. Concreto refractario

El concreto refractario a utilizar es de alta tecnología, importado de China. Se utilizará el mismo concreto refractario para los tres diferentes tipos de diseño de baldosas refractarias.

La composición mineralógica del concreto refractario está entre 50 por ciento de alúmina, 40 por ciento de sílice, y 6 por ciento de óxido de hierro. Llegando a tener una densidad de 2 100 kilogramos por metro cúbico, con resistencia a la compresión de 15 N/mm² a 110 °C, y 20 N/mm² a 1 000 °C, esfuerzo máximo que puede soportar el concreto refractario bajo una carga muerta a la temperatura señalada. La temperatura límite de aplicación para que este no sufra ningún cambio en sus propiedades es de 1 350 °C. La presentación del concreto refractario es en sacos de 25 kilogramos.

Las condiciones adecuadas de almacenamiento de este concreto refractario son evitar áreas húmedas, ventiladas, protegidos del sol y los sacos deben de estar separados del suelo 25 centímetros, para lo que se utilizará tarimas; el concreto refractario es un material perecedero, su tiempo máximo de vida es de 12 meses, si no este perderá sus propiedades, este fenómeno se identifica cuando el tiempo de fraguado es mayor y la resistencia es menor, cambio en el color del concreto refractario y endurecimiento; para evitar esto, se debe de utilizar un inventario PEPS para los sacos de concreto refractario

Para el diseño 1 (baldosa biselada) se utilizará 16,83 kilogramos del concreto refractario mencionado anteriormente; el diseño 2 (baldosa cuadrada) utilizará 13,01 kilogramos; el diseño 3 (baldosa rectangular), la más grande de los tres diseños utilizará 26,02 kilogramos. Las cantidades mencionadas a utilizar por diseño de baldosa refractaria, tienen aplicado un 5 por ciento que representa la merma, el cual se obtuvo de un estimado de lo que queda de pasta refractaria en la mezcladora y en los demás equipos y herramientas utilizados.

Figura 11. **Imagen concreto refractario**



Fuente: empresa en estudio.

2.4.2. Agua potable

El agua para crear la pasta refractaria debe ser potable y verificar que no contenga contaminantes. La cantidad de agua a utilizar debe ser medida con exactitud para asegurar una calidad adecuada de la pasta refractaria. Estas cantidades se encuentran en el exterior del saco, se utiliza una proporción entre el 14–16 por ciento de agua por la cantidad de concreto refractario a utilizar.

2.4.3. Lubricante

En el proceso de fabricación, únicamente se encuentra como insumo el aceite, utilizado para lubricar o engrasar los moldes donde se realizará el vaciado de la pasta refractaria. Se emplea aceite reciclado, conseguido por la empresa sin costo, debido a que se obtiene de los camiones de transporte.

2.5. Maquinaria

El proceso de fabricación de baldosas refractarias es muy especializado, por lo que se necesita de la siguiente maquinaria:

- Mezcladora

La mezcla debe hacerse en el menor tiempo posible, ya que el concreto refractario, como todos los concretos convencionales, tienen un tiempo determinado de fraguado, lo que podría provocar pérdida de pasta refractaria al momento de estar vertiéndola. Se debe mantener la mezcladora limpia para evitar aglomerados de material en la superficie.

La mezcladora que se utilizará es especial para concretos refractarios, la cual se conoce como mezcladora para concreto refractario satelital o de eje vertical. Es una mezcladora portátil de hormigones refractarios de alta energía, la cual cuenta con las siguientes características físicas y mecánicas:

- Características físicas:
 - Tres paletas diferentes y un aspa
 - Tapadera removible

- Botonería de arranque y paro
 - Carga superior y descarga inferior
 - Ruedas y jalador
 - Todas las piezas y estructura son de acero resistente al desgaste
- Características mecánicas:
- Alimentación 220 voltios monofásica
 - Motor de 5 HP
 - Velocidad de mezclado de 25-30 rpm
 - Capacidad de mezclado de 100 Kg
 - Mezclado rápido y homogéneo

Figura 12. **Mezcladora satelital**



Fuente: empresa en estudio.

- Vibrador para concreto

El uso de vibrador durante el vaciado de la pasta refractaria en los moldes hará que ésta llegue a todos los lugares difíciles de los moldes, como las esquinas, y se cubrirán todos los espacios de manera uniforme, asimismo se eliminarán las cámaras de aire reduciendo los poros internos aumentando su resistencia mecánica.

Especificaciones del vibrador eléctrico para concreto que será utilizado:

- Motor 3 HP
- Alimentación 110 voltios
- Manguera de 4 m
- Cabeza de 40 mm
- Peso 11 lb

Figura 13. **Vibrador para concreto**



Fuente: *Proyectos inteligentes*, S. A. www.proyectosinteligentesgt.com Consulta: 18 de octubre de 2014.

- **Báscula**

Se necesita una báscula para pesar la cantidad de agua potable a utilizar para la mezcla. Esta será digital, ya que las medidas a utilizar deben ser con la mayor exactitud, pero al mismo tiempo debe ser de fácil uso (básica). Su capacidad mínima debe ser de 50 kilogramos y esta debe ser portátil, ya que se estará moviendo de lugar cada vez que se abastezca la materia prima.

Figura 14. **Báscula digital**



Fuente: *Balanzas y equipos*, http://www.baleca.com/tienda_industrial.php. Consulta: 18 de octubre de 2014.

- **Montacargas**

Se necesitará el uso del montacargas que posee actualmente la bodega, para movilizar las tarimas de producto terminado al momento de despacho al cliente.

Especificaciones del montacargas:

- Capacidad: 2,5 toneladas.
- Motor dual de gas.
- Ruedas sólidas.
- Longitud de horquillas: 1 070 mm.
- Altura máxima de horquillas: 4 500 mm.
- Inclinación del mástil: 6 grados adelante y 11 grados atrás.
- Para la conducción del montacargas el operario debe tener licencia para equipo especializado.

Figura 15. **Montacargas**



Fuente: empresa en estudio.

2.6. Equipo y herramientas

En esta sección se describirán todos los equipos y herramientas que son indispensables para llevar a cabo la producción de las baldosas refractarias.

2.6.1. Equipo

- Moldes

Son tres tipos de moldes para cada diseño de baldosa refractaria. Los que se utilizarán son individuales, hechos de acero y tienen una capa de pintura. Al usar moldes de acero se tiene ventajas como durabilidad, rigidez, bajo mantenimiento y exactitud en su medida.

Para comenzar la producción se necesitarán nueve moldes del diseño 1, moldes, ocho para el 2 y seis para el 3.

Figura 16. **Moldes para baldosas refractarias**



Fuente: empresa en estudio.

- Láminas de acero

Los moldes se colocarán en láminas de acero para la fundición de las baldosas refractarias, las cuales van a estar colocadas sobre la banda de rodos para movilizarlas fácilmente durante el proceso de producción. Estas láminas serán de 0,35 por 0,65 metros y tendrán un grosor de 3/16 pulgadas, lo cual es necesario para soportar el peso de las baldosas refractarias.

- Cubetas plásticas

En estas se servirá el agua a utilizar para la mezcla. Las cubetas tendrán una perforación al nivel necesario para la cantidad de agua requerida y serán rotuladas indicando su capacidad, para mantener un estándar.

Además, la pasta refractaria se descargará en cubetas plásticas, las cuales el operario utilizará para vaciar la pasta refractaria en los moldes.

- Pallet truck

Se utilizará un *pallet truck* para reabastecer el concreto refractario del área de materia prima de la línea de producción, y para cualquier traslado necesario de piezas pesadas.

Especificaciones:

- Manual
- Capacidad para 2 500 Kg – 0,540 m por 1,150 m
- Llantas de *nylon*

Figura 17. ***Pallet truck***



Fuente: Midland Pallet Trucks <http://www.midlandpallettrucks.com/>. Consulta: 25 de octubre de 2014.

2.6.2. Herramientas

Para el proceso de fabricación de las baldosas refractarias es necesario contar con ciertas herramientas como apoyo para las actividades de operación las necesarias son:

- Manguera

Esta se utilizará para obtener el agua para la mezcla, y también será usada para la limpieza de la mezcladora y demás herramientas y áreas de producción.

- Espátulas

Se utilizarán para hacer el acabado de la pasta refractaria en el molde.

- Cucharas de albañil

Con estas, el operario se ayudará para vaciar la pasta refractaria en los moldes.

- Nivelador

Se utilizará uno hecho de madera para pasarlo en el molde cuando se haya terminado de vaciar la pasta refractaria en este. El nivelador quitará el exceso de pasta refractaria.

- *Wipe* industrial

El lubricante para los moldes se aplicará con *wipe*.

2.7. Mobiliario

- Estanterías

Estas se encontrarán en la bodega, donde se almacenan los moldes, estarán identificados para cada diseño. Así como las herramientas antes mencionadas y el equipo de protección personal.

- Transportadora de rodillos

Se necesitan tres transportadoras de rodillos 0,70 de ancho por 3 metros de largo, las cuales se posicionarán paralelamente. En uno de los lados se encontrará una banda de rodos, perpendicular hacia las otras tres, sobre unos rieles para que se pueda tener acceso a las tres bandas.

Figura 18. **Transportadora de rodillos sin transmisión**



Fuente: Juví, S. A. www.juvisa.net. Consulta: 25 de octubre de 2014.

2.8. Mano de obra

El procedimiento de llenado de moldes y desencofrado es un proceso manual, tomando en cuenta que las baldosas a fabricar son delicadas y pesadas, se necesitará de dos trabajadores para su ejecución y de un supervisor de línea. De esta manera se podrá cumplir con la producción deseada.

El trabajo de la fabricación de baldosas refractarias tiene una curva de aprendizaje corta, por lo que no se necesita de operarios con experiencia.

2.9. Control de calidad

El objetivo de este control es entregar a los clientes baldosas refractarias de alta calidad.

- Análisis de agua

El agua para la fabricación de las baldosas refractarias debe ser potable, proveniente del suministro público. El trabajador debe analizarla antes de mezclarla con el concreto refractario. El agua potable debe ser inodora, incolora y sin contaminantes químicos.

- Concreto refractario

Debe verificarse en la mezcla la fecha de vencimiento del concreto refractario.

- Ensayo de resistencia

Para llevar un control de la calidad de las baldosas refractarias se realizará un plan de muestreo simple de Military Standard 105E (MIL STD 105E), el cual es el sistema de muestreo por atributos más utilizado en el mundo. Para usarlo se debe tener el tamaño de lote, el nivel de calidad aceptable y de inspección.

El número de muestra dependerá del tamaño del pedido que se llevará a cabo, la cantidad de mezclas realizadas para cada lote se tomarán como el tamaño de lote, ya que se harán ensayos de resistencia que no se pueden realizar con las baldosas refractarias debido a que es un ensayo destructivo, donde se comprobará que las propiedades de las piezas sean las adecuadas. Las probetas se harán con los residuos (sobrantes) de la mezcla. Se tiene un estimado que al momento de hacer las mezclas para la fabricación de las baldosas refractarias habrá una merma que oscila entre 0,44 kg a 3,83 kg, dependiendo de la mezcla que se haya realizado.

En esta ocasión se requiere un NCA de 0,4 por ciento, para todas las muestras que se vayan a realizar y el nivel de inspección que se utilizará es el segundo (II). Se empleará un plan para inspección reducida debido, ya que se ha trabajado anteriormente con el proveedor de concreto refractario y ha mantenido un comportamiento bueno respecto a la calidad.

- Ejemplo de plan de muestreo:
 - Paso 1: tamaño de lote: el lote será de 600 baldosas, en las cuales se realizan 130 mezclas.
 - Paso 2: nivel de inspección II.
 - Paso 3: en la tabla (figura 19) revisar qué letra código corresponde para el tamaño de muestra, en este caso es “F”.
 - Paso 4: el plan a utilizar es el simple.
 - Paso 5: se concluye si se acepta o rechaza el pedido a entregar. De acuerdo a la letra código “F” y el NCA 0,4 %, en la tabla (figura 20) se especifica el plan simple para inspección reducida, la cual indica que se acepta el pedido a entregar con cero probetas defectuosas y se rechaza con una probeta defectuosa.

Figura 19. Letras código para el tamaño de la muestra (MIL STD 105E)

Tamaño del lote	Niveles especiales de inspección				Niveles generales de inspección		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2 a 8	A	A	A	A	A	A	B
9 a 15	A	A	A	A	A	B	C
16 a 25	A	A	B	B	B	C	D
26 a 50	A	B	B	C	C	D	E
51 a 90	B	B	C	C	C	E	F
91 a 150	B	B	C	D	D	F	G
151 a 280	B	C	D	E	E	G	H
281 a 500	B	C	D	E	F	H	J
501 a 1 200	C	C	E	F	G	J	K
1 201 a 3 200	C	D	E	G	H	K	L
3 201 a 10 000	C	D	F	G	J	L	M
10 001 a 35 000	C	D	F	H	K	M	N
35 001 a 150 000	D	E	G	J	L	N	P
150 001 a 500 000	D	E	G	J	M	P	Q
500 001 y más	D	E	H	K	N	Q	R

Fuente: GUTIÉRREZ, Humberto, *Calidad total y productividad*. p. 322.

Figura 20. **Tabla para inspección reducida: muestreo simple (MIL STD 105E)**

Letra código para el tamaño de la muestra	Tamaño de la muestra #	Nivel de calidad aceptable (NCA o AQL) en porcentaje																								
		0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	
A	2	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
B	2	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
C	2	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
D	3	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
E	5	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
F	8	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
G	13	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
H	20	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
J	32	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
K	50	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
L	80	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
M	125	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
N	200	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
P	315	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
Q	500	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
R	800	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re

Fuente: GUTIÉRREZ, Humberto. *Calidad total y productividad*. p.327.

2.10. Distribución de la planta

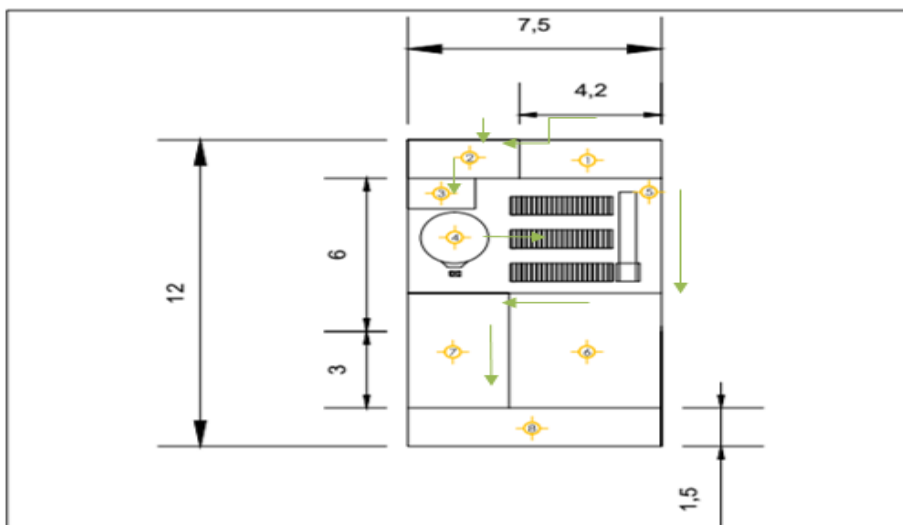
En la figura 21 se podrá observar cómo es la distribución y recorrido del proceso de la línea de producción.

Tabla VI. Descripción de recorrido

Número	Descripción
1	Bodega
2	Área de materia prima
3	Área de medición de materias primas
4	Área de mezcla
5	Área de fundición
6	Área de oreado
7	Producto terminado
8	Área de despacho

Fuente: elaboración propia.

Figura 21. Diagrama de recorrido (medidas en metros)



Fuente: elaboración propia, con datos del tamaño otorgado para la línea de producción.

2.11. Seguridad e higiene

- Equipo de protección personal

En el proceso de producción de baldosas refractarias se tendrá presente una cantidad de polvo mayor a la habitual y salpicaduras al momento de utilizar la mezcladora, y se manipularán piezas y máquinas pesadas. Por ello, para evitar accidentes, incidentes o enfermedades los operarios tendrán que usar equipo de protección personal durante el proceso. A continuación se describe el equipo a utilizar:

- Anteosjos: cuando se esté haciendo la mezcla.
- Guantes: durante todo el proceso de producción de baldosas refractarias.
- Máscara para polvo: en el proceso de la mezcla.
- Botas industriales: en todo el proceso de la producción de baldosas refractarias.

- Extintores

Para controlar la propagación de un fuego lo primero que se usa son los extintores, existen varios tipos. Para saber cuál utilizar se debe conocer qué materiales se tienen y que puedan llegar al punto de ignición.

Respecto a la tabla VII se puede afirmar que existe un riesgo potencial para las clases de fuego A, B y C, por lo que se contará con un extintor tipo ABC de polvo químico seco, el cual debe ser colocado en un punto accesible y visible en color negro para el fondo, para el momento que se presente una emergencia.

Tabla VII. Tipos de extintores

Cuatro clases de fuegos y medios de extensión adecuados			
Clase de fuego	Descripción	Ejemplo de medio extintor	Máximo recorrido autorizado por la OSHA hasta el extintor más cercano
A	Papel, madera, tela y algunos materiales de hule y plástico.	Espuma, flujo con carga, producto químico seco, agua.	22,86 metros
B	Líquidos inflamables o combustibles, gases inflamables, grasas y materiales similares y algunos materiales de hule y plástico.	Bromotrifluorometano, bióxido de carbono, producto químico seco, espuma, flujo con carga.	15,24 metros
C	Equipo eléctrico energizado.	Bromotrifluorometano, bióxido de carbono, producto químico seco.	No especificada, distribuir con base en un patrón apropiado para riesgos clase A o clase B
D	Metales combustibles como: magnesio, titanio, circonio, sodio, litio y potasio.	Polvos especiales, arena.	22,86 metros

Fuente: ASFAHL, C Ray. *Seguridad industrial y salud*. p. 249.

3. ESTUDIO ADMINISTRATIVO–LEGAL

3.1. Administrativo

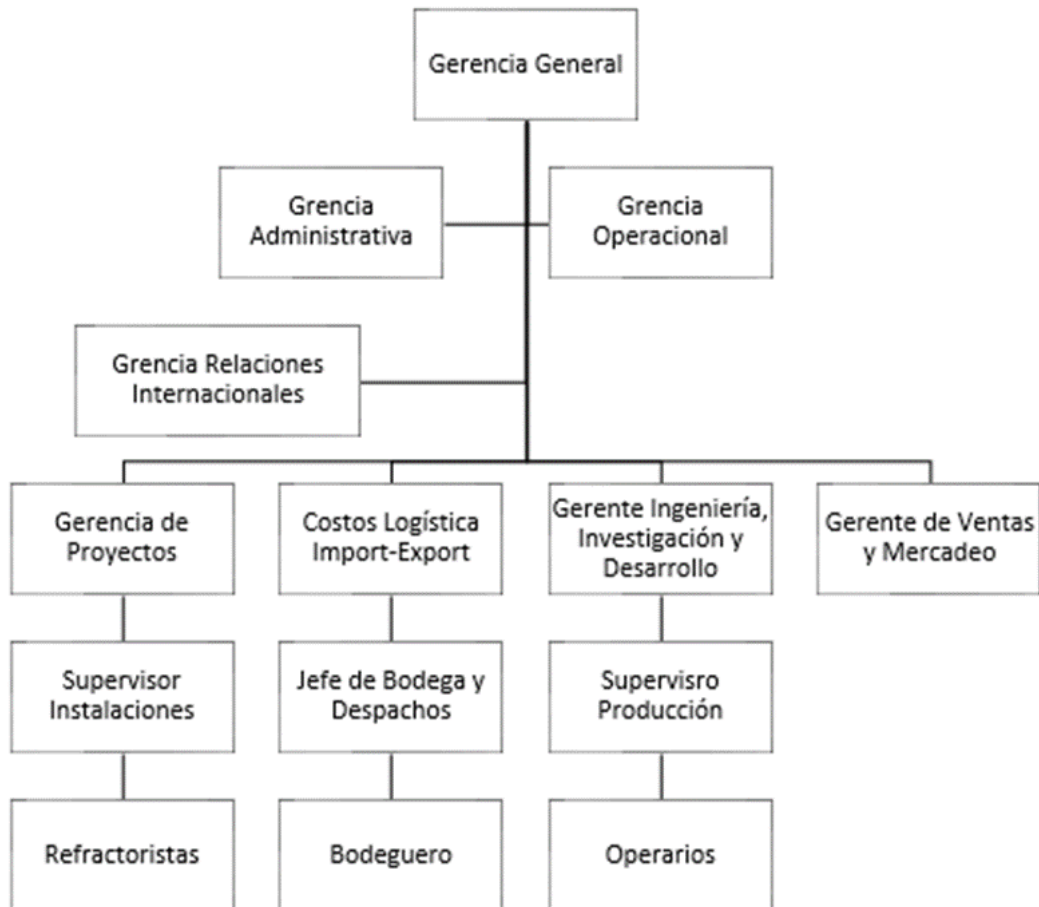
El objetivo organizacional es establecer y administrar de una manera óptima las responsabilidades, funciones y actividades de cada persona que laborará en la línea de producción de baldosas refractarias para que puedan cumplir efectivamente su trabajo.

3.1.1. Estructura organizacional

Funciona como una red de comunicación en las diferentes áreas o departamentos de la empresa, se aclara, quién informa a quién y quién es el encargado de cada rol. Esto ofrece una buena coordinación y comunicación entre los componentes de la organización, así como el flujo de autoridad y decisiones, de esta forma se evitan conflictos y confusiones. En el organigrama de la empresa se puede observar en qué nivel jerárquico se encuentra el área de la línea de producción y subáreas dentro de la empresa.

En la figura 22 se muestra el organigrama lineal de la empresa, en el cual se observa que, el área de Producción estará bajo el mando de la Gerencia de Ingeniería, Investigación y Desarrollo, subdividida por el supervisor de Producción y luego por los operarios de la línea de producción.

Figura 22. Organigrama de la empresa



Fuente: elaboración propia, con información de la empresa en estudio.

3.1.2. Perfiles de puesto

A continuación se detallan los perfiles de puesto del supervisor y los operarios de la línea de producción, a contratar para el funcionamiento de la misma. Se debe tomar en cuenta que, para los dos operarios es el mismo perfil de puesto, ya que ambos tienen similares responsabilidades y roles o atribuciones.

- Supervisor de línea de Producción

Debe ser una persona que acate las instrucciones que se le den, habilidad de dirigir el personal a su cargo y respetar las buenas prácticas de manufactura. En preparación académica se requiere que sea estudiante de ingeniería industrial o mecánica, habiendo finalizado los primeros dos años de la carrera. El candidato debe tener, mínimo dos años de experiencia en manejo de personal y procesos, quien también deberá tener dominio de los Softwares: Excel, Word y Power Point. El rango de edad está entre los 23 a los 30 años y de género masculino.

- Operario

Deberán tener como mínimo estudios de sexto grado de primaria y una experiencia laboral en la industria de tres años como mínimo. Se desea que los operarios sean de género masculino y el rango de edad oscila entre 24 y 40 años, quienes deben tener una buena salud física y mental, capacidad para seguir instrucciones y facilidad en manejo del producto.

3.1.3. Descripciones de puesto

- Supervisor de línea
 - Objetivos del puesto

Planificar, dirigir y supervisar las actividades de producción, gestionar los recursos e incrementar los niveles de productividad de la línea de producción.

- Funciones principales
 - Elaborar y dirigir los planes de producción, tomando en cuenta la compra y logística de materia primas.
 - Planificar la producción optimizando todos los recursos disponibles de acuerdo a la demanda.
 - Supervisar el mantenimiento de las instalaciones, maquinaria y equipo como su buen funcionamiento, asimismo, el buen manejo de la materia prima desde su ingreso.
 - Supervisar y dirigir al personal de la línea de producción.
 - Implementar y vigilar el cumplimiento de la política de calidad de la empresa.
 - Velar por la seguridad industrial dentro de la planta.

- Tareas relacionadas
 - Planificación
 - Almacenamiento
 - Control de procesos
 - Mantenimiento
 - Control de calidad
 - Inventario de materia prima y producto terminado

- Operarios
 - Objetivos del puesto

Realizar las tareas asignadas para la fabricación de baldosas refractarias.

- Funciones principales
 -
 - Velar por el proceso productivo.
 - Utilizar de forma correcta la materia prima y la maquinaria.
 - Cooperar por el cumplimiento de la demanda y los tiempos de entrega al cliente.
 - Colaborar con otras tareas relacionadas con la producción.

- Tareas relacionadas
 - Operaciones relacionadas con el proceso productivo como la mezcla, vaciado y vibrado, lubricación de moldes, entre otros.
 - Realizar el embalaje.
 - Limpieza general de la línea de producción.
 - Reabastecimiento de la materia prima.

3.2. Legal

Los aspectos legales a considerar, se describen a continuación.

3.2.1. Contratación de personal

La Gerencia de Ingeniería, Investigación y Desarrollo es supervisada y avalada por la Gerencia Administrativa; será la encargada de la evaluación de todos los candidatos para asegurar que el reclutamiento del futuro personal cumpla con los requisitos establecidos anteriormente.

- Jornada de trabajo

Se consideró para el supervisor y los operarios de la línea de Producción, la jornada ordinaria de trabajo efectivo diurno, el Código de Trabajo, en el artículo 16 establece que esta no debe ser mayor de ocho horas diarias ni exceder cuarenta y ocho horas en una semana. Tomando en cuenta lo establecido en la ley, los horarios de trabajo serán de las ocho horas a las diecisiete horas con una hora de almuerzo, de lunes a viernes. Trabajarán siete horas diarias haciendo un total de treinta y cinco horas a la semana efectivas.

- Salario

La remuneración que recibirán los trabajadores es por unidad de tiempo, el cual será cada quincena y fin de mes. El salario que devengará el supervisor es de Q 3 500,00 más Q 250,00 de bonificación haciendo un total de Q 3 750,00 y el operario devengará Q 2 200,00 más Q 250,00 de bonificación haciendo un total de Q 2 450,00.

- Contratos

La empresa cuenta con contratos individuales de trabajo, los cuales se registran en el Ministerio de Trabajo y Previsión Social. Los empleados contarán con las prestaciones laborales y bonos establecidos por la ley. La empresa se encuentra afiliada al Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), por lo que los empleados son inscritos al mismo.

- Vacaciones

La empresa cierra operaciones a fin de año por 10 días hábiles, los cuales se descuentan de los 15 días hábiles estipulados por la ley. Se les otorga vacaciones al cumplir un año de laborar en la empresa.

3.2.2. Régimen de la empresa

Está inscrita como una sociedad anónima con un plazo indefinido. El objetivo de la constitución de la empresa es el siguiente:

- La fabricación, importación, exportación y comercialización de productos térmicos y productos relacionados con dicha actividad.
- El desarrollo de todo tipo de actividades científicas, comerciales e industriales dentro y fuera del país. Puede prestar servicios relacionados con dicha actividad a entidades públicas y privadas, como a personas individuales o jurídicas.
- Ejercer la agencia, representación y distribución de cualquier casa, firma o empresa nacional o extranjera.
- Compraventa de toda clase de bienes muebles como maquinaria, equipo de producción, accesorios, y toda clase de enseres utilizados en la industria y el comercio.
- Reparación y mantenimiento de todo tipo de equipo industrial.

- Importación, exportación, compra-venta, distribución y comercialización de maquinaria, equipo y repuestos industriales.
- Elaboración técnica y ejecución de proyectos de introducción, ampliación y modificación de energía eléctrica pública o privada.
- Elaboración de estudios de impacto ambiental, prefactibilidad, factibilidad y análisis de sistemas de potencia, en sí todo tipo de estudio científico y profesional.
- Realizar cualquier otra actividad que se considere subsidiaria, conexas o complementarias de las anteriores o que coadyuve directa o indirectamente a logro de las mismas, incluyendo la participación en licitaciones y cotizaciones públicas o privadas.

4. ESTUDIO AMBIENTAL

4.1. Evaluación del impacto ambiental

La evaluación de impacto ambiental identificará y predecirá qué acciones del proceso de la línea de producción de baldosas refractarias tendrán un impacto negativo sobre el medio ambiente.

Para evaluar el impacto ambiental del proyecto se utilizó el método de la matriz de Leopold. El objetivo del desarrollo de esta matriz es establecer relaciones causa–efecto de acuerdo con las características del proyecto, considerando todas las actividades involucradas en el proceso de construcción y operación del proyecto. De esta forma se sabrá el impacto en el ambiente y la intensidad que cada una de ellas tendrá.

Para realizar la matriz de Leopold primero se debe identificar las interacciones existentes del proyecto. Existen matrices de chequeo que contienen 100 posibles acciones proyectadas (columnas) y 88 factores ambientales (filas) susceptibles a ser modificados por el proyecto (ver matrices en el anexo). Se hace un análisis a estas matrices de chequeo para descartar las acciones y factores que no tienen relación alguna con el proyecto.

Posteriormente, al tener la estructura de la matriz, se deben de ponderar cada celda de la matriz con un rango de 1 a 10, siendo esta una manera cuantitativa o utilizando colores o símbolos esta es una forma cualitativa.

Tabla VIII. **Ponderación para matriz de Leopold**

Ponderación		Inapreciable
		No significativo
		Moderado
		Significativo negativo
		Significativo positivo
		No aplica

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Matriz de Leopold**

Factores ambientales \ Acciones del proyecto		Construcción		Funcionamiento		
		Instalación maquinaria	Instalación electricidad	Mezcla	Fundición	Embalaje
Atmósfera	Calidad de aire (gases)					
	Ruido ambiental					
Tierra	Suelo					
Agua	Agua subterránea					
	Agua superficial					
Ambiente biológico	Fauna					
	Flora					
Factores culturales	Desarrollo económico					
	Enfermedades					
	Lesiones / accidentes					

Fuente: elaboración propia.

En la tabla VIII se observa que se optó por trabajar una matriz cualitativa. Hay seis niveles para ponderar el impacto de las acciones del proyecto, identificado cada nivel con su respectivo color.

- Área de influencia

En la tabla IX se observa el resultado de la evaluación de impacto ambiental del proyecto de la línea de Producción de baldosas refractarias por medio de la matriz de Leopold. Como se puede ver en la tabla de ponderación, los colores que ocasionan o producen alteraciones en el ambiente son el amarillo y rojo; estos deben tener una mayor atención en el proceso de mitigación. Si se observa detenidamente, las celdas de la matriz marcadas con estos colores se encuentran en la columna de funcionamiento del proyecto, en las actividades de mezcla y fundición del proceso de fabricación de las baldosas refractarias. La actividad restante del proceso de operación no ocasiona ninguna alteración al medio ambiente, al igual que las actividades que corresponden al proceso de construcción.

En las actividades mezcla y fundición se tiene un impacto negativo en el agua y en el ambiente biológico. Esto se debe a que en ambas actividades existirá merma de pasta refractaria, la cual debe tener un tratamiento previo al querer desecharla debido a las consecuencias negativas que estos pueden causar. Para ello se debe tener un plan de mitigación establecido antes de empezar con la operación de la línea de producción.

La mezcla tiene un impacto moderado en enfermedades, esto se debe a que los operarios estarán manipulando constantemente el concreto refractario en estado de polvo. Para minimizar el riesgo se ha establecido en la sección de

seguridad industrial, en el capítulo 2 del presente trabajo, que los operarios deben utilizar guantes, anteojos y mascarilla para polvo al momento de estar laborando.

4.2. Mitigación

Posterior a la evaluación de impacto ambiental, en este caso la matriz de Leopold, se procede con los planes de mitigación, sin estos no tendría ningún sentido el estudio ambiental.

La mitigación es el conjunto de medidas destinadas a:

- Evitar completamente el impacto
- Minimizar el impacto
- Restaurar o rehabilitar el medio afectado
- Reducir o eliminar el impacto mediante acciones de protección
- Compensar el impacto, proporcionando recursos sustitutos

Se desarrollaron dos planes de mitigación, uno para el manejo de desechos sólidos y otro para el tratamiento de aguas residuales, para contrarrestar los impactos negativos del proceso de fabricación de baldosas refractarias en el medio ambiente.

4.2.1. Plan de manejo de desechos

El residuo de concreto refractario es un desecho inorgánico, lo que quiere decir, que este producto no es capaz de descomponerse. En la producción de baldosas refractarias se contempló la cantidad óptima de material a utilizar para reducir el desperdicio de pasta refractaria, se tiene calculado que, por día se tendrá una merma de 7,98 kilogramos. Parte de la merma se utilizará al instante para hacer probetas para el control de calidad de las baldosas refractarias.

Los residuos de concreto refractario que se tendrán en el proceso se venderán como materia prima a una pequeña empresa refractaria, en la cual producen ladrillos refractarios de baja alúmina. El concreto refractario se puede reutilizar como materia prima por su alto contenido de bauxita para subir el grado de alúmina a los ladrillos.

El proceso para poder reutilizar el concreto que ya ha fraguado como materia prima para la fabricación de ladrillos es simple y de bajo costo. El proceso consiste en la molienda del material a diferentes granulometrías, su homogenización y su mezclado en la pasta refractaria que luego será prensada para la elaboración de los ladrillos refractarios. Antes del mezclado debe evaluarse el grado y la calidad de la alúmina para realizar una correcta y estandarizada formulación. Esta evaluación será realizada por la empresa que reutilizará el concreto refractario como materia prima.

4.2.2. Plan de tratamiento de agua

El agua residual que se tratará está clasificada como residuos líquidos industriales (RLI); el tratamiento a utilizar será el primario debido a la composición del agua residual.

Los tratamientos primarios eliminan los sólidos en suspensión que están presentes en el agua residual. Los principales procesos fisicoquímicos que pueden ser incluidos en el tratamiento primario son sedimentación, flotación, coagulación–floculación y filtración.

Por el tipo de materia prima a utilizar en este proyecto solo se realizarán los procesos de sedimentación y filtración, y se adicionará al plan un proceso de deshidratación. A continuación se explica detalladamente cómo funciona cada proceso para el tratamiento de aguas residuales.

- Sedimentación

Este proceso físico, también es denominado decantación, el cual separa las partículas por gravedad. La partícula por ser más densa que el agua tiene una trayectoria descendente, depositándose en el fondo del sedimentador. Este proceso depende de la densidad del líquido, tamaño, peso específico y de la morfología de las partículas. Por consiguiente, mientras mayor sea el tamaño y la densidad de las partículas más eficaz es la operación, porque esto provoca una mayor velocidad de sedimentación. Con la sedimentación se eliminan los sólidos en suspensión presentes en las aguas residuales aproximadamente de un 60 a 65 por ciento.

Los sedimentadores que se utilizarán son de tipo rectangular, debido a que las partículas que se tendrán serán densas y grandes (arenas). Estos sedimentadores son poco profundos y la velocidad de desplazamiento horizontal del agua es constante.

Las partículas que se depositan en el fondo de los sedimentadores, llamados fangos, serán removidos manualmente por los operarios

periódicamente. Estos fangos se añadirán a los desechos sólidos para que sean reutilizados como materia prima.

- Filtración

La filtración es una operación en la que se hace pasar el agua a través de una malla de acero inoxidable con un *US standardized mesh 50*, que equivale a 0,3 milímetros, con el objetivo de retener la mayor cantidad posible de materia en suspensión y al mismo tiempo permitiendo un flujo continuo del agua.

- Deshidratación

Luego de almacenar los desechos sólidos y fangos con alto contenido de agua deberán ser deshidratados para su comercialización. Se utilizará el proceso de deshidratación al sol durante dos a tres días. De esta forma se podrá mejorar su manipulación, almacenaje, medición de peso y comercialización.

5. ESTUDIO ECONÓMICO

A continuación se describe detalladamente el costo total en el que incurrirá la empresa de estudio para la implementación de la línea de producción de baldosas refractarias, contemplando los costos de inversión y de producción.

5.1. Costos de inversión

Estos contemplan todos los recursos necesarios para llevar a cabo el proceso de fabricación de baldosas refractarias, incluyendo la maquinaria, equipo, así también los costos de instalación, que son los que se realizan antes de iniciar la operación del proceso.

5.1.1. Maquinaria

Los costos que contiene la maquinaria son la mezcladora satelital, el vibrador para concreto y la báscula digital, que a continuación se detallan:

- Mezcladora satelital: tiene una capacidad para 100 kilogramos con un motor de 5 HP y una alimentación de 220 voltios, con un valor de Q 52 650,00.
- Vibrador para concreto: con un motor de 3 HP y una alimentación de 110 voltios, tiene un valor de Q 8 000,00.
- Báscula digital: industrial portátil con una capacidad para 100 kilogramos, tiene un valor de Q 2 150,00.

Totalizando los costos de maquinaria se determina que estos ascienden a Q 62 800,00. No se menciona el montacargas debido a que ya es parte del patrimonio de la empresa.

5.1.2. Equipo

En los costos de equipo se está considerando el que se necesita para la fabricación de los tres diseños de las baldosas refractarias. En la tabla X se describe el costo por unidad, cantidad de *ítems* y el total.

Tabla X. **Costos de equipo**

Descripción	Cantidad	Costo unitario (Q)	Costo total (Q)
Molde diseño 1	9	450,00	4 050,00
Molde diseño 2	8	300,00	2 400,00
Molde diseño 3	6	500,00	3 000,00
Lámina de acero	2	310,95	621,90
<i>Pallet truck</i>	1	1690,00	1 690,00
Manguera	1	139,99	139,99
Total			Q 11 901,89

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la tabla X se tiene un total de Q 11 901,89 de costo de equipo. Con las dos láminas de acero consideradas para adquirir se obtendrán 24 láminas de acero del tamaño establecido en el capítulo 2. Los costos de los moldes varían por la dificultad de elaboración y la cantidad de material que conlleva cada uno.

5.1.3. Instalación

En los costos de instalación se toman en cuenta todos los relacionados con el conjunto de recursos necesarios para llevar a cabo el proceso de fabricación de baldosas refractarias, los cuales incluyen las instalaciones eléctricas, de agua, mobiliario y fijación de la maquinaria.

El área donde se hará la instalación de la línea de producción, cuenta con instalación de agua y un drenaje, a este último es necesario hacerle modificaciones para poder cumplir con el plan de mitigación del tratamiento del agua para eliminar los sólidos, para que estos sean reutilizados. La realización de este drenaje tiene un costo, contemplando materiales y mano de obra, de Q 6 000,00.

Actualmente existe una instalación eléctrica de la cual se necesita hacer una pequeña modificación, se debe agregar un toma corriente más, el cual se debe encontrar en el área de mezcla para alimentar la mezcladora satelital y este debe ser una conexión para 220 voltios, ya que actualmente el tomacorriente más cercano de esta se encuentra a 10 metros. La modificación de la instalación eléctrica está cotizada por un valor de Q 1 050,00.

En la bodega de almacenaje se utilizarán estanterías de acero tipo industrial de 5 niveles las cuales se comprarán armadas. Cada estantería tiene un costo de Q 615,00 se necesitan dos, lo que hace un total de Q 1 230,00. Las bandas transportadoras de rodillos por gravedad tienen un costo cada una de Q 5 500,00 esto hace un total de Q16 500,00 por las tres bandas transportadoras y de Q 2 000,00 por el carrito transportador, el proveedor de las bandas transportadoras hará la instalación de las mismas.

En la tabla XI se tomaron en cuenta los costos de los párrafos anteriores, dando como total para el costo de instalación de Q 26 780,00.

Tabla XI. **Costos de instalación**

Descripción	Costo (Q)
Modificaciones drenaje	6 000,00
Modificación instalación eléctrica	1 050,00
Estanterías (2)	1 230,00
Bandas transportadoras	18 500,00
Total	Q 26 780,00

Fuente: elaboración propia.

A continuación, en la tabla XII se muestra el resumen de los costos de inversión para la línea de producción, detallando que se incurrirá en un total de Q 101 481,89.

Tabla XII. **Resumen costos totales de inversión**

Descripción	Costo (Q)
Maquinaria	62 800,00
Equipo	11 901,89
Instalación	26 780,00
Total	Q 101 481,89

Fuente: elaboración propia.

Ver apéndice para consulta de cronograma de actividades de la fase de instalación de la línea de producción de baldosas refractarias.

5.2. Costos de producción

Los costos de producción es el costo que incluye la mano de obra directa, materia prima y gastos de fabricación.

5.2.1. Mano de obra directa

En este inciso se describe la mano de obra directa que incurrirá la línea de producción.

Tabla XIII. **Cálculo MOD**

Puesto	Salario base	Bono incentivo	Aguinaldo	Bono 14	Vacaciones	Indemnización
Operario 1	2 200,00	250,00	183,33	183,33	102,08	204,17
Operario 2	2 200,00	250,00	183,33	183,33	102,08	204,17
Total	Q 4 400,00	Q 500,00	Q 366,67	Q 366,67	Q 204,17	Q 408,33

Puesto	IGGS	IRTRA	INTECAP	Total prestaciones mensuales	Total pasivo laboral anual
Operario 1	234,70	22,00	22,00	3 401,66	40 819,88
Operario 2	234,70	22,00	22,00	3 401,66	40 819,88
Total	Q 469,48	Q 44,00	Q 44,00	Q 6 803,31	Q 81 639,76

Fuente: elaboración propia.

De la tabla XIII se obtiene que el costo total en mano de obra directa, dos operarios, es de Q 6 803,31 mensuales y un total de Q 81 639,67 para el primer año de operaciones.

5.2.2. Materia prima

El análisis del costo total de la materia prima a utilizar se realizó tomando en cuenta la producción estimada que tendrá la línea de producción mensualmente.

Se necesitarán 320 sacos mensuales de concreto refractario para abarcar la demanda estimada, cada saco tiene un costo de Q 113,50, haciendo un total de Q 36 320,00 mensuales.

El agua es la otra materia prima que se tiene para la fabricación de baldosas refractarias, la cual se usa con una proporción entre el 14 y 16 por ciento por cada saco de concreto refractario, lo que da como resultado que se utilizará 1 200 litros al mes aproximadamente. La empresa paga por el agua mensualmente Q150,00.

Se hace recordatorio, que el insumo que es el lubricante la empresa lo conseguirá sin ningún costo.

5.2.3. Gastos de fabricación

Dentro de los gastos de fabricación se incluirán el equipo de protección personal, asimismo, las herramientas con que se apoyarán los operarios para realizar su trabajo.

Los lentes industriales, resistentes al impacto, tienen un costo de Q 15,75 cada uno; las mascarillas contra polvo y partículas se adquirirán en una presentación de 20 unidades por caja a un precio de Q174,00 y las botas industriales a Q 445,00 cada una.

En la tabla XIV se detallan los gastos en mano de obra indirecta, que contempla al supervisor de producción, la cual es de Q 4 820,02 mensuales y para el primer año Q 57 840,28.

Tabla XIV. **Cálculo MOI**

Puesto	Salario base	Bono incentivo	Aguinaldo	Bono 14	Vacaciones	Indemnización
Supervisor de producción	3 200,00	250,00	266,67	266,67	143,75	287,50
Tota	Q 3 200,00	Q 250,00	Q 266,67	Q 266,67	Q 143,75	Q 287,50

Puesto	IGGS	IRTRA	INTECAP	Total prestacioens mensuales	Total pasivo laboral anual
Supervisor de producción	341,44	32,00	32,00	4 820,02	57 840,28
Tota	Q 341,44	Q 32,00	Q 32,00	Q 4 820,02	Q 57 840,28

Fuente: elaboración propia.

El consumo de energía eléctrica, también está incluida en estos gastos. De las actividades del proceso se puede observar que la mezcladora satelital y el vibrador para concreto son las únicas máquinas que necesitarán ser alimentadas por energía eléctrica. De la siguiente fórmula se obtiene el costo por hora de cada uno:

- Mezcladora satelital

$$\left(1_{motor} * \frac{5HP}{motor}\right) * \left(\frac{0,75KW}{1HP}\right) * \left(\frac{Q.1,89}{KW - hr}\right) = Q.7,09/hr$$

- Vibrador para concreto

$$\left(1_{motor} * \frac{3HP}{motor}\right) * \left(\frac{0,75KW}{1HP}\right) * \left(\frac{Q.1,89}{KW - hr}\right) = Q.4,25/hr$$

La mezcladora satelital se usará 0,333 horas al día y el vibrador para concreto tendrá un uso de 0,326 horas al día, lo que da como resultado de consumo monetario de Q 74,61 al mes y de Q 895,29 anuales, este costo tiene incluido el IVA. La empresa gasta mensualmente Q 600,00 de gas propano para el montacargas, del cual se tiene calculado que un 10 por ciento de su uso será para el movimiento de las baldosas refractarias.

El agua se paga mensualmente una cuota de Q150,00 como se mencionó anteriormente, esto se convierte en Q1 800,00 anualmente. Este costo será incluido únicamente en los costos de materia prima.

Las máquinas tendrán un uso diario, por lo que se tendrá un mantenimiento preventivo. A la mezcladora satelital y al vibrador para concreto, se les debe sustituir las herramientas gastadas o agrietadas inmediatamente y se les debe proporcionar los servicios adecuados a los motores. Las bandas transportadoras tendrán su limpieza y engrase de cojinetes periódicamente. El filtro que se usará en el drenaje para la retención de partículas, también recibirá un servicio semestral para su conservación.

En la tabla XV se puede observar cada cuánto se adquirirá cada artículo para suplir la línea de producción como se planeó. Algunos artículos en la descripción tienen una unidad entre paréntesis para distinguir la presentación en la que se cotizó el producto.

Tabla XV. **Detalle gastos de fabricación**

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total	Compras al año	Costo total anual
Equipo protección personal					
Guantes (cuero)	3	Q 23,75	Q 71,25	3	Q 213,75
Mascarillas (20u/caja)	2	Q 172,00	Q 344,00	6	Q 2 064,00
Lentes industriales	3	Q 15,75	Q 47,25	6	Q 283,50
Botas industriales	3	Q 445,00	Q 1 335,00	1	Q 1 335,00
Herramientas					
Cubetas plásticas	6	Q 18,99	Q 113,94	2	Q 227,88
Espátulas	2	Q 12,99	Q 25,98	1	Q 25,98
Cucharas de albañil	4	Q 22,99	Q 91,96	2	Q 183,92
Regla de madera de pino cepillado	2	Q 5,00	Q 10,00	2	Q 20,00
Wipe (libras)	5	Q 9,95	Q 49,75	12	Q 597,00
Energía eléctrica y combustible					
Mezcladora satelital (hora)	1	Q 7,09	Q 28,33	12	Q 340,00
Vibrador para concreto (hora)	1	Q 4,25	Q 46,27	12	Q 555,29
Gas propano (montacargas)	1	Q 60,00	Q 60,00	12	Q 720,00
Mantenimientos					
Mezcladora satelital	1	Q 900,00	Q 900,00	1	Q 900,00
Vibrador para concreto	1	Q 500,00	Q 500,00	1	Q 500,00
Bandas transportadoras	3	Q 20,00	Q 60,00	12	Q 720,00
Filtro de drenaje	1	Q 200,00	Q 200,00	2	Q 400,00
Total					Q 9 086,32

Fuente: elaboración propia.

A continuación, en la tabla XVI se observan los costos de producción que se han tomado en cuenta.

Tabla XVI. **Resumen costos totales de producción (Q)**

Descripción	Mensual	Anual
Materia prima	36 470,00	437 640,00
Mano de obra	6 803,31	81 639,76
Gastos de fabricación	5 577,22	66 926,60
Total	Q 48 850,53	Q 586 206,36

Fuente: elaboración propia.

- **Costo fijo**

La empresa en estudio tiene un costo fijo de Q120 000,00 anual, en los cuales se incluye alquiler, sueldos administrativos, seguros, entre otros. La línea de producción de baldosas refractarias incurre en el costo fijo mencionado el quince por ciento debido al área de ocupación.

6. ESTUDIO FINANCIERO

Posteriormente de haber realizado el estudio de mercado que proporciona los ingresos y los estudios técnico administrativo–legal, ambiental y económico que proporcionan egresos, se procede a realizar el análisis financiero para conocer la viabilidad de la línea de producción de baldosas refractarias.

6.1. Flujo de efectivo del proyecto

Se realizó el cálculo de ingresos y egresos contemplando un período de cinco años, del 2015 al 2019. La inflación proyectada según el Banco de Guatemala para el año 2015 está entre un 2,85 y 4,85 por ciento y para el 2016 se encuentra entre 3,10 y 5,10; se calculó el promedio de los límites de la inflación quedando 3,85 y 4,10 por ciento para cada año respectivamente. La proyección de los años restantes (2 017, 2 018 y 2 019) se obtuvo del promedio de los cinco años anteriores.

6.1.1. Ingresos

Este se calculó con la demanda estimada anual y el precio de cada diseño de las baldosas refractarias que se tiene para cada año. En las tablas que se muestran a continuación se puede observar que los precios aumentan cada año debido a la inflación que se consideró anualmente y las ventas tendrán un ocho por ciento de crecimiento anual.

Tabla XVII. **Proyección del precio de baldosas refractarias**

Diseño baldosa	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<i>Diseño 1</i>	Q 129,09	Q 135,54	Q 142,32	Q 149,44	Q 156,91
<i>Diseño 2</i>	Q 102,70	Q 107,84	Q 113,23	Q 118,89	Q 124,83
<i>Diseño 3</i>	Q 192,44	Q 202,06	Q 212,17	Q 222,77	Q 233,91

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Demanda anual de baldosas refractarias**

Año	Cantidad de baldosas		
	Diseño 1	Diseño 2	Diseño 3
1	2160	1890	1350
2	2268	1985	1418
3	2381	2084	1488
4	2500	2188	1563
5	2625	2297	1641

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Ingreso anual**

AÑO	INGRESO			TOTAL INGRESO
	DISEÑO 1	DISEÑO 2	DISEÑO 3	
1	Q 278 834,40	Q 194 103,00	Q 259 794,00	Q 732 731,40
2	Q 316 198,21	Q 220 112,80	Q 294 606,40	Q 830 917,41
3	Q 358 568,77	Q 249 607,92	Q 334 083,65	Q 942 260,34
4	Q 406 616,98	Q 283 055,38	Q 378 850,86	Q 1 068 523,23
5	Q 461 103,66	Q 320 984,80	Q 429 616,88	Q 1 211 705,34

Fuente: elaboración propia.

6.1.2. Egresos

Se obtuvieron de la demanda estimada anual por el costo unitario de cada diseño. En las siguientes tablas se observan los costos unitarios de los distintos diseños de baldosas refractarias y se detalla el costo total por diseño y por año. Al igual que los precios de las baldosas refractarias los costos unitarios son afectados por la inflación anual.

Tabla XX. **Costo unitario de baldosas refractarias**

Costo unitario	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<i>Diseño 1</i>	Q 103,49	Q 108,05	Q 112,36	Q 116,97	Q 121,70
<i>Diseño 2</i>	Q 85,40	Q 89,16	Q 92,72	Q 96,52	Q 100,43
<i>Diseño 3</i>	Q 149,08	Q 155,64	Q 161,85	Q 168,50	Q 175,31

Fuente: elaboración propia.

En el costo unitario se contempló los costos de materia prima, mano de obra directa y gastos de fabricación.

Tabla XXI. **Egreso total**

Año	Costo total por diseño			Total egreso producción	Costo fijo	Total egresos
	Diseño 1	Diseño 2	Diseño 3			
1	Q 223 541,54	Q 161 408,23	Q 201 256,59	Q 586 206,36	Q 18 000,00	Q 604 206,36
2	Q 252 047,56	Q 181 991,00	Q 226 920,83	Q 660 959,39	Q 18 792,00	Q 679 751,39
3	Q 283 083,49	Q 204 400,50	Q 254 862,77	Q 742 346,76	Q 19 542,55	Q 761 889,31
4	Q 318 273,66	Q 229 809,58	Q 286 544,82	Q 834 628,06	Q 20 344,34	Q 854 972,41
5	Q 357 640,90	Q 258 234,70	Q 321 987,52	Q 937 863,12	Q 21 167,35	Q 959 030,46

Fuente: elaboración propia.

Anteriormente se proporcionaron los ingresos y egresos totales con los cuales se obtiene la utilidad, la diferencia entre estos dos. Para obtener la utilidad neta de la línea de producción de baldosas refractarias, se debe aplicar el 25 % del ISR a la utilidad, como se muestra en la tabla XXII.

Tabla XXII. **Utilidad neta**

AÑO	TOTAL INGRESO	COSTOS	UTILIDAD	ISR (25%)	UTILIDAD NETA
1	Q 732 731,40	Q 604 206,36	Q 128 525,04	Q 32 131,26	Q 96 393,78
2	Q 830 917,41	Q 679 751,39	Q 151 166,01	Q 37 791,50	Q 113 374,51
3	Q 942 260,34	Q 761 889,31	Q 180 371,03	Q 45 092,76	Q 135 278,27
4	Q 1 068 523,23	Q 854 972,41	Q 213 550,82	Q 53 387,70	Q 160 163,11
5	Q 1 211 705,34	Q 959 030,46	Q 252 674,88	Q 63 168,72	Q 189 506,16

Fuente: elaboración propia.

La figura 23 muestra el flujo de caja o también llamado flujo de efectivo es un cálculo del volumen de los ingresos y gastos, que incurrirá la línea de producción de baldosas refractarias para un período de cinco años de operaciones. El cual permite el monitoreo de la cantidad de efectivo necesario para cubrir los gastos, en otras palabras permitirá saber si habrá un excedente o faltante de dinero en determinado momento.

Figura 23. Flujo de caja

	0	1	2	3	4	5
Línea de baldosas refractarias						
Proyección a 5 años						
Año						
Saldo inicial	Q -	Q (101 481,89)	Q (5 088,11)	Q 108 286,40	Q 243 564,67	Q 403 727,78
Ingresos						
Ventas	Q -	Q 732 731,40	Q 830 917,41	Q 942 260,34	Q 1 068 523,23	Q 1 121 170,34
Total ingresos	Q -	Q 631 249,51	Q 825 829,30	Q 1 050 546,74	Q 1 312 087,90	Q 1 615 433,12
Egresos						
Costos de inversión	Q 101 481,89		Q -	Q -	Q -	Q -
Mano de obra directa	Q -	Q 81 639,76	Q 85 231,91	Q 88 636,07	Q 92 272,63	Q 96 005,39
Materia prima	Q -	Q 437 640,00	Q 493 447,85	Q 554 208,65	Q 623 102,46	Q 700 173,94
Gastos de fabricación	Q -	Q 66 926,60	Q 82 279,63	Q 99 502,04	Q 119 252,97	Q 141 683,79
Costo fijo	Q -	Q 18 000,00	Q 18 792,00	Q 19 542,55	Q 20 344,34	Q 21 167,35
ISR (25%)	Q -	Q 32 131,26	Q 37 791,50	Q 45 092,76	Q 53 387,70	Q 63 168,72
Total egresos	Q 101 481,89	Q 636 337,62	Q 717 542,90	Q 806 982,07	Q 908 360,11	Q 1 022 199,18
Flujo efectivo	Q (101 481,89)	Q (5 088,11)	Q 108 286,40	Q 243 564,67	Q 403 727,78	Q 593 233,94

Fuente: elaboración propia.

6.2. Evaluación financiera del proyecto

El propósito de la evaluación financiera es determinar si la línea de producción de baldosas refractarias es rentable; si este generará los recursos suficientes para justificar la inversión establecida en el estudio económico. Para llegar a una conclusión se realizaron varios análisis, los cuales son el punto de equilibrio, el valor presente neto, relación beneficio-costos y el cálculo de la tasa interna de retorno.

6.2.1. Punto de equilibrio

El punto de equilibrio que se realizó es de productos múltiples, debido a que se tiene tres tipos de baldosas refractarias (diseño 1, diseño 2 y diseño 3). En este punto la empresa no genera ninguna utilidad ni pérdida, los costos e ingresos son iguales. Para la determinación del punto de equilibrio se debe en primer lugar conocer los costos fijos y variables, así también, el precio de venta y las unidades producidas de la línea de producción de baldosas refractarias. A continuación se muestra el cálculo del punto de equilibrio anual para el primer año de operaciones.

Tabla XXIII. Datos para punto de equilibrio

Producto	Unidades producidas	Precio (Q.)	Costo variable unitario (Q.)
<i>Diseño 1</i>	2160	129,09	103,49
<i>Diseño 2</i>	1890	102,70	85,40
<i>Diseño 3</i>	1350	192,44	149,08
Costo fijo	Q 18 000,00		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Cálculos para punto de equilibrio I**

Producto	Unidades producidas	Precio (Q.)	Ventas (Q.)	% Ítem en ventas (I)
<i>Diseño 1</i>	2160	129,09	278 834,40	38%
<i>Diseño 2</i>	1890	102,70	194 103,00	26%
<i>Diseño 3</i>	1350	192,44	259 794,00	35%
Total			Q 732 731,40	100%

Fuente: elaboración propia.

El costo fijo que se describe en la tabla XXIV se obtuvo del estudio económico y el porcentaje de *ítem* en ventas, tabla XXV, es la combinación relativa de productos que se venderán en la empresa, el cual se obtiene dividiendo la venta por diseño por el total de ventas de los tres diseños de baldosas refractarias.

Tabla XXV. **Cálculos para punto de equilibrio II**

Producto	Precio (Q.)	CV (Q.)	1-CV/P	(1-CV/P)*I
<i>Diseño 1</i>	129,09	103,49	0,1983	0,08
<i>Diseño 2</i>	102,70	85,40	0,1684	0,04
<i>Diseño 3</i>	192,44	149,08	0,2253	0,08

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XXV se realizan los cálculos para obtener el punto de equilibrio, donde:

- CV = costo variable unitario

- P = precio
- I = ítem en ventas

La sumatoria de la columna “(1-CV/P)*I” es igual a 0,20; dato que se multiplica por el costo fijo para obtener el punto de equilibrio monetario, dando como resultado Q 90 013,05.

En la tabla XXVI se obtiene el punto de equilibrio (PE) de ventas para cada diseño multiplicando el ítem en ventas por el punto de equilibrio monetario obtenido anteriormente. Y el punto de equilibrio por unidades producidas se obtiene de la división de punto de equilibrio en ventas por el precio.

Tabla XXVI. **Punto de equilibrio (PE)**

Producto	Precio (Q)	% Ítem en ventas	PE ventas	PE unidades producidas
<i>Diseño 1</i>	129,09	38%	34 253,66	265
<i>Diseño 2</i>	102,70	26%	23 844,76	232
<i>Diseño 3</i>	192,44	35%	31 914,63	166
Punto de equilibrio			Q 90 013,05	663

Fuente: elaboración propia.

Como resultado se obtuvo que el punto de equilibrio monetario para la línea de producción de baldosas refractarias es de Q 90 013,05 es equivalente si la empresa vende 663 baldosas refractarias en un año. En la tabla XXVII se puede ver el desglose monetario y de unidades producidas por cada diseño de baldosa refractaria.

6.2.2. Valor presente neto

El valor presente neto (VPN) es una herramienta de evaluación de proyectos que indica la cantidad monetaria que se obtendría en el presente (hoy) por invertir en determinado proyecto. Corresponde a la diferencia del valor presente de los ingresos y egresos del proyecto; el cual si es mayor que cero indica que el proyecto es rentable.

Tabla XXVII. **Valor presente de ingresos**

Año	Ingreso total (Q)	P/F	VPI (Q)
0	0,00	1	0,00
1	732 731,40	0,89285714	654 224,46
2	830 917,41	0,79719388	662 402,27
3	942 260,34	0,71178025	670 682,30
4	1 068 523,23	0,63551808	679 065,83
5	1 211 705,34	0,56742686	687 554,15
		Total	Q 3 353 929,01

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Valor presente de egresos**

Año	Egreso total (Q)	P/F	VPE (Q)
0	101 481,89	1	101 481,89
1	636 337,62	0,89285714	568 158,59
2	717 542,90	0,79719388	572 020,80
3	806 982,07	0,71178025	574 393,90
4	908 360,11	0,63551808	577 279,27
5	1 022 199,18	0,56742686	580 023,27
		Total	Q 2 973 357,72

Fuente: elaboración propia.

En las tablas XXVIII y XXIX los datos de ingreso y egreso total se obtienen del flujo de efectivo que se muestra en la tabla XXIII, donde:

- $P/F = (P/F, i, n) = \frac{F}{(1+i)^n}$

Donde:

F = valor en el tiempo n

i = tasa de interés, en este caso es el 12 %

n = número de periodos a calcular

- VPI = valor presente de ingresos
- VPE = valor presente de egresos

. Sumando el valor presente de ingresos de los cinco años de estudio da como resultado Q3 353 929,01 haciendo lo mismo con el valor presente de egresos se tiene como derivación Q 2 973 357,72. El valor presente neto se obtiene de la diferencia entre estos dos resultados siendo este de Q380 571,29.

6.2.3. Relación beneficio–costo

Para la relación beneficio–costo, también se utilizan los valores presentes de los ingresos y egresos, para determinar cuáles son los beneficios por cada quetzal que se invierte en el proyecto; por consiguiente el valor presente neto es la herramienta que suministra los datos necesarios para el cálculo de este indicador, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\text{beneficio/costo} = Q \ 3 \ 353 \ 929,01 / Q \ 2 \ 973 \ 357,72$$

$$\text{beneficio/costo} = Q \ 1,13$$

La relación beneficio costo es de Q 1,13 indica que, por cada Q 1,00 que se invierte se gana Q 0,13.

6.2.4. Tasa interna de retorno

Es la tasa a la cual el total de los beneficios actualizados (VPI) son igual a los desembolsos actuales (VPE), en otras palabras, es la tasa de interés por la cual el VPN es igual a cero. La TIR se determina a través de tanteos haciendo variar la tasa de interés (*i*) hasta encontrar un cambio de signo en el VPN resultante.

Se utiliza la siguiente ecuación:

$$\sum_{t=0}^{t=n} (IT - ET) \frac{1}{(1 + i)^n}$$

Donde:

IT = ingresos totales

ET = egresos totales

n = número de período de cálculo

i = tasa de interés

Evaluando con una tasa de interés del 80 % se obtiene un VPN de Q 709,16 y evaluando con una tasa de interés del 120 % se obtiene un VPN de Q -11 023,24. Se puede observar que un resultado es positivo y el otro es negativo, por lo que se busca una tasa de interés que oscile entre las dos utilizadas anteriormente.

La tasa interna de retorno se compara con la tasa mínima aceptable de rendimiento, si la TIR es mayor a la TMAR es aceptable, de lo contrario se rechaza. En este caso la TIR es 98,00 por ciento es mayor a la TMAR de 12,00 por ciento.

Tabla XXIX. **Tasa interna de retorno**

TIR	VPN
40%	Q 151 442,10
80%	Q 709,16
98,00%	Q -
120%	Q (11 023,24)
125%	Q (14 488,02)
140%	Q (47 564,32)

Fuente: elaboración propia.

6.2.5. Tasa mínima aceptable de rendimiento

La empresa de estudio va a financiar la inversión inicial para la puesta en marcha de la línea de producción de baldosas refractarias por medio de aportes directos por parte de los socios de la empresa. La tasa mínima aceptable de rendimiento, conocida comúnmente como TMAR, por sus siglas, que se utilizó

para el cálculo y análisis del valor presente neto, relación beneficio–costo y la tasa interna de retorno es del 12,00 por ciento.

CONCLUSIONES

1. De acuerdo al estudio financiero, la implementación de la línea de producción de baldosas refractarias es rentable. El punto de equilibrio está muy por debajo de lo que la empresa estima vender en un año, esto es un punto positivo. El VPN dio como resultado mayor que cero, siendo este de Q 380 571,29, al igual que la relación beneficio–costo resultó ser mayor que cero ganando por cada Q 1,00 invertido Q 0,13. La TIR es de 98,00 por ciento, es bastante alta debido a que la inversión se recupera totalmente antes de cumplir dos años de operaciones y el análisis financiero se realizó para un período de cinco años. Por lo que se concluye como viable la implementación de la línea de producción de baldosas refractarias.
2. Con el estudio de mercado se puede establecer que las características de la demanda de las baldosas refractarias son industrias que trabajen con hornos industriales de paredes rectas, que operen a una temperatura máxima de 1 350 °C. Existe una tendencia del porcentaje de venta de cada diseño de baldosas refractarias. Actualmente, la empresa cubre el 27,59 % del mercado total; el cual está dividido en 5 oferentes locales. Con la implementación de la línea de producción se quiere llegar a un 40 % del mercado total.

3. Las baldosas refractarias a fabricar se dividen en tres diseños. El 1 es conocido como baldosa biselada, que se utiliza para los pisos del horno, el 2, la baldosa cuadrada, está diseñada para las paredes del horno y el 3, la rectangular, es la más grande de los tres diseños, pero a la vez es la más frágil y se utiliza para los techos del horno. El material con el que están hechas las baldosas refractarias es un concreto de alta tecnología, el cual contiene un alto grado de alúmina en su composición mineralógica; la temperatura máxima de operación de las baldosas refractarias es de 1 350 °C.
4. Se estableció el proceso de fabricación de las baldosas refractarias, como se pudo observar en los diagramas de operaciones. Son cinco diagramas de operaciones debido a que se establecieron cinco mezclas diferentes, porque las cantidades de materia prima y los tiempos dependen de cuánta pasta refractaria se requiere hacer. El proceso se divide en 5 procesos que son: preparación, mezcla, vaciado y vibrado, desencofrado y oreado, y embalaje.
5. Se tendrá una capacidad instalada de 8 117 baldosas refractarias anuales. Se utilizará el 67 por ciento de la capacidad instalada para cubrir la demanda que la empresa desea.
6. Las máquinas que se necesitan para la fabricación de las baldosas refractarias son la mezcladora satelital de alta energía con una capacidad de 100 kg y con un motor de 5 HP, vibrador para concreto y la báscula digital industrial portátil para la medición precisa de los materias a utilizar.

7. Para mantener la calidad requerida en el proceso de fabricación y en el producto, se tiene una inspección en el proceso de preparación en la calidad de los moldes y su lubricación y en la materia prima. Se tiene otra inspección al momento de hacer el vaciado para el nivel de la pasta refractaria en el molde y una inspección final a la terminación de oreado de las baldosas refractarias. Se tiene un control de calidad en el producto utilizando una muestra según el método de muestreo simple de MIL STD 105E, a las cuales se les realiza un ensayo de resistencia. Dependiendo del resultado se acepta el lote o se rechaza para hacer la entrega al cliente.

RECOMENDACIONES

1. Realizar una evaluación periódica de indicadores de desempeño y productividad para una mejora continua.
2. Utilizar correctamente los recursos por medio de un control de inventarios para evitar pérdidas por deterioro.
3. Realizar capacitaciones al personal para lograr un trabajo eficiente.
4. Implementar un programa de seguridad e higiene industrial, evitando incidentes y accidentes, otorgando un lugar agradable para los trabajadores, lo cual se reflejará en el desempeño.

BIBLIOGRAFÍA

1. ASFAHAL, C. Ray. *Seguridad industrial y salud*. 4a ed. México: Prentice-Hall, 2000. 488 p. ISBN 970-17-0331-6.
2. GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*. Víquez Cuevas, Carlos Ruiz (ed.). 2a ed. México: McGraw-Hill Interamericana, 2005. 459 p. ISBN 970-10-4657-9.
3. GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto. *Calidad total y productividad*. 3a ed. México: McGraw-Hill, 2010. 363 p.
4. LORANTES MARROQUIN, Roland. *Análisis de sensibilidad en una industria de refractarios*. Trabajo de graduación de ciencias económicas. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Económicas, 1996, 173 p.
5. MARTÍNEZ LEAL, Lubding. *Clasificación y utilización de materiales refractarios en la industria del acero*. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1998, 63 p.
6. MEYERS, Fred E.; STEPHENS, Matthew P. *Diseño e instalaciones de manufactura y manejo de materiales*. 3a ed. México, 2006. 528 p.
7. SAMPIERI HERNÁNDEZ, Roberto. *Metodología de la investigación*. 4a ed. México: McGraw-Hill, 2006. 882 p. ISBN 970-10-5753-8.

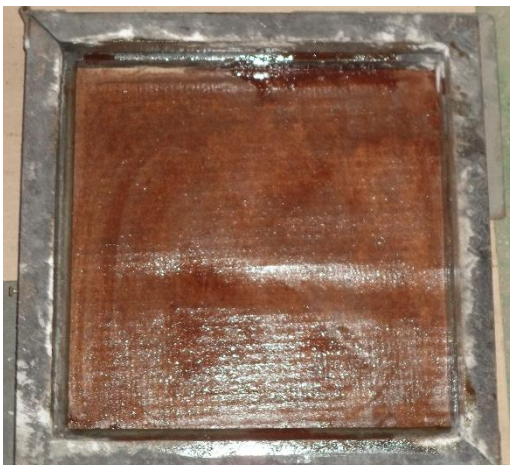
8. SAPAG CHAIN, Nassir. *Proyecto de inversión, formulación y evaluación*. 2a ed. Chile: Pearson Education, 2011. 544 p. ISBN 13:978-956-278-206-7.
9. SAPAG CHAIN, Reinaldo. *Preparación y evaluación de proyectos*. 5a ed. México: McGraw-Hill Interamericana, 2008. 445 p.
10. SULE, Dileep R. *Instalaciones de manufactura. Ubicación, planeación y diseño*. 2a ed. México: Thomson Learning, 2001. 726 p. ISBN 970-686-068-1.
11. TOMPKINS, James. *Planeación de instalaciones*. 4a ed. México: Cengage Learning, 2011. 853 p.

Apéndice 2. **Pruebas de fabricación de baldosas refractarias que se realizaron durante el trabajo de investigación**

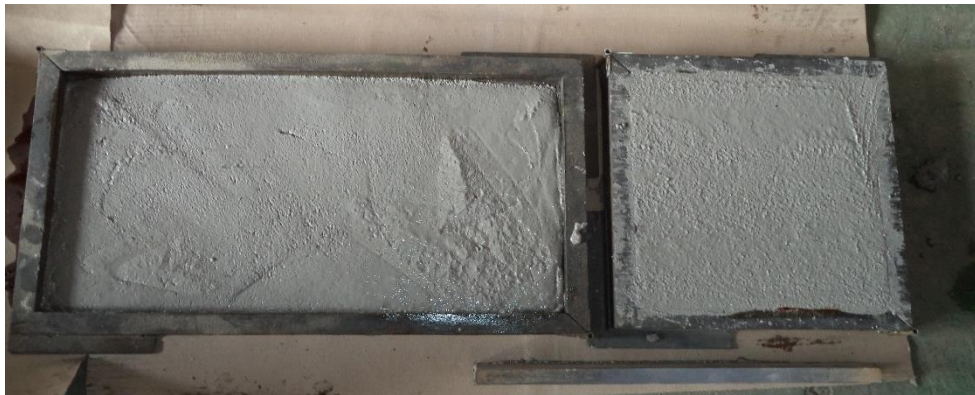
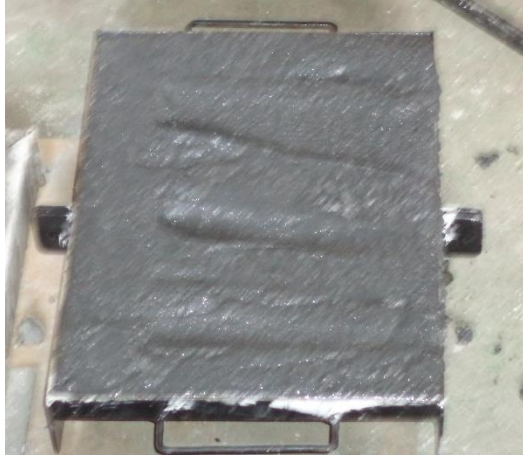
1. Realizando la pasta refractaria



2. Molde con lubricante



3. Pasta refractaria en molde.



4. Baldosa refractaria finalizada.



ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Leopold - Factores ambientales

A. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS	
A.1 TIERRA	
a. Recursos minerales	d. Geomorfología
b. Material de construcción	e. Campos magnéticos y radiactividad de fondo
c. Suelos	f. Factores físicos singulares
A.2 AGUA	
a. Superficiales	e. Temperatura
b. Marinas	f. Recarga
c. Subterráneas	g. Nieve, hielos y heladas
d. Calidad	
A.3 ATMÓSFERA	
a. Calidad (gases, partículas)	c. Temperatura
b. Clima (micro, macro)	
A.4 PROCESOS	
a. Inundaciones	e. Sorción (intercambio de iones, complejos)
b. Erosión	f. Compactación y asentamientos
c. Deposición (sedimentación y precipitación)	g. Estabilidad
d. Solución	h. Sismología (terremotos)
	i. Movimientos de aire
B. CONDICIONES BIOLÓGICAS	
B.1 FLORA	
a. Árboles	f. Plantas acuáticas
b. Arbustos	g. Especies en peligro
c. Hierbas	h. Barreras, obstáculos
d. Cosechas	i. Corredores
e. Microflora	
B.2 FAUNA	
a. Aves	f. Microfauna
b. Animales terrestres, incluso reptiles	g. Especies en peligro
c. Peces y mariscos	h. Barreras
d. Organismos bentónicos	i. Corredores
e. Insectos	
C. FACTORES CULTURALES	
C.1 USOS DEL TERRITORIO	
a. Espacios abiertos y salvajes	f. Zona residencial
b. Zonas húmedas	g. Zona comercial
c. Selvicultura	h. Zona industrial
d. Pastos	i. Minas y canteras
e. Agricultura	
C.2 RECREATIVOS	
a. Caza	e. Camping
b. Pesca	f. Excursión
c. Navegación	g. Zonas de recreo
d. Zona de baño	
C.3 ESTÉTICOS Y DE INTERÉS HUMANO	
a. Vistas panorámicas y paisajes	f. Parques y reservas
b. Naturaleza	g. Monumentos
c. Espacios abiertos	h. Especies o ecosistemas especiales
d. Paisajes	i. Lugares u objetos históricos o arqueológicos
e. Agentes físicos singulares	j. Desamónias
C.4 NIVEL CULTURAL	
a. Modelos culturales (estilos de vida)	c. Empleo
b. Salud y seguridad	d. Densidad de población
C.5 SERVICIOS E INFRAESTRUCTURA	
a. Estructuras	d. Disposición de residuos
b. Red de transportes (movimiento, accesos)	e. Barreras
c. Red de servicios	f. Corredores
D. RELACIONES ECOLÓGICAS	
a. Salinización de recursos hidráulicos	e. Salinización de suelos
b. Eutrofización	f. Invasión de maleza
c. Vectores, insectos y enfermedades	g. Otros
d. Cadenas alimentarias	
E. OTROS	

Matriz de Leopold -Acciones propuestas que pueden causar impacto ambiental

A. MODIFICACIÓN DEL REGIMEN:	
a) Introducción de flora y fauna exótica b) Controles biológicos c) Modificación del hábitat d) Alteración de la cubierta terrestre e) Alteración de la hidrología f) Alteración del drenaje	g) Control del río y modificación del flujo h) Canalización i) Riego j) Modificación del clima k) Incendios l) Superficie o pavimento Ruido y vibraciones
B. TRANSFORMACION DEL TERRITORIO Y CONSTRUCCION:	
a) Urbanización b) Emplazamientos industriales y edificio c) Aeropuertos d) Autopistas y puentes e) Carreteras y caminos f) Vías férreas g) Cables y elevadores h) Líneas de transmisión, oleoductos y corredores i) Barreras incluyendo vallados j) Dragados y alineado de canales	k) Revestimiento de canales l) Canales m) Presas y embalses n) Escolleras, diques, puertos deportivos y terminales marítimas o) Estructuras en alta mar p) Estructuras recreacionales q) Voladuras y perforaciones r) Desmontes y rellenos s) Túneles y estructuras subterráneas
C. EXTRACCIÓN DE RECURSOS:	
a) Voladuras y perforaciones b) Excavaciones superficiales c) Excavaciones subterráneas d) Perforación de pozos y transporte de fluidos	e) Dragados f) Explotación forestal g) Pesca comercial y caza
D. PROCESOS:	
a) Agricultura b) Ganaderías y pastoreo c) Piensos d) Industrias lácteas e) Generación energía eléctrica f) Minería g) Metalurgia	h) Industria química i) Industria textil j) Automóviles y aeroplanos k) Refinerías de petróleo l) Alimentación m) Herrerías (explotación de maderas) n) Celulosa y papel o) Almacenamiento de productos
E. ALTERACIONES DEL TERRENO:	
a) Control de la erosión, cultivo en terrazas o bancales b) Sellado de minas y control de residuos c) Rehabilitación de minas a cielo abierto	d) Paisaje e) Dragado de puertos f) Aterramientos y drenajes
F. RECURSOS RENOVABLES:	
a) Repoblación forestal b) Gestión y control vida natural	c) Recarga aguas subterráneas d) Fertilización e) Reciclado de residuos
G. CAMBIOS EN TRÁFICO:	
a) Ferrocarril b) Automóvil c) Camiones d) Barcos e) Aviones f) Tráfico fluvial	g) Deportes náuticos h) Caminos i) Telecillas, telecabinas, etc. j) Comunicaciones k) Oleoductos
H. SITUACIÓN Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS	
a) Vertidos en mar abierto b) Vertedero c) Emplazamiento de residuos y desperdicios mineros d) Almacenamiento subterráneo e) Disposición de chatarra f) Derrames en pozos de petróleo g) Disposición en pozos profundos	h) Vertido de aguas de refrigeración i) Vertido de residuos urbanos j) Vertido de efluentes líquidos k) Balsas de estabilización y oxidación l) Tanques y fosas sépticas, comerciales y domésticas m) Emisión de corrientes residuales a la atmósfera n) Lubricantes o aceites usados
I. TRATAMIENTO QUIMICO:	
a) Fertilización b) Descongelación química de autopistas, etc.	c) Estabilización química del suelo d) Control de maleza y vegetación terrestre e) Pesticidas
J. ACCIDENTES:	
a) Explosiones b) Escapes y fugas	c) Fallos de funcionamiento
K. OTROS:	
a)...	..b).

Fuente: empresa en estudio

Anexo 2. Ficha técnica de concreto refractario

Información general	
Clasificación	Hormigón refractario, convencional EN 1402-1
Materia prima	Bauxita, Chamota
Tipo de aglomeración	Hidraulico
Granulometría	0-5 mm
VDEh-Código	001310502135
Aplicación	Vibrar
Material necesario sin pérdidas	2,10 t/m ³
Adición de líquido	Agua
Requerimiento de líquido	14,0-16,0 l/100 kg
Límite de almacenamiento	12 meses
Temp. límite de utilización	1.350 °C

Análisis Químicos						
Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	
55.0%	35.0%	0.6%	1.5%	0.2%	0.1%	
CaO						
4.4%						
Determinado sobre muestra calcinada (1025 °C / 1877 °F) según EN ISO 12677						

Propiedades físicas				
Resistencia a la comp. en frío	110 °C / 230 °F	15,0	[N/mm ²]	EN 1402-6
	815 °C / 1499 °F	20,0	[N/mm ²]	EN 1402-6
Dilatación térmica (1000 °C / 1832 °F)		0,50	[%]	EN 993-19

Fuente: empresa en estudio.

