

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes Generales

Con el paso de los años la construcción de nuevas instalaciones para la fabricación de productos cerámicos se ha vuelto un proceso continuo para las empresas cerámicas, para llevar a cabo tales actividades a menudo se requiere del uso de nuevas y más modernas tecnologías aplicadas a nuestro medio, es el caso de las cámaras de secado. El proceso de secado en la industria cerámica es uno de los procesos más importantes, es una operación compleja y fundamental para la calidad del producto final, así como para la reducción de pérdidas de producción y energía la etapa de dicho proceso que antecede a la quema en hornos involucrado la adición de calor para la evaporación parcial del líquido presente en el producto cerámica.

Un secadero con problemas se puede convertir en un cuello de botella en el que se estrangula toda la producción y rentabilidad de una instalación, la misma converge múltiples factores: naturaleza de la arcilla, grado de preparación y homogeneización, tensiones que pueden haber tenido lugar durante el moldeo, diseño y formato de la pieza, uniformidad o des uniformidad de secado, etc.

El sistema de secado natural es un proceso que se considera el método más simple para secar cualquier tipo de material en este caso: teja, ladrillo y madera, ya que se exponen directamente al medio ambiente, a las condiciones de humedad relativa, la velocidad y presión del viento que son variables que no se pueden controlar.

Este es considerado muy largo e ineficaz, considerando las incertidumbres en lo relativo a las variaciones climáticas, este sistema de secado se puede llevarse a cabo no solo en patios o terrenos, sino ambientes cubiertos con teja o mejor aún, con plástico transparente (más eficaz y barato) y de baja altura.

Mientras tanto el secado artificial es una solución a todos los problemas que presenta el secado natural, por lo cual muchas industrias cerámicas con grandes volúmenes de producción la utilizan, este sistema de secado está constituido por un ambiente cerrado con capacidad variable, que puede ser ajustado según la carga a procesar. Funciona con temperaturas que pueden llegar a 200 °C, pero que, en general, están en el rango usual

de 60 °C a 90 °C, utilizando el aire calentado por una fuente propia de generación de calor (cámara de combustión) o calor proveniente del enfriamiento de los hornos.

1.2 Objetivos del trabajo

1.2.1 Objetivo general

Proponer un diseño de cámaras de secado para la Cerámica “Corona S.R.L.”, con el propósito de optimizar el proceso de secado, para la elaboración de la línea de ladrillos.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar la capacidad de las cámaras de secado.
- Estandarizar el proceso de secado para la producción de ladrillo de la Cerámica “Corona S.R.L.”
- Desarrollar manuales de funciones y procedimientos para el área de secado.
- Realizar una evaluación de rendimiento de tiempos del proceso de secado en la Cerámica “Corona S.R.L.”
- Realizar un análisis económico financiero del diseño de las cámaras de las cámaras de secado.

1.3 Justificación del proyecto

En el presente proyecto, se realizará el diseño de cámaras de secado con los conocimientos adquiridos en la Carrera de Ingeniería Industrial, debido a que la “Cerámica Corona S.R.L.”, si bien cuenta con sistema de secado natural este no es adecuado por que el proceso de secado es demasiado largo por alrededor de 2 a 4 días y que es dependiente de las condiciones climáticas porque los mismos son expuestos a las condiciones de humedad relativa, la velocidad y presión del viento que son variables que no se pueden controlar, si la Cerámica contaría con proceso de secado artificial con la implementación de unas cámaras de secado este proceso de secado de las piezas moldeadas demoraría en un rango de 6 horas a 24 horas, logrando también poder controlar las variables de la humedad, temperaturas y flujo de aire, por lo cual

no existiría un cuello de botella en el proceso de producción, debido a que las maquinas moldeadoras tienen una capacidad de moldear 10 toneladas al mes, por otra parte, también se llegaría a reducir la cantidad de personas encargadas en el área de secado, la cual requería de un gran personal de trabajo al realizar las tareas de ordenar los ladrillos húmedos en el área de secado.

Con el incremento de la capacidad de secado de la planta se tendrá, inventario óptimo de productos terminados.

1.3.1 Justificación económica

El presente trabajo significa una importante inversión económica, debido a que permitirá optimizar considerablemente el proceso de producción de la cerámica, así mismo reduciendo los tiempos de secado y minimizando las perdidas por deformaciones o fisuras en las piezas, lo cual aumentará los ingresos y rentabilidad a largo plazo.

1.3.2 Justificación Académica

El secado es una de las etapas más críticas del proceso de fabricación de ladrillo que afecta directamente la calidad final del producto y los costos de producción, la investigación y diseño de cámaras de secado artificial se presenta con una perspectiva académica de gran relevancia, con el cual este trabajo busca soluciones innovadores de defectos en la Empresa de Cerámica Roja que permitan un control preciso de las condiciones de secado, minimizando la incidencia de defectos y promoviendo un desarrollo sostenible en la Empresa.

1.3.3 Justificación Social

La realización del presente proyecto de grado, proporciona la oportunidad de aplicar los conocimientos teórico previamente adquiridos, ampliando las bases de conocimientos con nueva información relevante y poner en práctica habilidades y competencias esenciales para el presente estudio.

1.4 Metodología

1.4.1 Tipo de investigación

En este presente trabajo, llevaremos a cabo una investigación aplicada, ya que este enfoque de investigación busca abordar desafíos concretos y aplicar conocimientos en contextos prácticos. Nos centraremos en atender las necesidades sociales o industriales pendientes, buscando propiciar el progreso económico y perfeccionar los productos existentes.

1.4.2 Tipo de Enfoque

1.4.3 Enfoque mixto

Es un enfoque de investigación que combina elementos cualitativos y cuantitativos en un mismo estudio.

Cualitativo: Observación y selección de la maquinaria y equipos a seleccionar.

Cuantitativo: Coeficientes y parámetros.

1.4.4 Tipo de Muestreo

En este proyecto, se emplean principalmente dos métodos para obtener información: la observación y la revisión bibliográfica. La observación se destaca como el enfoque principal, ya que proporciona una visión integral y detallada del panorama cerámico. Por otro lado, las revisiones bibliográficas desempeñan un papel esencial al aportar conocimientos teóricos relacionados con el proceso de secado y los equipos utilizados en esta área específica. Estos dos enfoques complementarios permiten una comprensión exhaustiva y equilibrada de la información necesaria para el desarrollo del proyecto.

CAPÍTULO II
DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

2.1 Identificación de la empresa

2.1.1 Materias primas

2.1.1.1 Arcilla

Es una de las materias primas fundamentales que usa la Cerámica “Corona S.R.L.” es la arcilla amarilla que esta se obtiene de sus propios bancos de arcilla, la arcilla constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratados, procedentes de la descomposición de rocas que contiene feldespato ayuda a que los ladrillos mantengan su forma durante la cocción. La plasticidad de la arcilla permite utilizar diferentes métodos para darle forma.

Fig. 2-1 Banco de arcilla



Fuente: Elaboración propia

2.1.1.2 Arena

La arena está compuesta de partículas muy finas de rocas y minerales. Está formada principalmente por la combinación de varios elementos metálicos con los elementos más comunes de la corteza terrestre como son el oxígeno y el silicio.

En este caso la Cerámica “Corona S.R.L.” a comparación de otras Cerámicas del departamento es que implemento el uso de la arena en su proceso productivo, debido a

que la arena ayuda a que el proceso de secado sea más rápido y ayuda a contralar el residuo de la materia prima.

2.2 Localización de la planta

Cerámica Corona S.R.L. se encuentra localizada en la carretera al valle zona la pintada Km 31, sus coordenadas nos indican una elevación $21^{\circ}36'02.8''$ S y $64^{\circ}38'33.9''$ O a una altura de 1.129 msnm.

Fig. 2-2 Localizacion de la empresa



Fuente: Elaboración propia

2.2.1 Datos generales

Cuadro II-1 Datos generales

Logo	Descripción
	<p>Nombre: Cerámica Corona S.R.L.</p> <p>Rubro: Construcción</p>

Fuente: Cerámica Corona S.R.L.

Elaboración: Propia

2.2.2 Identificación de los productos

La cerámica Corona S.R.L. con un extenso y diversificado catálogo de productos cerámicos, donde la calidad y la innovación se fusionan para satisfacer las necesidades y deseos de quienes buscan soluciones cerámicas excepcionales, a continuación, se puede observar el amplio catálogo:

Cuadro II-2-2 Productos Ofertados

Producto	Características
	<p>Nombre: Ladrillo 6HBR</p> <p>Descripción: ladrillo cerámico de forma rectangular de caras rayadas</p> <p>Peso: 3.500 gr.</p> <p>Resistencia a la compresión: 2 MPa.</p> <p>Alto: 180 mm.</p> <p>Largo: 240 mm.</p> <p>Ancho: 120 mm.</p> <p>Aplicación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Muro de tabiquería • Muro no portante

	<p>Nombre: Ladrillo Pavic</p> <p>Descripción: Cerámica rectangular macizo rustico en todos los lados y biselado en la cara superior</p> <p>Peso: 2.650 gr.</p> <p>Resistencia a la compresión: 30 MPa.</p> <p>Alto: 66 mm.</p> <p>Largo: 200 mm.</p> <p>Ancho: 100 mm.</p> <p>Aplicación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Piso de ladrillo rustico • Aplicación decorativa para pisos exteriores • Pavimento de tráfico peatonal y vehicular
	<p>Nombre: Teja Colonial</p> <p>Descripción: Pieza cerámica para cubiertas, liso por sus 2 caras.</p> <p>Peso: 2.600 gr.</p> <p>Resistencia a la compresión: 30 MPa.</p> <p>Alto sup: 7,6 cm.</p> <p>Alto inf : 5,75 cm</p> <p>Largo: 50 cm.</p> <p>Ancho sup: 20 cm.</p> <p>Ancho inf.: 16,5 cm</p> <p>Aplicación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Techos de construcciones

	<p>Nombre: Ladrillo 21H</p> <p>Descripción: Ladrillo también llamado visto, buena dureza, resistencia y acabado fino, no necesita revoque, es el más fino y estético.</p> <p>Peso: 2.500 gr.</p> <p>Resistencia a la compresión: 30 MPa.</p> <p>Alto: 7 cm.</p> <p>Largo: 25 cm.</p> <p>Ancho: 12 cm.</p> <p>Aplicación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Muro portante • Muro de tabiquería visto
	<p>Nombre: Lego Ladrillo</p> <p>Descripción: Ladrillo elaborado con arcilla, arena y cemento</p> <p>Peso: 3.000 gr.</p> <p>Resistencia a la compresión: 30 MPa.</p> <p>Alto: 7,5 cm.</p> <p>Largo: 25 cm.</p> <p>Ancho: 12,5 cm.</p>

Fuente: Cerámica Corona S.R.L.

Elaboración: Propia

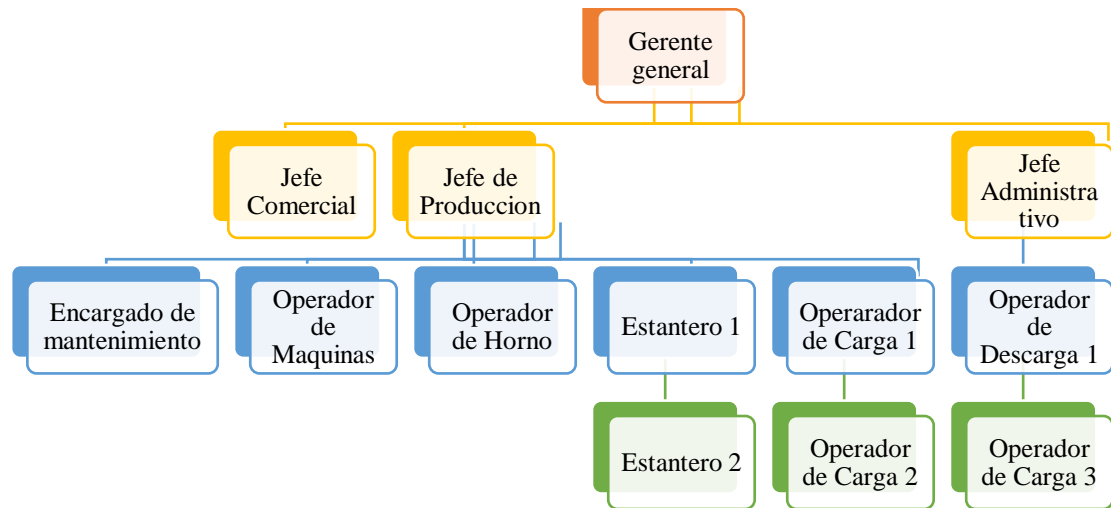
2.2.3 Estructura Organizacional

La estructura organizacional está compuesta por varias personas como, el gerente general, jefe comercial, jefe de producción, jefe administrativo, encargado de mantenimiento, estanteros, entre otros.

2.2.3.1 Organigrama

La Cerámica Corona S.R.L. presenta un organigrama que le permite facilitar su funcionalidad, aprobación de los requerimientos y toma de decisiones como se muestra:

Fig. 2-3 Organigrama



Fuente: Cerámica Corona S.R.L.

A continuación, se describen las principales funciones de los miembros de acuerdo a la estructura organizacional.

Tabla II-1 Puestos de trabajo

Puesto	Descripción
Gerente general	Es el encargado de la dirección de la empresa, responsable de cada uno de los niveles jerárquicos, y de control de las actividades a desarrollarse, además de la toma de decisiones que garanticen el buen funcionamiento de la empresa.

Jefe de producción	El jefe de producción es el que realiza la mayor cantidad de tareas como ser la administración, control de calidad, supervisión de materias primas, inspección de la maquinaria y retroalimentar las operaciones de las áreas productivas garantizando el cumplimiento de la producción
Técnico mecánico	Es el encargado de toda la parte mecánica de la cerámica, como también realizar trabajos de operación de máquinas.
Operadores	Son los encargados de realizar el control de las maquinas como ser la extrusora, la mezcladora horizontal, llenado del horno, apilar el material húmedo en lotes para el proceso de secado, humidificar de la arcilla y otras labores que se presentan en el transcurso del horario laboral.
Estanteros	Son el personal encargado del traslado de los estantes desde la cortadora hasta el área de secado, también realizan las actividades como llenado de estantes para posteriormente realizar el secado al lote de ladrillos.
Operador del horno o quemador	Es aquel trabajador encargado de la cocción de los ladrillos, control de temperaturas, verificación de la calidad de cocción y otras actividades relacionadas con la cocción del ladrillo.

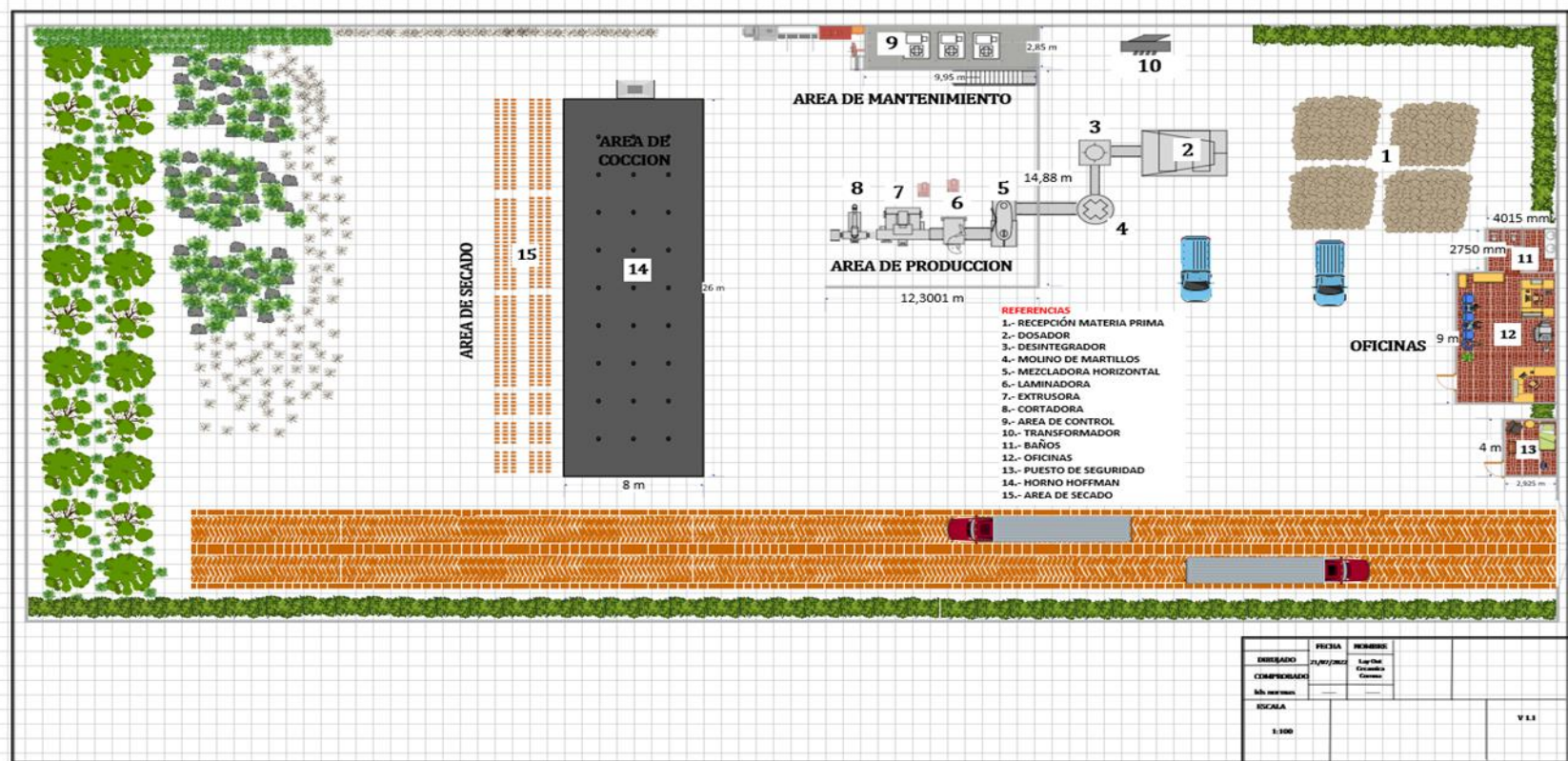
Operador de carga	La principal labor de estos es la descargar los ladrillos que están dentro del horno después de que hayan sido cocidos.
Jefe administrativo	Es el encargado de planificar, organizar, dirigir, controlar todas las actividades de carácter administrativo financiero, con el propósito de lograr un uso adecuado de los recursos humanos, materiales y económicos de la empresa
Jefe comercial	Es el responsable de cumplir con las metas de venta determinadas, a través de la eficiente administración de ventas, planificando, ejecutando y controlando estrategias de ventas, generando nuevas oportunidades de negocios.

Fuente: Cerámica Corona S.R.L.

Elaboración: Propia

2.3 Distribución de planta

Fig. 2-4 Distribución de planta



Elaboracion: Propia

2.4 Maquinaria y equipos

Cuadro II-3 Maquinaria y equipos

Maquinaria	Descripción
<p>Dosador</p> 	<p>Modelo: Bonfanti</p> <p>Capacidad: 15 Tn</p>
<p>Desintegrador mecánico</p> 	<p>Producción: 10 A 15 Tn/hora</p> <p>Potencia Instalada: 10 a 15 CV</p> <p>Cilindro liso: 500 mm</p> <p>Cilindro –Desintegrador: 330 mm</p> <p>Largo de los Cilindros: 460 mm</p> <p>Peso Neto: 760 Kg</p> <p>Volumen: 6,5 m³</p>

Molino

Producción: 8 a 13 Tn/hora

Potencia Instalada: 20 CV

Largo: 2,5 m

Ancho: 0,5 m

Peso Neto: 2.000 Kg

Volumen: 5,6 m³

Mezcladora Horizontal

Producción: 15 a 20 Tn/hora

Potencia Instalada: 20 CV

Largo: 2,9 m

Ancho: 0,6 m

Peso Neto: 850 Kg

Volumen: 8,7 m³

Laminadora

Modelo: Bonfanti

Potencia: 25/30 C.V.

Cilindro lento: 130 rpm/n

Cilindro rápido: 220 rpm/n

Laminador: 2 – 6 mm

Producción: 8 – 10 t/h

Extrusora

Producción: 7 a 10 Tn/hora

Potencia Instalada: 75 a 100 CV

Largo: 2,3 m

Ancho: 0,4 m

Hileras de Ruedas de apoyo: 55

Espesor de la Estera: 34mm

Peso Neto: 450 kg.

Cortadora

Producción: 6.000 cortes/hora

Peso Neto: 360 Kg

Volumen: 2 m³

Fuente: Cerámica Corona S.R.L.

Elaboración: Propia

2.5 Manejo de materiales

2.5.1 Descripción del proceso productivo

El proceso de fabricación de los productos cerámicos se lleva a cabo de acuerdo a la secuencia de la siguiente:

- **Recepción de la materia prima:** Es una de los procesos más importantes que se realiza, su objetivo de este proceso es recibir y controlar que no tenga ningunas impurezas tal como: greda arena, piedras, ramas, raíces. En este caso la “Cerámica Corona S.R.L.” cuenta con sus propios bancos de arcilla.
- **Dosificación:** Es el proceso de graduar o proporcionar la cantidad de materia prima principal, la arcilla se transporta de manera continua en una cinta transportadora.
- **Desintegración mecánica:** En este proceso se procede a triturar o disminuir el tamaño aquellos terrones de mayor tamaño y más duros, y al momento de salir la arcilla tiene una granulometría de 5 a 25 mm.
- **Molienda:** Este proceso tiene como objetivo triturar, pulverizar y aplastar, empleando golpes de martillo para destruir y desintegrar la materia prima en este caso la arcilla.
- **Mezclado y humidificación:** Después de que la materia prima haya pasado por el proceso de desintegración, se realiza el proceso de mezclado y humidificación esto se realiza lo que es el amasado, humidificación y homogenización de la arcilla.
- **Laminación:** Después de que la materia prima haya pasado por el proceso de mezclado y humidificación, pasa por el proceso de laminado el cual consiste en un aplastamiento y un planchado a causa de dos cilindros rotatorios lo cual hace que las partículas sean aún más pequeñas.
- **Extrusión o moldeado:** Después de que la materia prima haya pasado por el proceso de laminación pasa al proceso de extrusión o moldeado dicho proceso

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

- **Cortado:** Después de haber pasado el proceso de extrusión, obtenemos el ladrillo húmedo que procede a ser cortado dependiendo a las medidas establecidas de cada producto.
- **Carga del material extruido a carros:** En este proceso se realiza el traslado del material húmedo que acaba de ser cortador a los carros para luego ser transportados a las áreas de secado.
- **Secado:** En cerámica se entiende generalmente por "secado" la eliminación del agua contenida en un producto cerámico moldeado. Es sin duda la operación más individualizada dentro del conjunto del proceso de fabricación de productos cerámicos.

Los ladrillos húmedos son distribuidos en las áreas de secado la cual se hace secar algunas piezas dentro del horno que este también sirve con un área de secado para el ladrillo húmedo y la otra gran parte de los ladrillos húmedos se hace secar en la parte lateral del horno, este dicho espacio cuenta con techo de calamina, los ladrillos húmedos son expuestos a las condiciones de humedad relativa, la velocidad y presión del viento que son variables que no se pueden controlar, lo que ocasiona que este proceso con lleve a un mayor tiempo de secado un aproximado de 2 a 4 días dependiendo a las condiciones climáticas, para que el material esté listo para el proceso de cocción.

Por otra parte, también existen otras variables que pueden llegar a afectar el material en el proceso de secado las cuales son: Tipo de arcilla, Residuo de la mezcla, Humedad del material, Peso y Dimensiones del material.

- **Cocción:** La cocción constituye la fase más importante y delicada del proceso de fabricación, confiere a la pieza las propiedades deseadas que se requiere, en este caso la cerámica cuenta con un horno Hoffman, que el mismo tiene un

mecanismo de donde se introducción inyectores o quemadores por unos orificios, el material húmedo se mantiene estático a comparación de diferentes hornos.

El proceso de cocción consiste en un mecanismo de rotación que el horno se divide en 4 divisiones, en la primera división se carga ladrillos para posteriormente ser quemados, una vez que se comienza con el proceso de quema en la división 1, se da inicio al llenado de la división 2 con ladrillos después que se haya completado el llenado y proceso de cocción de la división 2, el procedimiento se repite de la misma manera para la división 3, mientras se está cargando y quemando el ladrillo en la división 4, en la división 1 el ladrillo ya ha sido cocido, enfriado , descargado y se está comenzado a cargar otra vez ladrillos para ser cocidos, mientras tanto en la división 2 el ladrillo ya fue cocido, enfriado y está siendo descargado para posteriormente llevado a almacenamiento, en la división 3 el ladrillo ya fue cocido y se está enfriando para posteriormente ser descargado.

- **Descarga y clasificación del ladrillo:** Los ladrillos cocidos que salen del horno Hoffman, son clasificados por el personal, podrán ser clasificados en ladrillos de 1ra y 2da y merma. El producto terminado llega a ser almacenado en playa conforme a su clasificación para luego ser distribuido a sus respectivos clientes.

2.6 Operación y control

2.6.1 Descripción de las áreas principales

2.6.1.1 Área de recepción de la materia prima

En el área de recepción de materias primas, se llevan a cabo una serie de actividades que aseguran que los materiales necesarios para la fabricación estén en buenas condiciones y cumplan con los estándares de calidad necesarios. A continuación, se describen las principales actividades que se realizan en esta área:

- **Recepción de materiales:** Cuando los camiones llegan con las materias primas, se procede a la recepción de los materiales. Para verificar que los materiales entregados coincidan con las especificaciones y cantidades solicitadas.
- **Inspección de calidad:** Los materiales recibidos se someten a una inspección en el cual se puede verificar la calidad, la plasticidad y textura. Los materiales que no cumplan con los estándares de calidad pueden ser rechazados.
- **Almacenamiento:** Los materiales aceptados se almacenan en áreas específicas, teniendo en cuenta su tipo y características.

2.6.1.2 Área de producción

El área de producción en una fábrica de cerámica Corona se enfoca en la fabricación de productos clave, como ladrillos de 6 huecos, tejas coloniales, ladrillos pavic entre otros. Su principal función es gestionar y supervisar el proceso de producción de estos materiales de construcción, garantizando la calidad, eficiencia y cantidad adecuada de productos manufacturados, así como la gestión de los recursos necesarios para su fabricación, como materias primas, maquinaria y mano de obra, con el objetivo de satisfacer la demanda del mercado y mantener los estándares de calidad requeridos en la industria de la construcción.

2.6.1.3 Área de comercialización

El área de comercialización en Cerámica Corona S.R.L. se dedica a la promoción, distribución y venta de sus productos, que incluyen ladrillos de 6 huecos, tejas coloniales, ladrillos pavic entre otros, tanto en el mercado de Tarija como en el mercado del norte boliviano. Esta función implica la identificación de oportunidades de mercado, la gestión de relaciones con clientes y la implementación de estrategias de marketing para asegurar la presencia exitosa de los productos de Cerámica Corona en estas regiones de Bolivia.

2.7 Manejo de residuos o Eliminación de efluentes

La gestión de los desechos en distintas etapas de la producción de ladrillos es un proceso integral en una empresa de este tipo. Los productos que no cumplen con los estándares antes del proceso de cocción se destinan al área de desechos, donde se inicia un ciclo de reutilización. Estos productos desechados los cuales son las piezas que no cumplen con los estándares de secado, cuales presentan diferentes fisuras en las caras exteriores y en el esqueleto del ladrillo, posteriormente reincorporados como materia prima en la fabricación de nuevos ladrillos, lo que refleja una estrategia efectiva de una forma de minimizar el desperdicio de recursos.

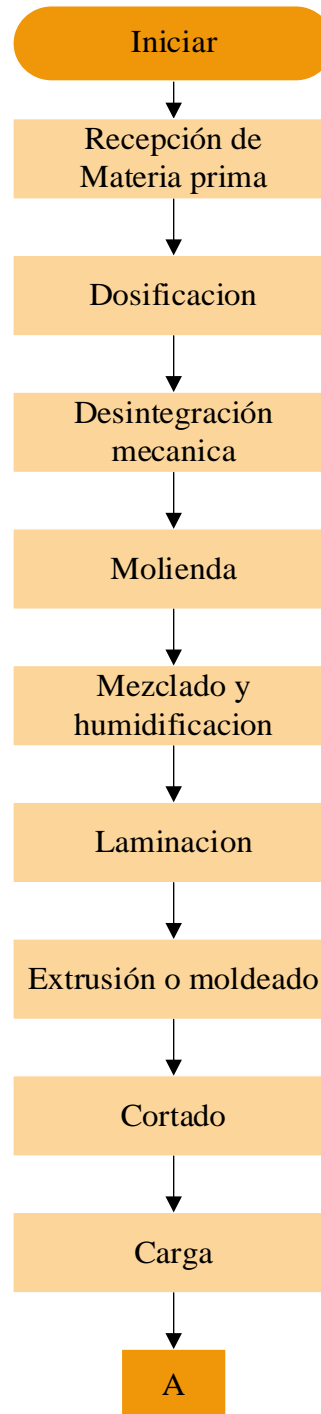
Fig. 2-5 Merma ladrillo seco

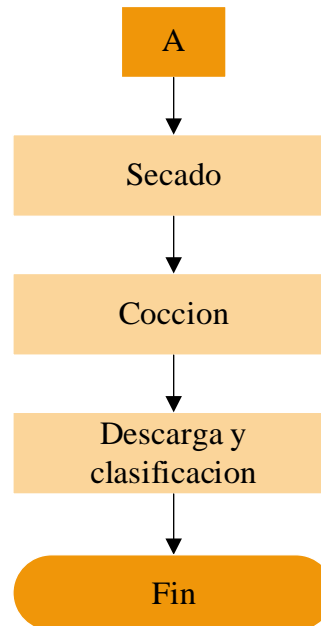


Fuente: Cerámica Corona S.R.L.

2.8 Diagrama de flujo

Fig. 2-6 Diagrama de flujo





Fuente: Cerámica Corona S.R.L.
Elaboración: Propia

CAPÍTULO III
CONCEPCION Y DEFINICIÓN DEL
PROBLEMA

3.1 Identificación del problema

El secado es una de las fases mas delicadas del proceso de fabricacion ceramica roja, siendo una operación muy compleja en la que convergen multiples factores: naturaleza de la arcilla, grado de preparacion y homogenizacion, tensiones que pueden haber tenido lugar durante el moldeo, diseño y formado de la pieza, uniformidad o desuniformidad de secado, etc.

A continuacion se mostrara el sistema de secado en la Ceramica “Corona S.R.L”:

Fig. 3-1 Área de secado





Fuente: Cerámica Corona S.R.L.

Como se puede observar en la imagen anterior, emplean el sistema de secado natural, la cual tiene dos grandes desventajas, la dependencia de las condiciones climáticas y el tiempo de secado de los ladrillos extruidos, este lote de aproximadamente 15.120 ladrillos húmedos por lo general esto lleva un tiempo de secado de 2 a 4 días.

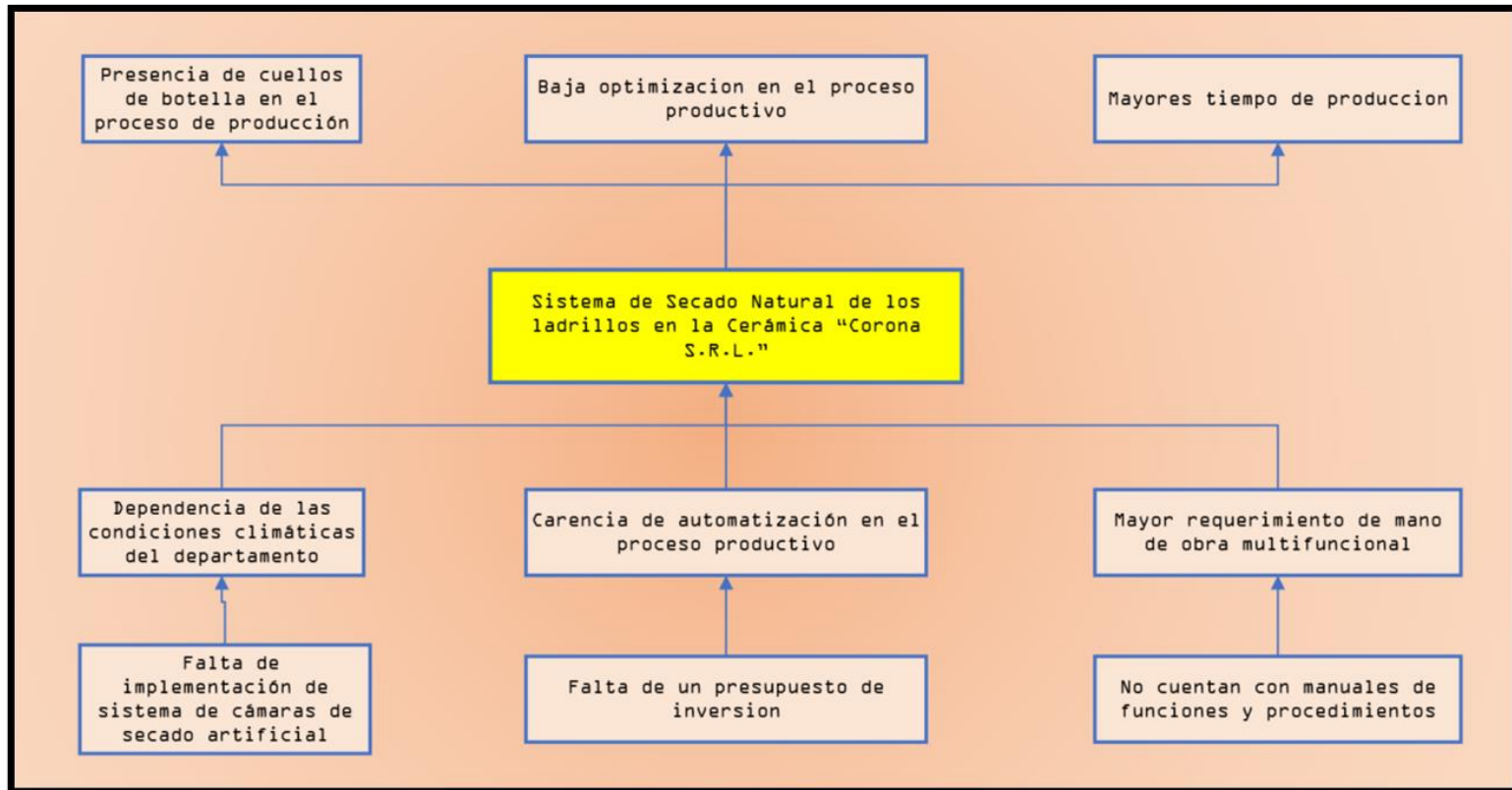
Por lo cual esto llegaría cuello de botella en el proceso de secado de la cerámica Corona S.R.L. tomando en cuenta que la extrusora cuenta con una capacidad de moldear 549.474 piezas al mes, por lo tanto el sistema de secado que emplean sería un cuello de botella en el proceso de producción, esto es debido a que no presentan un sistema de secado artificial, sino un sistema de secado natural lo cual las piezas, tienden a secar en un largo periodo aproximadamente unos 2 a 4 días este proceso es muy tardío debido

a que se tiene que realizar con mucho cuidado, se tiene acomodar y ordenar el ladrillo húmedo de una manera correcta, si bien no se llegaría a colocar u ordenar de una forma adecuada el ladrillo húmedo, no tendría un secado adecuado lo cual el tiempo de secado se ampliara por un tiempo prolongado y al momento de realizar el proceso de cocción los ladrillos mal secados presentarían fisuras o grietas en el esqueleto o la parte posterior del ladrillo, también tenemos que recalcar que el sistema de secado natural con lleva a un mayor requerimiento de trabajadores, que tiene que acomodar un gran cantidad de ladrillo, por lo cual es un proceso muy moroso y tardado, Asimismo, es importante subrayar que el sistema de secado natural conlleva a un aumento en la demanda de mano de obra, ya que los trabajadores deben organizar una gran cantidad de ladrillos de manera individual, intensificando los requerimientos logísticos y temporales del proceso. , con lo cual con el presente trabajo se tiene como objetivo proponer un diseño de cámaras de secado artificial que tenga mucha mayor eficiencia y que requiera un número menor de mano de obra.

3.1.1 Árbol de problemas

A continuación, se presenta un resumen de los problemas mencionados anteriormente.

Fig. 3-2 Árbol de problemas



Fuente: Elaboración propia

3.1.2 Formulación del problema

A continuación, se observa la problemática planteada.

¿Qué recursos o acciones tiene que estudiar la “Cerámica Corona S.R.L” para optimizar el tiempo de secado de las piezas moldeadas?

3.2 Descripción de alternativas técnicas de solución

3.2.1 Diagnóstico del área de secado

La situación actual en el área de secado de Cerámica Corona S.R.L. se enfrenta a ciertas limitaciones, ya que se basa en un sistema de secado natural tradicional que no cumple con los estándares óptimos. Este enfoque se ha convertido en un obstáculo significativo en el proceso de producción de la empresa. Al observar el área de secado, es evidente que, si bien algunas piezas logran alcanzar el nivel de secado deseado, un número considerable de piezas no presenta las condiciones ideales de secado. Esto se debe a la presencia de fisuras en la estructura y las caras laterales de los ladrillos.

El uso de un sistema de secado natural ha demostrado ser ineficiente en la obtención de productos cerámicos de alta calidad y en la optimización del proceso de producción. Las fisuras presentes en el esqueleto y las caras laterales de los ladrillos son un claro indicador de las deficiencias en el sistema actual de secado.

Estas fisuras comprometen la integridad de los ladrillos y pueden tener un impacto negativo en su resistencia y durabilidad, lo que a su vez afecta la calidad de los productos finales. Además, estas imperfecciones pueden aumentar los costos de producción al generar un mayor número de productos no aptos para la venta, lo que representa una pérdida económica para la empresa.

En este contexto, es fundamental abordar la situación del área de secado de Cerámica Corona S.R.L. con el objetivo de mejorar la calidad de los productos cerámicos y aumentar la eficiencia del proceso de producción. La implementación de un sistema de secado más avanzado y controlado podría ser una solución viable para superar los desafíos actuales y mejorar la competitividad de la empresa en el mercado.

Se elabora un diagnóstico técnico del área, considerando los criterios principales de datos, mostrados en la siguiente tabla:

Fig. 3-3 Datos de capacidad de secado

Componente	Detalle
Características del área de secado	
Tamaño	El área de secado cuenta con un tamaño de 26 m. x 8m., en esta área descrita se apilan los ladrillos húmedos de una manera que puedan ser secados con las temperaturas del ambiente el cual son muy variables.
Capacidad	Capacidad actual: 15.120 ladrillos Producción actual requerida: La capacidad de extrusión es de 10 tn/hr No llega a satisfacer la producción
Días de trabajo	Es el encargado de toda la parte mecánica de la cerámica, como también realizar trabajos de operación de máquinas.
Personal	
Cantidad	4 personas en el área de secado las cuales también trabajan en distintas áreas de producción. En algunos casos se requiere más personal debido a que se tiene que acomodar y distribuir los ladrillos en el área de secado.

Documentación	
Manuales	No poseen manuales de mantenimiento, funciones y de procesos.

Fuente: Cerámica Corona S.R.L.

Elaboración: Propia

3.3 Definiciones de condiciones y capacidad

3.3.1 Identificación de la situación problemática o definición

Mencionando en lo anterior dicho en el capítulo de Introducción, existe un cuello de botella en el área de secado en el cual su capacidad de secado actual de 15.120 unidades, en el cual su tiempo promedio de secado es de 3 días el cual condiciona mucho a la línea de producción ya que dependería del área de secado para poder introducir al horno, a continuación, en la siguiente table se puede observar los datos de las diferentes capacidades de las distintas áreas más importantes de la cerámica:

Fig. 3-4 Datos Capacidades

DATOS	
HORNO	
Capacidad Instalada	104 paquetes de ladrillos 114.400adrillos
Cantidad de piezas cocidas en un mes	572.000 ladrillos/mes
SECADO	
Capacidad actual	15.120 ladrillos
Tiempo de secado	3 días

Cantidad ladrillos secados en un mes	151.200 ladrillos/mes
Extrusión	
Capacidad instalada	10 Tn/hr 2.632 ladrillos/hr
Capacidad diseñada	2.289 ladrillos/hr
Cantidad de ladrillos extruidos en un mes	549.474 ladrillos/mes

Fuente: Cerámica Corona S.R.L.

Elaboración: Propia

Como se puede observar en el cuadro anterior, las diversas capacidades de las áreas más importantes de Cerámica Corona S.R.L., se puede notar que el área de secado presenta un cuello de botella considerable, lo cual dificulta en gran medida mantener una producción estable. Por este motivo, se ha decidido cambiar el sistema de secado y ampliar la capacidad de secado de la cerámica para evitar que se forme un cuello de botella en la línea de producción.

3.4 Selección de la alternativa de solución

En el presente análisis comparativo, se exponen de manera detallada las ventajas y diferencias entre dos sistemas de secado. Este estudio ofrece una panorámica exhaustiva de las características singulares de cada método, lo que facilita una evaluación informada para determinar cuál de ellos se adecua de manera óptima a las necesidades de la empresa cerámica.

A través de este análisis comparativo, se pretende proporcionar una guía completa y objetiva que sirva como referencia para aquellos que buscan implementar o mejorar sus sistemas de secado. Al entender las fortalezas y debilidades de cada opción.

Tabla III-1 Diferencias Secado natural vs Secado artificial

Sistema de secado	
Secado natural (intemperie)	Secado artificial (continuo)
Tiempo de secado	
18 horas - 72 horas	5 horas - 9 horas
Piezas de merma	
5 - 10%	1 - 5%
% piezas de primera	
60 % - 70%	80 % - 90 %
% piezas de segunda	
30% - 40%	10 % -20 %

Fuente: Laboratorio técnico cerámico.

3.4.1 Identificación de alternativas

En respuesta a las necesidades de las áreas más críticas de Cerámica Corona S.R.L., se han identificado tres alternativas viables para llevar a cabo la transición hacia un nuevo sistema de secado y ampliar la capacidad de secado. El objetivo principal es garantizar la capacidad de producción y evitar cualquier posible cuello de botella que podría surgir en la línea de producción. Estas alternativas han sido minuciosamente evaluadas en función de su viabilidad técnica, costos asociados y su capacidad para cumplir con los requerimientos de la empresa.

3.4.1.1 Alternativa 1

3.4.1.1.1 Secador Estático

El sistema de secado de ladrillos en cuestión se caracteriza por su enfoque en la inmovilidad de los ladrillos, evitando el uso de movimiento mecánico. Este método se lleva a cabo en una estructura alargada que incluye carriles y estantes donde los ladrillos son dispuestos en reposo. El período de secado dentro de este sistema varía generalmente en un rango de 20 a 60 horas.

Es importante destacar que la implementación de este sistema de secado demanda una mayor cantidad de personal en comparación con otros enfoques, ya que los estantes utilizados en el secador estático deben ser retirados uno por uno. Esto, a su vez,

conlleva un incremento en el tiempo necesario para completar el proceso de secado. Además, es relevante tener en cuenta que la velocidad de secado puede ser variable y depende de las condiciones específicas de cada ciclo de secado y de las características del lote de ladrillos en consideración.

Fig. 3-5 Secador Estático



Fuente: Manual de secado en la industria del ladrillo (2016)

3.4.1.2 Alternativa 2

3.4.1.2.1 Secador continuo sistema de auto movimiento

El sistema mencionado se basa en una estructura alargada que incorpora elementos como carriles, estantes, generadores de calor, sistemas de extracción de aire, ventiladores axiales y centrífugos, entre otros equipos. Esto lo convierte en un sistema de secado altamente eficiente, cuyo funcionamiento implica que los estantes se muevan a través de la cámara de secado. El período de secado dentro de este sistema varía generalmente en un rango de 10 a 20 horas.

Este enfoque resulta particularmente valioso para la producción a gran escala de ladrillos, siendo altamente eficaz y económico. La ventilación en este sistema se produce en dos direcciones, lo que mejora su eficiencia al permitir una distribución homogénea del aire a lo largo de los estantes. Esto, a su vez, acelera significativamente

el proceso de secado al garantizar que cada estante reciba una ventilación uniforme y constante, optimizando así la calidad y la eficiencia del proceso.

Fig. 3-6 Secador continuo sistema de auto movimiento



Fuente: Manual de secado en la industria del ladrillo (2016)

3.4.1.3 Alternativa 3

3.4.1.3.1 Secador rápido tipo talisca

Este tipo de secador está equipado en su parte superior (techo) con tubos de distribución de calor que abarcan toda el área de secado. Mediante registros, es posible ajustar el volumen del aire caliente y, en consecuencia, la cantidad de calor a lo largo de la longitud del equipo, lo que permite cumplir con precisión el perfil de secado requerido. Este ajuste puede afinarse aún más mediante la regulación de aletas externas que contribuyen a dirigir el calor de manera más efectiva hacia las piezas.

Este sistema de secado se caracteriza por su rapidez, eliminando la necesidad de utilizar carros transportadores y sistemas automáticos de carga y descarga. Además, reduce la mano de obra requerida y presenta bajos costos de mantenimiento por otra parte el costo de instalación es muy elevado y requiere un lugar amplio para su instalación

mínimo unos 120 metros de longitud. El tiempo de secado oxila en un rango de 3 horas a 6 horas dependiendo de diversos factores.

Fig. 3-7 Secador rápido tipo talisca



Fuente: Manual de secado en la industria del ladrillo (2016)

3.4.2 Consulta con el experto en el tema

Para explorar con mayor profundidad las alternativas y opciones disponibles para el proceso de secado, se buscó asesoramiento del profesional Gerente Técnico de la empresa Tecnología y Desarrollo del Grupo Paz Rojas, quien también cuenta con experiencia previa como jefe Técnico en la empresa Cerámica Industrial Incerpaz. Su vasto conocimiento y experiencia lo convirtieron en una fuente invaluable para obtener información sobre las opciones más adecuadas de secaderos para las condiciones actuales de la empresa Cerámica Corona.

Durante la consulta, se abordaron aspectos cruciales relacionados con las necesidades específicas de Cerámica Corona, considerando factores como la capacidad de producción y el tipo de productos cerámicos fabricados. La información proporcionada por el profesional se recopiló minuciosamente en un cuadro comparativo, que permitió

analizar de manera sistemática y detallada las ventajas, desventajas y las posibles dificultades asociadas con cada opción de secado.

Este enfoque estructurado facilitó la identificación de aspectos positivos que podrían mejorar el proceso de secado, así como de posibles obstáculos que deberían abordarse para garantizar la eficiencia y la calidad del producto final.

3.4.3 Selección de alternativa óptima

3.4.3.1 Cuadro comparativo

Cuadro III-1 Cuadro comparativo alternativas

Alternativa	Positivo	Negativo	Dificultad
1	Es más económico su instalación a comparación de otras alternativas, también se puede llegar a controlar con mayor precisión las temperaturas, lo cual nos permitirá una mayor calidad en nuestro producto	Se necesita una gran área de secado para realizar la construcción por lo menos unos 60 metros a 100 metros. Por otra parte, el mantenimiento, es costoso ya que tiene que recibir, en casos las reparaciones pueden ser costosas.	Necesitaremos un mayor número de personal que trabaje en el área de secado, debido a que este sistema demanda un mayor número de personas debido a que se tiene que sacar los estantes uno por uno, por lo cual al ser una empresa que está en sus inicios no es muy factible contratar un mayor personal.
	Con esta alternativa tendremos una mayor capacidad de	Necesidad del personal capacitado, para	Realizar un mantenimiento preventivo y

2	<p>secado, el cual nos podrá satisfacer las necesidades del horno, también es muy viable debido a que no se requiere una gran cantidad de mano de obra, también existe la menor probabilidad de tener mermas en el proceso de secado, debido a que este sistema de secado, cuenta con auto viajantes móviles el cual ayuda a mover el flujo de aire en toda la cámara. Por otra parte, mencionar que es el sistema más común utilizado por las industrias cerámicas en Bolivia.</p>	<p>que realice las operaciones y mantenimientos respectivos.</p> <p>Al no llegar a controlar bien este sistema puede influir, mucho en la calidad del producto final.</p>	<p>correctivo periódicamente.</p>
3	<p>El tiempo de secado es muy rápido teniendo un rango</p>	<p>Puede generar un cuello de botella en otras áreas importantes de la Cerámica.</p>	<p>Presenta mucha dificultad al realizar la instalación debió a que no es un sistema muy usado por las</p>

			<p>empresas cerámicas ,el cual nos dificultaría , durante el proceso de instalación. Entre los principales desafíos se incluyen la necesidad de coordinar con múltiples proveedores, asegurar la disponibilidad de los materiales en el tiempo adecuado, y garantizar que todos los componentes cumplan con los estándares de calidad requeridos.</p>
--	--	--	---

Elaboración: Propia

3.4.3.2 Selección de la alternativa optima

3.4.3.2.1 Método cualitativo por puntos

Cuadro III-2 Método cualitativo por puntos

Factor	Peso	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
		Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación
Mano de obra	0,2	4	0,8	9	1,8	8	1,6
Inversión	0,25	5	1,25	5	1,25	3	0,75
Área disponible	0,15	4	0,6	6	0,9	4	0,6
Tiempos de secado	0,3	6	1,8	7	2,1	8	2,4
Infraestructura	0,1	7	0,7	6	0,6	5	0,5
TOTAL	1,00		5,15		6,65		5,85

Elaboración: Propia

Después de realizar un análisis meticuloso de cada opción presentada en el cuadro de comparación y empleando el método cualitativo por puntos, el cual detalla y pondera los factores más relevantes para la selección de las alternativas, hemos llegado a una conclusión: la Alternativa 2 se destaca como la elección óptima y más viable para nuestras necesidades específicas.

La ponderación de los factores relevantes mediante el método cualitativo por puntos ha sido fundamental para asignar una importancia adecuada a cada aspecto considerado, asegurando así una evaluación equilibrada y completa de las opciones disponibles. Esta metodología nos ha proporcionado una base sólida para fundamentar nuestra decisión y nos ha ayudado a destacar claramente la Alternativa 2 como la opción preferente en este proceso de toma de decisiones.

En última instancia, este análisis riguroso y detallado resalta la importancia de tomar decisiones fundamentadas en datos y evidencia, lo cual nos brinda confianza en la selección de la Alternativa 2 como la solución más adecuada para nuestras necesidades de secado en Cerámica Corona.

3.5 Contribución científica a la industria cerámica

El presente trabajo constituye una valiosa aportación para futuras investigaciones y proyectos en la industria cerámica. La escasez de estudios enfocados en el diseño de cámaras de secado resalta la importancia de este documento, el cual proporciona información crucial y detallada. En él se incluyen cálculos precisos, diseños innovadores y un análisis exhaustivo de los costos, ofreciendo una base sólida y bien fundamentada. Este estudio no solo facilita la comprensión de los aspectos técnicos y económicos involucrados, sino que también sirve como punto de partida para el desarrollo de nuevas tecnologías y mejoras en el proceso de secado en la cerámica. Contribuye, además, al avance del conocimiento en este campo y promueve la implementación de prácticas más eficientes y sostenibles en la industria.

El diseño propuesto aborda el problema del secado natural, que consume demasiado tiempo y genera cuellos de botella en el proceso de producción. Además, la falta de

control sobre las temperaturas ambientales puede afectar negativamente la calidad del producto final. Nuestro diseño de cámaras de secado artificial busca reducir significativamente el tiempo de secado mediante el control y monitoreo preciso de las temperaturas dentro de las cámaras. Este control permite obtener ladrillos secados de manera eficiente y uniforme.

El secado inadecuado en la industria cerámica puede causar pérdidas considerables y retrasos en la producción. Por esta razón, hemos planteado soluciones innovadoras al diseñar estas cámaras de secado. El control y la regulación de las temperaturas se logran mediante el uso de cortinas y un generador de calor, que se instalarán en las cámaras de secado artificial. Este método innovador elimina la dependencia de las condiciones climáticas locales y acelera el proceso de secado bajo condiciones controladas.

Al implementar estas mejoras, no solo optimizamos el tiempo y los costos de producción, sino que también garantizamos una mayor consistencia y calidad en los productos finales. Este avance representa un paso significativo hacia prácticas más eficientes y sostenibles en la industria cerámica.

CAPÍTULO IV
MARCO TEÓRICO

4.1 Secado

El proceso de secado en la fabricación de productos cerámicos es crucial y complejo, ya que interactúan diversos factores como la naturaleza de la arcilla, la preparación, las tensiones del moldeo y el diseño de cada pieza. Un secadero con dificultades puede afectar negativamente la producción y rentabilidad de la instalación. Lo cual es esencial lograr un secado uniforme y adecuado en cada pieza para evitar deformaciones o fisuras y asegurar la calidad optima del producto final. (Fernandez Abajo, 2016)

4.1.1 Humedad relativa

La humedad relativa se define como la relación entre la presión parcial de vapor del líquido a la temperatura del gas. Generalmente se expresa sobre una base porcentual, de forma que 100% de humedad significa a gas saturado y 0% de humedad corresponde a gas libre de vapor. (McCabe, Smith, & Harriot, 2007)

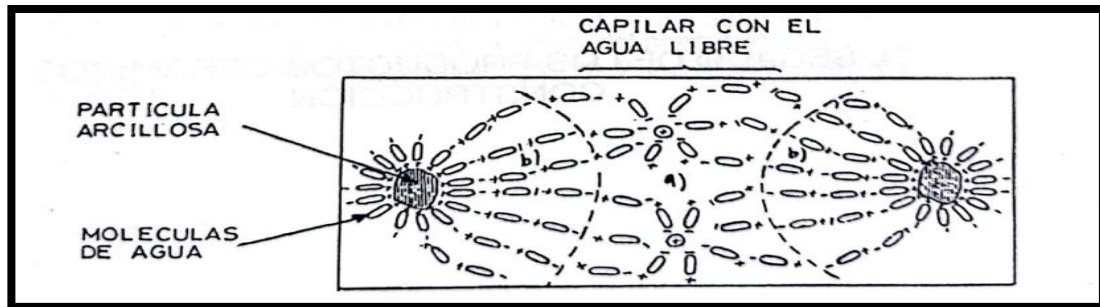
4.1.2 Transferencia de calor en secadores

El secado de sólidos húmedos es un proceso termodinámico que puede involucrar complicaciones debido a la difusión en el sólido o en un gas. Sin embargo, en muchos casos, es posible secar los materiales calentándolos por encima del punto de ebullición del líquido, incluso mucho más allá, para eliminar las últimas trazas de material adsorbido. (McCabe, Smith, & Harriot, 2007)

4.1.3 Mecanismo del secado en relación con la materia prima

La primera humedad que pierde la arcilla es la última adicionada, es decir el agua libre que ocupa los capilares, tal como se representa en la figura.

Fig. 4-1 Capilar con agua libre



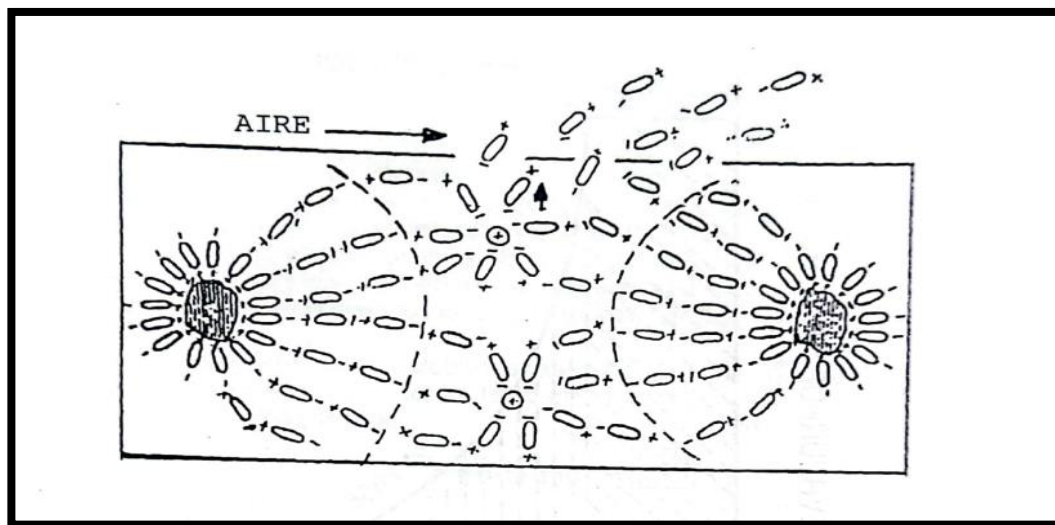
Fuente: Manual de fabricación de baldosas, tejas y ladrillos (2016)

Existen dos clases de agua a eliminar durante el secado:

- a) Agua libre, no unida por fuerzas eléctricas a la arcilla.
- b) Agua fijada eléctricamente a la superficie de las partículas arcillosas.

El agua libre, también conocida como agua de plasticidad, es crucial para que la arcilla se comporte como un material plástico y se deforme bajo fuerzas externas cuando las moléculas de agua libre se interponen entre partículas.

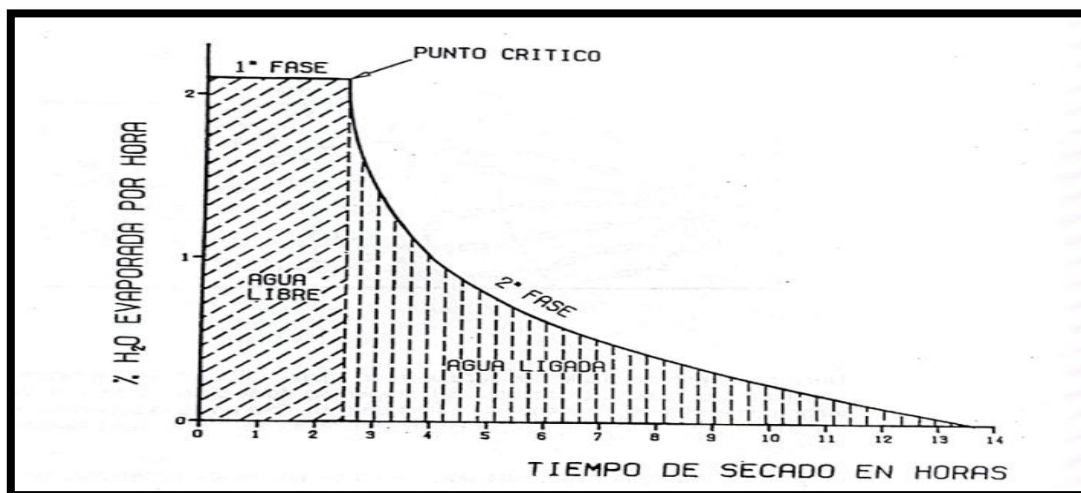
Fig. 4-2 Primera etapa de secado



Fuente: Manual de fabricación de baldosas, tejas y ladrillos (2016)

Durante la primera fase del secado, el aire arrastra las moléculas de agua libre en la superficie de la pieza. Este movimiento crea un flujo ascendente de agua libre para llenar el espacio vacío dejado por las moléculas de agua que se evaporan en la atmósfera. La cantidad de agua evaporada por unidad de tiempo es constante en esta etapa, como se muestra en la gráfica. El rendimiento se mantiene constante siempre que el agua fluya hacia la superficie al mismo ritmo que se evapora, lo cual ocurre mientras exista agua libre en el interior de los capilares. Es importante destacar que la velocidad de evaporación del agua en la superficie de la arcilla es mucho menor que en la superficie de un estanque, debido a la atracción entre el agua y las partículas arcillosas, lo que disminuye significativamente la velocidad de evaporación.

Fig. 4-3 Variación de rendimiento del secado



Fuente: Manual de fabricación de baldosas, tejas y ladrillos (2016)

El proceso de secado y sus fases, así como el impacto de la evaporación del agua en la superficie de la pieza de arcilla, se puede entender lo siguiente:

En las primeras dos horas y media, la cantidad de agua evaporada es constante a un ritmo del 2,1% por hora.

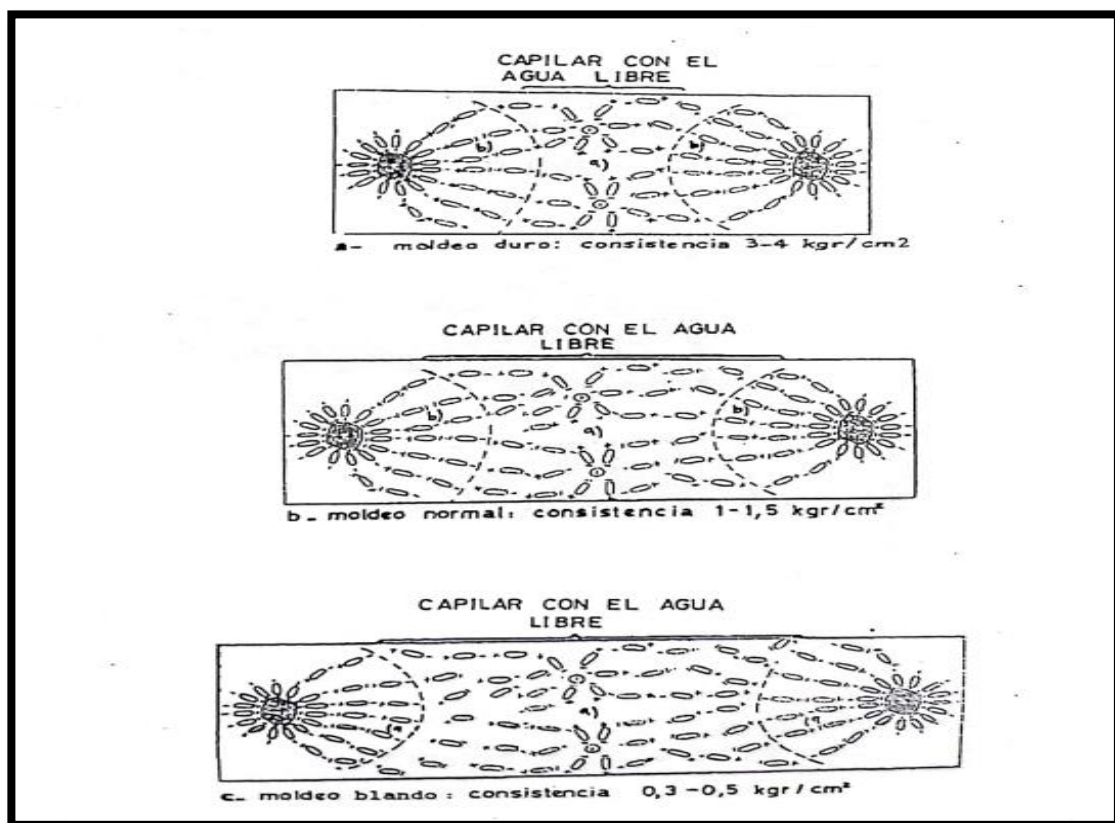
Después del "punto crítico", se entra en la segunda fase del secado, donde el rendimiento desciende rápidamente debido a un cambio en los mecanismos del proceso.

En la segunda fase, el agua se evapora desde el interior de los capilares donde está ligada a las partículas arcillosas, lo que dificulta su evaporación a medida que avanza el secado.

Durante la primera fase del secado, se produce el arrastre y depósito de sales solubles generadoras de eflorescencias en la superficie de la pieza.

A partir del punto crítico, se interrumpe la deposición de sales en la superficie de la pieza. Para reducir las eflorescencias en el producto cocido, se sugiere mantener baja la temperatura del secadero durante la primera fase del secado, aunque esto puede afectar la eficiencia térmica del secadero. Además, se menciona que, si la arcilla contiene sales solubles, las eflorescencias serán más intensas a temperaturas iniciales de secado más altas.

Fig. 4-4 Variación de contenido de agua libre



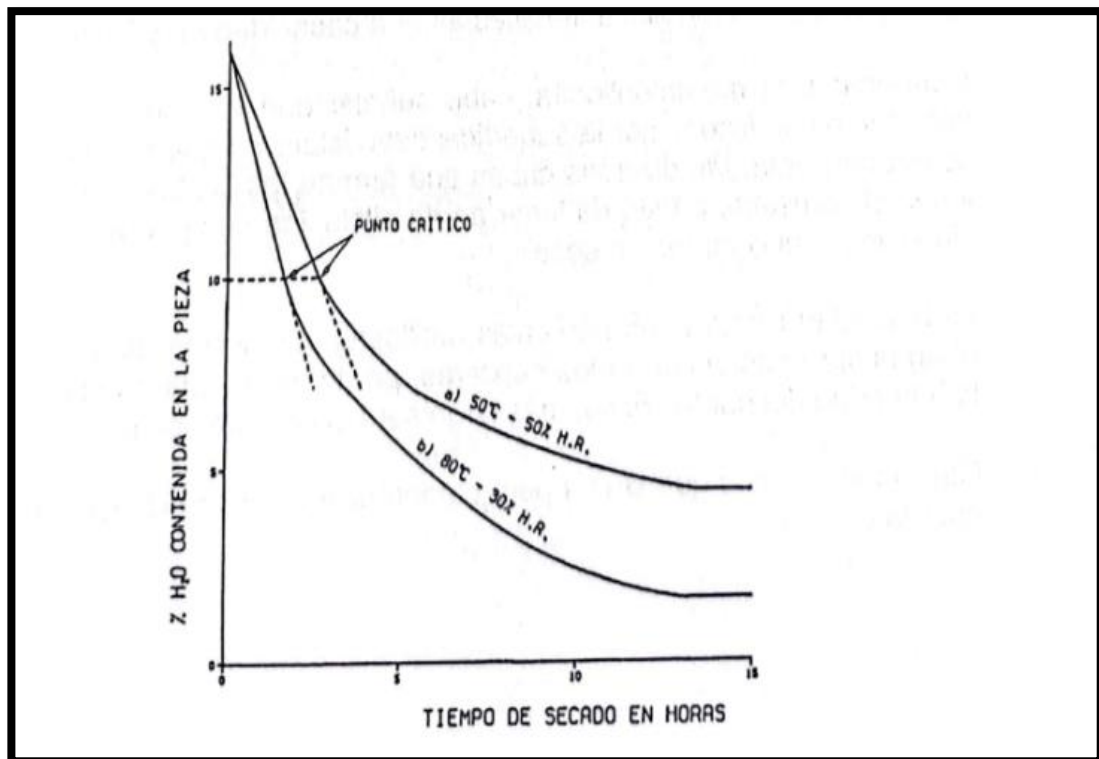
Fuente: Manual de fabricación de baldosas, tejas y ladrillos (2016)

En la figura que se puede ver anteriormente se describe cómo la cantidad de agua libre y agua ligada en la arcilla afecta el proceso de secado.

La cantidad de agua libre puede variar en una arcilla según la consistencia del moldeo, mientras que el agua ligada es constante y depende de la naturaleza y granulometría de la arcilla, es decir, de su carga eléctrica. Aumentar el porcentaje de agua libre en la arcilla disminuye su consistencia y aumenta la separación entre partículas, lo que resulta en una mayor contracción de secado y un mayor riesgo de roturas en el secadero.

Las mejores condiciones de secado se obtienen al moldear en prensas con porcentajes de humedad por debajo del "punto crítico". Aunque el porcentaje de agua libre y la separación entre partículas aumente, el porcentaje de agua ligada permanece constante y no se ve afectado por la rapidez del secado.

Fig. 4-5 Contenido de humedad en la pieza



Fuente: Manual de fabricación de baldosas, tejas y ladrillos (2016)

El proceso de secado de una arcilla en dos condiciones diferentes y destaca el punto crítico donde se alcanza el 10% de humedad residual en la pieza, que corresponde al porcentaje de agua ligada. Este valor puede diferenciar dos arcillas entre sí.

La humedad del punto crítico está relacionada con el contenido de minerales arcillosos y su capacidad de fijar moléculas de agua. Arcillas con mayor concentración de minerales como la montmorillonita tendrán un punto crítico más alto debido a su alta capacidad de retención de agua.

La humedad ligada a las partículas arcillosas se elimina más lentamente que el agua libre en los capilares, lo que resulta en un ciclo de secado más largo para arcillas con un punto crítico más elevado.

Además, se menciona que otro factor importante para caracterizar una arcilla es su humedad de equilibrio. (Fernandez Abajo, 2016)

4.1.4 Calentamiento de la pieza

La primera etapa de secado dura poco más de 2 horas, ya que es el tiempo que se considera necesario para el calentamiento del material; durante esta fase la alta humedad relativa del secadero (95% a 97%) evita el secado de la pieza. Incluso la humedad condensada sobre las superficies frías puede dar lugar a un ligero incremento del contenido de agua en la pieza.

4.1.5 Eliminación del agua de contracción

En la segunda etapa de secado comienza el secado propiamente dicho, en esta etapa el peligro de roturas es máximo ya que en ella tiene lugar la contracción de la pieza y son las diferencias de contracción la que dan lugar a tensiones y roturas en el material seco. Es preciso lograr una gran uniformidad de secado, lo cual se consigue estableciendo una buena recirculación de aire a través de la pieza.

De la uniformidad de ventilación a través de la pieza dependerá la velocidad a la que se puede llevar el secado. Se debe lograr, sobre todo, un buen paso de aire a través de las perforaciones de la pieza, ya que en ellas hay una gran superficie evaporante para

el pequeño volumen de aire disponible, por lo que enseguida se llega a un punto de saturación, interrumpiéndose el secado. (Fernandez Abajo, 2016)

4.1.6 Eliminación del agua de porosidad

Al no producirse contracciones en la pieza, se pueden forzar las condiciones de secado elevando la temperatura y reduciendo la humedad relativa del aire. A medida que transcurre el tiempo se aprecia una caída exponencial del secado de la pieza, pues cada vez el agua está más fuertemente ligada a la arcilla y el secado tiene lugar más lejos de la superficie.

El tiempo que debe transcurrir después de que las contracciones en la pieza no se presentan, depende del tiempo necesario para que la pieza se situé entre el 2% y 3%. (Fernandez Abajo, 2016)

4.1.7 Relación secado y contracción de la pieza

Estos defectos se deben a desigualdades de secado en la misma pieza las cuales dan lugar a su vez a diferencias de contracción y resistencia.

La deformación plástica tiene un límite que se puede llegar a sobrepasar si el secado es muy rápido y se producen grandes diferencias de humedad y contracción entre las esquinas y la zona central de la pieza. Entonces si la resistencia del material es incapaz de soportar las tensiones de tracción se producen grietas en los puntos de menor resistencia que corresponde al centro de los cantos y la testa.

Las arcillas de baja plasticidad presentan defectos por:

Menor capacidad de deformación elástica y más baja cohesión y resistencia a las tensiones.

Mayores tensiones de molde causadas por el alto rozamiento externo de esta arcilla y por la dificultad de lograr un buen flujo arcilloso en los cantos. En arcillas de muy baja plasticidad estas tensiones pueden dar lugar a la aparición de dentellados saliendo la pieza molde. (Fernandez Abajo, 2016)

4.2 Tipos de secado

4.2.1 Secado natural

Se realiza cuando las piezas cerámicas son expuestas a temperatura ambiente por medio del movimiento natural del aire. El tiempo de secado es muy variable, dependiendo de las condiciones climáticas. El secado natural también presenta como factores limitantes la excesiva manipulación de las piezas y la ocupación de grandes áreas para la colocación de las piezas. Pese a esto, permanece aún como la forma de secado más utilizada en la industria cerámica nacional. (INT, 2016)

4.2.2 Secado Artificial

El secador está constituido por un ambiente cerrado con capacidad variable, que puede ser ajustado según la carga a procesar. Funciona con temperaturas que pueden llegar a 200°C, pero que, en general, están en el rango usual de 60 a 90°C, utilizando el aire calentado por una fuente propia de generación de calor (cámara de combustión) o calor proveniente del enfriamiento de los hornos. (INT, 2016)

4.2.3 Humedad relativa del aire

El aire ambiente contiene agua en forma de vapor. La humedad relativa HR indica el contenido de vapor de agua, es decir, la humedad del aire y depende de la presión atmosférica y de la temperatura del lugar, las cuales varían dentro de ciertos límites para un lugar determinado; por esta razón se calcula una HR promedio. En el proceso de secado el aire se comporta como una esponja; entre más seco, mayor su capacidad para absorber vapor de agua, hasta llegar a un tope máximo de contenido de agua. (Treybal, 2000)

4.2.4 Temperatura del aire

A medida que aumenta la temperatura del aire, también aumenta su capacidad para secar o absorber humedad. Para aumentar la temperatura del aire es necesario suministrar energía. Las fuentes corrientes de energía son: carbón, ACPM, gas natural, electricidad, energía solar utilizada directamente sobre el ladrillo o captada por

colectores solares que calientan el aire suministrado a una cámara de secado. (Treybal, 2000)

4.2.5 Presión del aire

Debe ser suficiente para que circule de manera uniforme a través de todos los ladrillos distribuidos dentro de la cámara. Es una característica de los ventiladores que se calcula a partir de las restricciones impuestas al recorrido del aire se mide por medio de un manómetro. (Treybal, 2000)

4.2.6 Generalidades de las curvas de secado

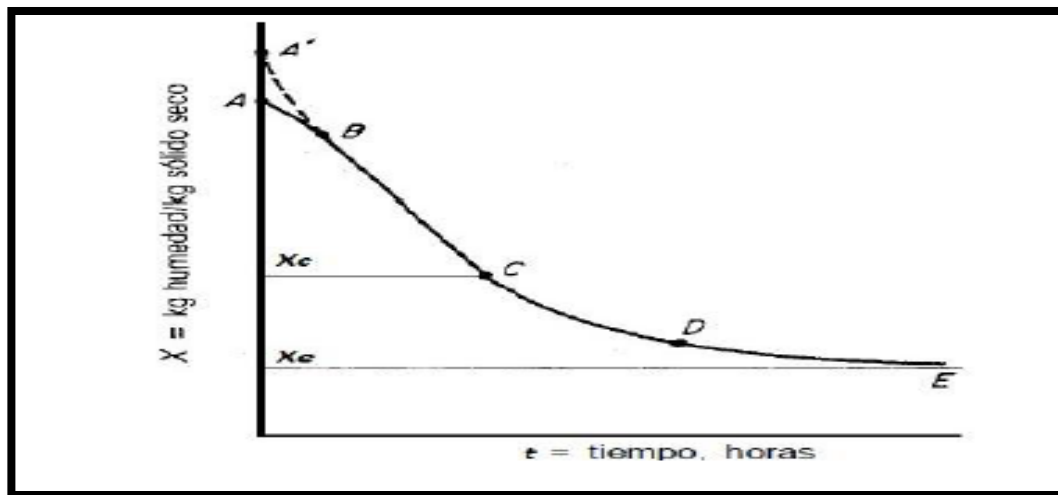
Un proceso de secado es usualmente descrito por diagramas construidos con las siguientes coordenadas. Contenido de humedad del material contra Tiempo de secado (Curva de secado). Velocidad de Secado contra Contenido de humedad del material (Curva de velocidad del secado). Temperatura del material contra Tiempo de secado (Curva de temperatura). (Treybal, 2000)

4.2.7 Curva de secado

Con el fin de obtener el tiempo de equilibrio en que se elimina el contenido de humedad de una muestra y las iteraciones de los factores que afectan la rapidez con la que se ejecuta el proceso es necesario conocer las características que gobiernan en la velocidad de secado. Para ello a raíz de la experimentación de un secado ya sea continuo o por lote son identificados por medio de las curvas de secado los siguientes aspectos.

El contenido de humedad se mide en unidades de porcentaje de humedad o una valoración de humedad sobre sólido seco; expresado por la letra X graficándose este contra el tiempo t en el que equilibra el contenido de humedad como se muestra en la figura. (Treybal, 2000)

Fig. 4-6 Curva de secado



Fuente: Manual de fabricación de baldosas, tejas y ladrillos (2016)

4.2.8 Tiempo de secado

El tiempo de secado depende del material, esto define las características que tendrá la curva de secado. El tiempo de secado debe ser determinado separadamente para el primer y segundo periodo de secado.

La ecuación siguiente define la velocidad de secado, ésta puede reacomodarse para obtener el tiempo de secado. (Treybal, 2000)

4.2.9 Periodo constante de secado

En este periodo de secado influyen la velocidad de secado depende del coeficiente de transferencia de calor y masa (h y kg) entre el agente de secado y la superficie a secar. Sin embargo, los materiales porosos representan un reto debido a su estructura no uniforme que crea dificultades en la estimación del contenido crítico de humedad. Es por eso que a veces es mejor hacer experimentos bajo condiciones similares a las que se usan en la práctica en la industria. (Treybal, 2000)

4.2.10 Periodo de caída de secado

Este periodo de caída de secado puede comportarse de manera lineal pero también puede comportarse de manera no lineal por lo cual requiere un estudio más minucioso del comportamiento de la curva de secado.

La forma de la velocidad de la curva de secado depende del tipo de cuerpo, la velocidad de secado en el primer periodo de secado y el contenido crítico de humedad. (Treybal, 2000)

4.3 Tipos de secadores

4.3.1 Secadores Estáticos

Son equipamientos de secado de operación intermitente constituidos por áreas separadas, llamadas celdas o cámaras. Durante el funcionamiento de las máquinas de operación de producción, las cámaras se llenan una tras otra de modo proporcional a la producción. En el momento en que se llena, se cierra cada cámara, iniciándose el proceso de secado en la misma. El producto procesado permanece detenido, mientras las condiciones higrométricas internas se van alterando a lo largo del tiempo. (INT, 2016)

Fig. 4-7 Secadores estáticos



Fuente: Manual de secado en la industria del ladrillo (2016)

4.3.2 Secadores continuos

El secador continuo o tipo túnel asegura, gracias al movimiento de las piezas (en vagonetas o esteras) y en contracorriente a la masa de aire caliente, un secado completo y uniforme. Son equipos de tecnología tradicional, también denominados secadores longitudinales, formados por galerías recorridas en toda su extensión por rieles desplazándose lentamente de un extremo al otro. la masa de aire caliente que absorbe la humedad evaporada en el secado se mueve en sentido opuesto, transportándola por la acción de ventiladores hasta aproximarla al extremo de la entrada de las vagonetas. (INT, 2016)

Fig. 4-8 Secadores Continuos



Fuente: Manual de secado en la industria del ladrillo (2016)

4.3.3 Secadores semicontinuos

Se trata de un secador con recirculación interna de aire, similar al continuo en lo que se refiere a la carga del producto sobre carritos y al recorrido de los mismos en el túnel, pero que difiere por el hecho de que todos los carritos producidos en uno o dos turnos de trabajo deben necesariamente ser introducidos en el túnel sin depósito de reserva. El ritmo de avance de los carritos es igual al de la producción y durante las horas de reposo de las máquinas; el funcionamiento del secador semicontinuo es similar al del

estático, con la importante diferencia que la descarga del aire se da siempre en el extremo del ingreso de los carritos. (INT, 2016)

4.3.4 Secadores Rápidos

Como secado rápido, se entiende aquel obtenido en contracorriente con una duración del ciclo inferior a 5 horas. Secado rápido significa una gran velocidad de evaporación superficial y formación de elevados gradientes de humedad y retracción en el espesor del producto. Dependiendo del espesor, la duración del ciclo puede variar. Con espesores de 5 a 6 mm es posible secar materias primas plásticas de manera rápida, mientras que con espesores de 20 mm ni siquiera una materia prima delgada y porosa permitiría un secado rápido. Otra exigencia del secado rápido es que haya porcentajes de vacíos en los productos mayores de 50%. (INT, 2016)

4.3.4.1 Secador talisca

Originario de Europa en los años 90, el secador tipo túnel llegó a Brasil hace pocos años. Algunos ladrilleros lo adoptaron para la producción de ladrillos huecos, tejas extrudidas, piezas de pandereta y otros productos prensados. Este secador puede operar con una fuente de calor propia (cámara de combustión) o mediante la recuperación de calor del horno.

El funcionamiento del secador tipo túnel consiste en colocar las piezas a secar en un plano único y transportarlas a través de esteras en contracorriente con respecto al flujo de aire caliente insuflado desde la salida del secador. En la parte superior del secador se encuentran tubos de distribución de calor que cubren toda el área de secado. A través de registros, se regula el volumen de aire caliente y, por ende, la cantidad de calor a lo largo del equipo, cumpliendo así con el perfil de secado requerido. Además, los alerones externos permiten ajustar y dirigir mejor el calor hacia las piezas.

Este tipo de secador presenta varias ventajas: un secado rápido, la eliminación del uso de vagonetas y del automatismo de carga y descarga, una reducción significativa en la mano de obra, bajo mantenimiento y bajo consumo de energía térmica. Opera con temperaturas de trabajo entre 160 y 220°C y presiones internas de 10 a 17 mmCA.

En cuanto a sus dimensiones, puede alcanzar longitudes de hasta 120 metros, anchos de 4 a 6 metros y una altura de 0,4 metros entre la estera y el techo. La capacidad de producción varía de 10 a 20 toneladas por hora, dependiendo de la calidad de la arcilla, la humedad de entrada (1 a 4 %), la humedad de salida (20 a 24 %) y la longitud del secador. Los ciclos de secado pueden oscilar entre 45 minutos (para tejas extrudidas leves) y 3 horas (para ladrillos de pandereta), según datos de fabricantes nacionales.

Las potencias eléctricas totales de estos secadores suelen variar entre 110 y 140 CV, dependiendo de la escala de producción, el tipo de producto y la arcilla utilizada. Como inconveniente, requieren un espacio considerable en la planta de producción y demandan un estudio riguroso de la arcilla empleada, debido al ciclo rápido de secado, lo que exige ajustes importantes para garantizar la calidad del producto final. (INT, 2016)

4.3.4.2 Secadores de balanza

Estos secadores están contruidos con varias galerías paralelas y superpuestas. Las balanzas, al final de cada galería, giran alrededor de ruedas dentadas para ingresar a la siguiente galería. El aire sigue un recorrido inverso al de las balanzas. Para evitar interferencias durante la rotación, las balanzas deben estar espaciadas a intervalos regulares. Los ciclos de secado con balanzas pueden variar de 2,5 a 5 horas. Las temperaturas de entrada se mantienen entre 100 y 120°C, y las de salida entre 35 y 40°C, con velocidades del aire en el rango usual de 5 a 8 m/s.

Los ciclos más largos permiten un mejor desempeño térmico al incorporar la pérdida de calor con menos impacto en la estructura. Las cantidades de aire utilizadas generalmente varían entre 25 y 28 kg de aire por kg de agua evaporada. Las pérdidas de carga varían entre 0,4 y 0,5 mm de columna de agua (mmCA) por balanza, con una velocidad de 5 a 6 m/s, y hasta 0,9 a 1,0 mmCA por balanza para velocidades entre 8 y 9 m/s. Las cantidades de aire en la descarga son mayores en un 15 a 20% en comparación con las introducidas. (INT, 2016)

4.3.5 Secadores a grandes volúmenes de aire

La idea del aprovechamiento de la energía natural se basa en el concepto de los secadores a grandes volúmenes de aire, considerando que, si el aire no está saturado existe la posibilidad de absorber algunos gramos de humedad por cada kilo de aire, cediéndose una parte modesta del contenido térmico a la evaporación. El secador adecuado para productos perforados con porcentajes de vacíos por encima de 50%, está formado de un túnel con carritos con carga y descarga semejante al de un secador semicontinuo, con el aire circulando en contracorriente en relación al producto. (INT, 2016)

4.4 Ventilador

Un ventilador es una maquina rotativa que pone el aire o un gas, en movimiento. Podemos definirlo como una turbomáquina que transmite energía para generar la presión necesaria con la que mantener un flujo continuo de aire.

4.4.1 Clasificación de los Ventiladores

4.4.1.1 ATENDIENDO A SU FUNCIÓN

4.4.1.1.1 Ventiladores con Envoltente Que suele ser tubular.

4.4.1.1.2 Ventiladores Murales.

Conocidos también como simplemente Extractores, tienen la función de trasladar aire entre dos espacios separados por un muro o pared.

4.4.1.1.3 Ventiladores de Chorro

Aparatos usados para proyectar una corriente de aire incidiendo sobre personas o cosas.

4.4.1.2 Atendiendo a la trayectoria del aire.

4.4.1.2.1 Ventiladores Centrífugos.

En estos aparatos la trayectoria del aire sigue una dirección axial a la entrada y paralela a un plano radial a la salida. Entrada y salida están en ángulo recto.

4.4.1.2.2 Ventiladores Axiales.

La entrada de aire al aparato y su salida siguen una trayectoria según superficies cilíndricas coaxiales.

4.4.1.2.3 Ventiladores Transversales

La trayectoria del aire en el rodete de estos ventiladores es normal al eje tanto a la entrada como a la salida, cruzando el cuerpo del mismo.

4.4.1.2.4 Ventiladores Helicocentrífugos

Son aparatos intermedios a los ventiladores centrífugos y ventiladores axiales. El aire entra como en los axiales y sale igual que en los centrífugos.

4.4.1.3 Atendiendo a la presión

4.4.1.3.1 Ventiladores de Baja Presión

Se llaman así a los que no alcanzan los 70 Pascales. Suelen ser centrífugos y por antonomasia se designan así los utilizados en climatizadores.

4.4.1.3.2 Mediana Presión.

Si la presión está entre los 70 y 3.000 Pascales. Pueden ser centrífugos o axiales.

4.4.1.3.3 Alta Presión

Cuando la presión está por encima de los 3.000 Pascales. Suelen ser centrífugos con rodetes estrechos y de gran diámetro.

4.4.1.4 Atendiendo a las condiciones de funcionamiento.

4.4.1.4.1 Ventiladores Estándar

Son los aparatos que vehiculan aire sin cargas importantes de contaminantes, humedad, polvo, partículas agresivas y temperaturas máximas de 40° si el motor está en la corriente de aire. (Siemens, 2016)

4.4.1.4.2 Ventiladores Especiales

Son los diseñados para tratar el aire caliente, corrosivo, húmedo etc. O bien para ser instalados en el tejado o dedicados al transporte neumático. (Siemens, 2016)

4.4.1.5 Atendiendo al sistema de accionamiento

4.4.1.5.1 Accionamiento Directo

Cuando el motor eléctrico tiene el eje común, o por prolongación, con el del rodete o hélice del ventilador. (Siemens, 2016)

4.4.1.5.2 Accionamiento por Transmisión

Como es el caso de transmisión por correas y poleas para separar el motor de la corriente del aire (por caliente, explosivo, etc.).

4.4.1.6 Atendiendo al Control de las Prestaciones.

Es el caso de ventiladores de velocidad variable por el uso de reguladores eléctricos, de compuertas de admisión o descarga, modificación del caudal por inclinación variable de los álabes de las hélices, etc. (Escoda, Salvador, 2015)

4.5 Mantenimiento

Es el conjunto de acciones necesarias para conservar o restablecer un sistema en un estado que permita garantizar su funcionamiento a un coste mínimo. (Tavares, 2006)

4.5.1 Mantenimiento Preventivo

Se trata de emplear técnicas de detección temprana de síntomas con el propósito de coordinar una intervención antes de que el fallo se manifieste.

4.5.2 Mantenimiento preventivo sistemático

Realizado en momentos periódicos determinados por un programa preestablecido, considerando la importancia de cada máquina y la disponibilidad de respaldo cuando sea aplicable.

4.5.3 Mantenimiento preventivo condicional

Subordinado a un acontecimiento predeterminado

4.5.4 Mantenimiento Correctivo

Realizado posterior al fallo, con el propósito de remediar las averías.

Ventajas, inconvenientes y aplicaciones

Mantenimiento Correctivo

Ventajas

- No se requiere una gran infraestructura técnica ni elevada capacidad de análisis.
- Máximo aprovechamiento de la vida útil de los equipos.

Inconvenientes

- Las averías se presentan de forma imprevista lo que origina trastornos a la producción.
- Riesgo de fallos de elementos difíciles de adquirir, lo que implica la necesidad de un “stock” de repuestos importante.
- Baja calidad del mantenimiento como consecuencia del poco tiempo disponible para reparar.

Aplicaciones

- Cuando el coste total de las paradas ocasionadas sea menor que el coste total de las acciones preventivas.
- Esto sólo se da en sistemas secundarios cuya avería no afectan de forma importante a la producción.
- Estadísticamente resulta ser el aplicado en mayor proporción en la mayoría de las industrias.

Mantenimiento Preventivo

-Ventajas

- Importante reducción de paradas imprevistas en equipos.

- Solo es adecuado cuando, por la naturaleza del equipo, existe una cierta relación entre probabilidad de fallos y duración de vida.

-Inconvenientes

- No se aprovecha la vida útil completa del equipo.
- Aumenta el gasto y disminuye la disponibilidad si no se elige convenientemente la frecuencia de las acciones preventivas.

Aplicaciones

- Equipos de naturaleza mecánica o electromecánica sometidos a desgaste
- seguro
- Equipos cuya relación fallo-duración de vida es bien conocida.

4.6 Norma Boliviana 1211001

Esta norma establece la clasificación, características y requisitos que deben cumplir los ladrillos cerámicos huecos que se emplean en la construcción.

Las normas bolivianas contienen disposiciones que, al ser citadas en el texto, constituyen requisitos de la norma. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda, a aquellos que realicen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones más recientes de las normas bolivianas citadas: NB 399 Sistema Internacional de Unidades - SI NB 1211002 Ladrillos cerámicos – Métodos de ensayo Métodos de ensayo

4.6.1 Condiciones Generales

Fabricación: El ladrillo cerámico es moldeado básicamente con arcilla y cocido a una temperatura que le confiere al producto final características especificadas en esta norma.

4.6.2 Identificación

Cada ladrillo debe tener la identificación del fabricante, sin que ésta perjudique su uso.

Textura: Toda modificación a la textura de la superficie de las unidades, tales como estrías y grabados, se debe realizar preferiblemente sobre el producto crudo o por cualquier método que no produzca debilitamiento de la misma.

4.6.3 Requisitos obligatorios

4.6.4 Características usuales

Los ladrillos no deben presentar defectos irregulares ni deformaciones que impidan su empleo tales como:

4.6.4.1 Fisuras

Las caras de las unidades no deben tener fisuras que atraviesen el espesor de la pared y además deben cumplir con lo establecido en la imagen.

Tabla IV-1 Parámetros permitidos

Según su determinación	Máxima longitud de fisura, respecto a la dimensión de la pieza, en %	Observación
Ladrillo cerámico para ser utilizado con cualquier tipo de revestimiento (R)	≤20	
Ladrillo cerámico para ser utilizado a cara vista o sin revestir (V)	<5	No se aceptaran fisuras en más de dos (2) caras de diferentes dimensiones.

Fuente: Norma boliviana de ladrillo (2013)

4.6.4.2 Características geométricas

La determinación de las dimensiones, la desviación con relación a la escuadra y la planicidad de las caras y el espesor mínimo de paredes interiores y exteriores, se efectuarán como se indica en 3.1. de la norma NB 1211002. Los requisitos y tolerancias son indicados en la imagen.

Tabla IV-2 Características geométricas

Características Geométricas		Tolerancia
Dimensiones Nominales: Largo, alto y ancho	Ladrillos para revestir (R)	±3%
	Ladrillos a cara vista (V)	±2%
Desviación con relación a la escuadra (D) (máx.)		2%
Desviación con relación a la planicidad de las caras (P) (máx.)		3 mm
Espesor de las paredes interiores y exteriores (min.)		8mm

Fuente: Norma boliviana de ladrillo (2013)

4.6.4.3 Resistencia a la compresión

Los ladrillos cerámicos macizos que se ensayan según 3.2 de la norma NB 1211002, deben cumplir con los requisitos mínimos de la imagen.

Fig. 4-9 Resistencia a la compresión

Tipo	Resistencia a la compresión, área bruta, en MPa Kg/cm ² (Mínimo)
No portante o de relleno	2,0 (20,4)
Portante o estructural	20,0 (203,9)

Fuente: Norma boliviana de ladrillo (2013)

4.6.4.4 Absorción de agua

En los ladrillos cerámicos huecos ensayados se aceptara una absorción de agua, no menor a 8% ni mayor a 15%. (Ibnoorca, 2013)

4.7 Tipos de extractores

4.7.1 Extractores de humedad industriales

Cuentan con un motor más potente y completo que están diseñados para funcionar de forma continua en diversas industrias. Cuenta con una bomba de calor que genera una zona fría y caliente.

4.7.2 Extractores de humedad desecantes

Este tipo de modelo son los más ligeros ya que no cuentan con un compresor y se les llama así debido a que el aire pasa a través de un material desecante que absorbe toda la humedad. Existen modelos clásicos que se emplean en estancias más pequeñas como baños y el eléctrico está más orientado a un uso dentro de salas y espacios de mayor tamaño.

4.7.3 Extractores silenciosos

Estos modelos son más utilizados en oficinas o viviendas en las que el ruido puede llegar a ser un inconveniente en los que se recomienda elegir modelos que no superen los 38 decibeles de ruidos.

4.7.4 Extractor de humedad con calefacción

Estos modelos sirven como calefacciones que ayudan a reducir el gasto en lugares con humedad relativa alta pues al eliminar la humedad el calor se transmite mejor. (GSL industrias, 2021)

4.7.5 Relación secado y contracción de la pieza

Estos defectos se deben a desigualdades de secado en la misma pieza las cuales dan lugar a su vez a diferencias de contracción y resistencia. La deformación plástica tiene un límite que se puede llegar a sobrepasar si el secado es muy rápido y se producen grandes diferencias de humedad y contracción entre las esquinas y la zona central de la pieza. Entonces si la resistencia del material es incapaz de soportar las tensiones de tracción se producen grietas en los puntos de menor resistencia que corresponde al centro de los cantos y la testa.

Las arcillas de baja plasticidad presentan defectos por:

Menor capacidad de deformación elástica y más baja cohesión y resistencia a las tensiones.

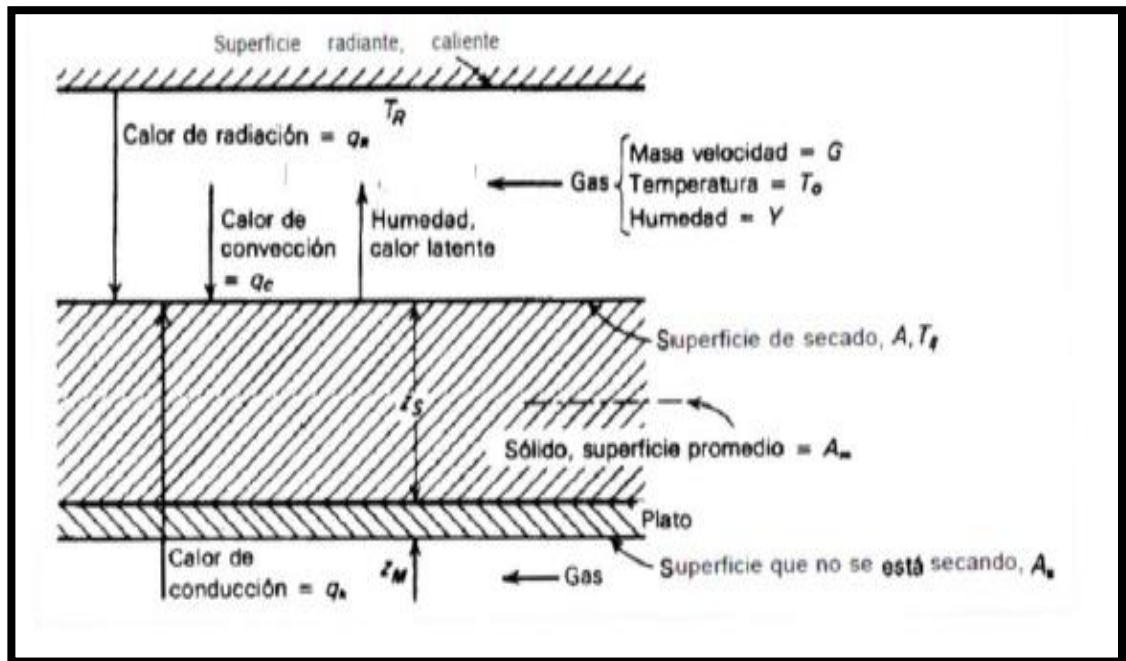
Mayores tensiones de molde causadas por el alto rozamiento externo de esta arcilla y por la dificultad de lograr un buen flujo arcilloso en los cantos.

En arcillas de muy baja plasticidad estas tensiones pueden dar lugar a la aparición de dentellados saliendo la pieza molde. (Fernandez Abajo, 2016)

4.8 Mecanismos de transferencia de calor

El calor se define como una forma de energía que se puede transferir de un sistema a otro debido a las diferencias de temperatura. La transferencia de calor del medio más caliente al medio más frío siempre ocurre, y la transferencia de calor se detiene cuando los dos medios alcanzan la misma temperatura. La transferencia de calor se puede lograr por diferentes medios; conducción, convección y radiación. (Treybal, 2000)

Fig. 4-10 Mecanismo de transferencia de calor



Fuente: Norma boliviana de ladrillo (2013)

4.8.1 Conducción

La conducción es la transferencia de energía de partículas de materia de alta energía a partículas de baja energía debido a la interacción de estas partículas. La conducción puede ocurrir en sólidos, líquidos o gases. En gases y líquidos, la conducción es

causada por colisiones y difusión de moléculas en movimiento aleatorio. En los sólidos, esto se debe a una combinación de vibraciones moleculares dentro de la red cristalina y la transferencia de energía de los electrones libres. (Macuchapi Apaza, 2018)

4.8.2 Convección

La convección es el método de transferencia de energía entre una superficie sólida y un líquido o gas adyacente en movimiento, y consiste en los efectos combinados de la conducción y el movimiento de un fluido, cuanto más rápido se mueve el fluido, más rápido se mueve el fluido. En ausencia de un movimiento significativo de fluidos, la transferencia de calor entre superficies sólidas y líquidos adyacentes es por conducción pura. La presencia de movimiento de masas fluidas mejora la transferencia de calor entre superficies sólidas y líquidas, pero también complica la determinación de los coeficientes de transferencia de calor. (Macuchapi Apaza, 2018)

La siguiente ecuación nos permite obtener el calor de transferencia de calor por convección:

$$Q = h * A * (T_f - T_{so}) \quad (1)$$

Donde:

Q = Transferencia de calor por convección

h = Coeficiente de transferencia de calor

A = Área del cuerpo en contacto

T_f = Temperatura de la superficie del cuerpo

T_{so} = Temperatura del fluido a cierta distancia

4.8.3 Radiación

La radiación es energía emitida por la materia en forma de ondas electromagnéticas (o fotones) que son el resultado de cambios en la configuración electrónica de átomos o moléculas. A diferencia de la conducción y la convección, la transferencia de energía radiante no requiere la presencia de un medio; de hecho, la transferencia de energía radiante es la más rápida (a la velocidad de la luz) y no decae con el tiempo. Así llega la energía solar a la tierra. (Macuchapi Apaza, 2018)

4.8.4 Calor que absorbe el material

Para evaluar la absorptividad del material, resulta fundamental adquirir un conocimiento preciso sobre la cantidad de calor absorbido por dicho material. (Restrepo, 2020)

El cual se expresa de la siguiente formula:

$$Q_{Latente} = m_{H2O} * h_{fg} \quad (2)$$

Donde:

Q = Calor latente

h_{fg} = Calor latente de vaporización

m_{h20} =Masa de agua evaporada

4.8.5 Calor Sensible

El calor sensible es una forma de energía térmica asociada con el cambio de temperatura de un cuerpo o sustancia sin que se produzca un cambio de fase. En otras palabras, es la cantidad de calor que se necesita o se libera para cambiar la temperatura de una sustancia sin alterar su estado físico, ya sea sólido, líquido o gaseoso. (Restrepo, 2020)

El cual se puede realizar el cálculo mediante la siguiente fórmula:

$$Q_s = Q_{camara\ secado} * C_p * \Delta T \quad (3)$$

Donde:

Q = Calor Sensible

$Q_{camara\ secado}$ = Masa de la cámara de secado

C_p = Calor específico del agua

ΔT = Diferencia de temperaturas

4.9 Velocidad de secado

4.9.1 Humedad

La humedad se refiere a la cantidad de vapor de agua presente en el aire o en una sustancia. Se expresa comúnmente como un porcentaje relativo a la cantidad máxima de vapor de agua que el aire puede contener a una temperatura y presión específicas. (Geankopolis, 1998)

El cual se puede calcular por la siguiente fórmula:

$$H = \frac{18,02}{28,97} * \frac{P_A}{P - P_A} \quad (4)$$

Donde:

H = Humedad

P_A = Presión de vapor

P = Presión

4.9.2 Volumen húmedo

El volumen total en metros cúbicos que abarca 1 kg de aire seco junto con el vapor que contiene, medido a una presión de 1 atmósfera. Este parámetro es esencial para determinar las condiciones ambientales dentro de la cámara de secado durante el proceso de secado. (Geankopolis, 1998)

El cual se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$V_H = (0,00283 + 0,00456 * H) * T \quad (5)$$

Donde:

V_H = Volumen Húmedo

H = humedad

T = Temperatura

4.9.3 Densidad

$$\rho = \frac{D + H}{V} \quad (6)$$

Donde:

D = Densidad

H = humedad

V = Volumen húmedo

4.9.4 Velocidad del aire

La velocidad del aire se refiere a la rapidez con la que se desplaza el flujo de aire en un sistema específico. (Geankopolis, 1998)

La cual se expresa mediante la siguiente ecuación.

$$V = \frac{Q}{A} \quad (7)$$

Donde:

V = Velocidad

Q = Caudal

A = Área

4.9.5 Velocidad de masa

$$G = V * \rho \quad (8)$$

Donde:

G = Velocidad de masa

V = Velocidad

ρ = Densidad

4.9.6 Coeficiente de transferencia de calor

$$h = 0,0204 * G^{0,8} \quad (9)$$

Donde:

h = Coeficiente de transferencia de calor

G = Velocidad de masa

4.9.7 Velocidad de secado

$$R_c = \frac{h}{h_w} * (T - T_w) * (3600) \quad (10)$$

Donde:

R_c = Velocidad de secado

h = Coeficiente de transferencia de calor

h_w = Entalpia

T = Temperatura de bulbo seco

T_w = Temperatura de bulbo húmedo

4.9.8 Tiempo de secado

$$t = \frac{L_S}{AR_C} * (X_1 - X_2) \quad (11)$$

Donde:

t = Tiempo de secado

L_S = Kilogramos de solido seco

A = Área expuesta de secado

R_C = Velocidad de secado

X_1 = Tamaño inicial

X_2 = Tamaño final

4.9.9 Masa de agua

$$m_{aire} = \frac{m_t C_p \text{ arcilla } (T_2 - T_1) - m_{H_2O} (h_2 - h_1)}{C_p \text{ aire } (T_2 - T_1)} \quad (12)$$

Donde:

m_{aire} = Masa de aire

m_{total} = Masa arcilla

m_{h_2O} = Masa agua

T_1 = Temperatura inicial

T_2 = Temperatura final

m_{agua} = Temperatura de bulbo seco

$C_p \text{ aire}$ = Capacidad calorífica del aire

$C_p \text{ arcilla}$ = Capacidad calorífica de la arcilla

4.9.10 Humedad relativa

$$H_R = 100 \frac{P_A}{P_{AS}} \quad (13)$$

Donde:

H_R = Porcentaje de humedad relativa

P_A = Presión de vapor

P = Presión paracial

4.10 Principio de estandarización

La estandarización es el proceso de establecer normas, criterios o especificaciones comunes para garantizar la consistencia y la uniformidad en productos, procesos o prácticas. Busca mejorar la calidad, la eficiencia y la interoperabilidad al proporcionar un conjunto de reglas o medidas reconocidas y aceptadas. En sectores como la industria, la estandarización facilita la comparación, la compatibilidad y la mejora continua al simplificar la comunicación y la implementación de procesos. Además, promueve la seguridad y la confianza al establecer un marco reconocido para la evaluación y el cumplimiento. (Meyers, 2006)

4.11 Distribución de planta

La distribución de planta es la organización de las instalaciones físicas de la compañía para alentar la utilización eficiente del equipo, el material, el personal y la energía. (Meyers, 2006)

4.12 Reducción de costos

La fórmula de reducción del costo, en realidad, es una palabra, no una fórmula matemática. Consiste en seis preguntas acerca de todo lo que puede pasar a una parte que se mueve a través de las instalaciones. Las preguntas son: por qué, quién, dónde, qué, cuándo y cómo. El propósito es determinar si es posible eliminar cualquier etapa dada, combinarla con otra operación, moverla a un punto diferente en la secuencia de operaciones, o simplificarla. Este procedimiento requiere que se estudie el producto

con el fin de identificar cada etapa del proceso y que se pueda justificar la necesidad de cada una de ellas. (Niegel & Freivalds, 2009)

4.13 Diagrama de flujo

Es la representación gráfica de la distribución de un proceso es una herramienta visual integral que va más allá de simplemente mostrar la localización de actividades presentes en un diagrama de flujo. Este enfoque va acompañado de una detallada visualización de las trayectorias de viaje del proceso, ofreciendo una visión completa y cohesiva de cómo las diferentes actividades interactúan y se relacionan entre sí. Esta representación no solo revela la secuencia de eventos, sino que también destaca conexiones, interdependencias y posibles puntos de optimización. (Niegel & Freivalds, 2009)

4.13.1 Diagrama de flujo del proceso

Representación gráfica de todas las operaciones, transportes, inspecciones, demoras y almacenamientos que ocurren durante un proceso o procedimiento. El diagrama incluye información que se considera deseable para el análisis, como el tiempo que se requiere y la distancia que se debe recorrer. (Niegel & Freivalds, 2009)

4.14 Estudio financiero

Ordena y sistematiza la información de carácter monetario que proporcionaron las etapas anteriores, elabora los cuadros analíticos y datos adicionales para la evaluación del proyecto y estudia los antecedentes para determinar su rentabilidad. (Sapag Chain, Sapag Chain, & Sapag Chain, 2014)

4.14.1 Costos fijos

Los costos fijos son aquellos gastos que una empresa incurre y que permanecen constantes independientemente de la cantidad de bienes o servicios producidos. Estos costos no están directamente vinculados a la producción y, por lo tanto, no varían en función de los niveles de actividad de la empresa. (Gomez Bravo, 2005)

4.14.2 Costos variables

Los costos variables son aquellos gastos que cambian directamente en proporción a la producción o nivel de actividad de una empresa. Estos costos fluctúan con el volumen de producción y ventas, aumentando a medida que se produce más y disminuyendo cuando la actividad disminuye. (Gomez Bravo, 2005)

4.14.3 VAN

Es una métrica financiera utilizada en la evaluación de proyectos de inversión. Representa la diferencia entre el valor presente de los flujos de efectivo generados por un proyecto y la inversión inicial necesaria para llevar a cabo dicho proyecto. (Sapag Chain, Sapag Chain, & Sapag Chain, 2014)

4.14.4 TIR

Es una medida financiera utilizada para evaluar la rentabilidad de una inversión. Representa la tasa de rendimiento a la cual el valor presente neto (VPN) de los flujos de efectivo de un proyecto es igual a cero.

Una TIR positiva indica que la inversión tiene un rendimiento superior a la tasa de descuento utilizada en el análisis, lo que sugiere que el proyecto puede ser financieramente viable. Por otro lado, una TIR negativa indica que el proyecto no cumple con las expectativas de rendimiento. La TIR es una herramienta clave en la toma de decisiones de inversión y se utiliza comúnmente para comparar diferentes oportunidades de inversión. (Sapag Chain, Sapag Chain, & Sapag Chain, 2014)

4.14.5 Flujo de caja

Se refiere al movimiento de dinero que entra y sale de una empresa durante un período de tiempo determinado. Este concepto es esencial para evaluar la liquidez y la salud financiera de una organización. El flujo de caja positivo indica que la empresa está generando más efectivo del que está gastando, lo cual es crucial para cubrir gastos operativos, inversiones y deudas. Por otro lado, un flujo de caja negativo puede indicar problemas financieros. (Gomez Bravo, 2005)

4.14.6 Activos fijos

Los activos fijos, también conocidos como activos inmovilizados o bienes de capital, son elementos tangibles que una empresa posee y utiliza a largo plazo para llevar a cabo sus operaciones y generar ingresos. Estos activos no están destinados a la venta inmediata, sino que tienen una vida útil extendida, generalmente superior a un año. Los activos fijos incluyen propiedades, plantas, maquinaria, equipos, vehículos, edificios y otros recursos duraderos que son esenciales para el funcionamiento continuo de la empresa. (Gomez Bravo, 2005)

4.14.7 Activos diferidos

Los activos diferidos son un tipo de activo que representa pagos anticipados por bienes o servicios que se consumirán o utilizarán en el futuro. Estos activos se registran en el balance de una empresa y se amortizan a lo largo del tiempo a medida que se beneficia de ellos. (Gomez Bravo, 2005)

CAPITULO V
ESPECIFICACION Y DISEÑO DEL EQUIPO

5.1 Introducción

El papel crucial del proceso de fabricación de ladrillos en la industria de la construcción no puede ser subestimado, ya que constituye un elemento fundamental en la creación de estructuras duraderas y funcionales. En este escenario, la cerámica Corona ha consolidado su posición en el mercado al destacarse en la producción de ladrillos de alta calidad mediante un proceso eficiente y avanzado.

Este capítulo se sumerge en el diseño ingenieril, focalizándose en optimizar una fase vital del proceso de producción de ladrillos: el secado. La correcta evaporación de la humedad en los ladrillos recién conformados es imperativa para garantizar la calidad final del producto. Para hacer frente a este desafío, se ha propuesto la creación de cámaras de secado especializadas que incorporen tecnologías innovadoras y contemplen criterios de eficiencia energética, costos operativos y durabilidad estructural.

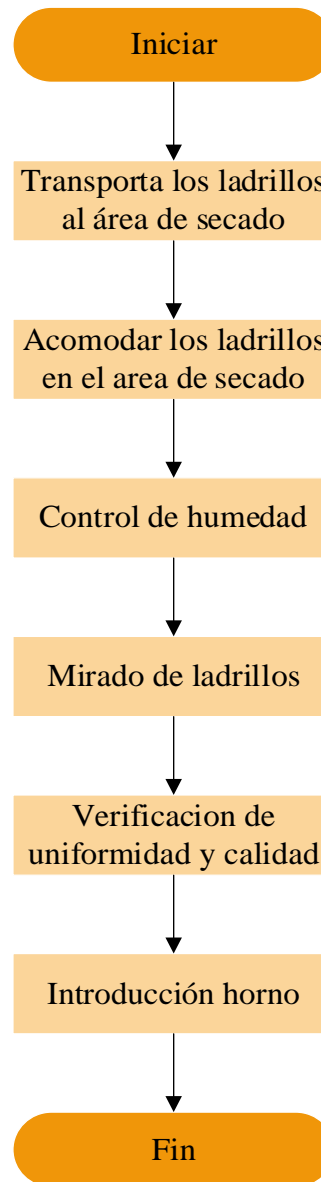
Asimismo, este capítulo presenta un diseño conceptual para las cámaras de secado, abordando los aspectos tecnológicos de manera integral. Se detallarán las características y componentes principales de estas cámaras.

Al considerar la importancia del secado en la producción de ladrillos, resulta esencial no solo abordar los desafíos técnicos, sino también anticiparse a futuras necesidades del mercado y cumplir con estándares ambientales. En este sentido, la propuesta de cámaras de secado de última generación de la cerámica Corona no solo se enfoca en la mejora inmediata de la calidad del producto, sino que también se alinea con las demandas cambiantes del sector y promueve prácticas sostenibles en la industria de la construcción.

5.2 Diagrama de flujo

5.2.1 Diagrama de flujo actual del secado

Fig. 5-1 Diagrama de flujo actual de secado

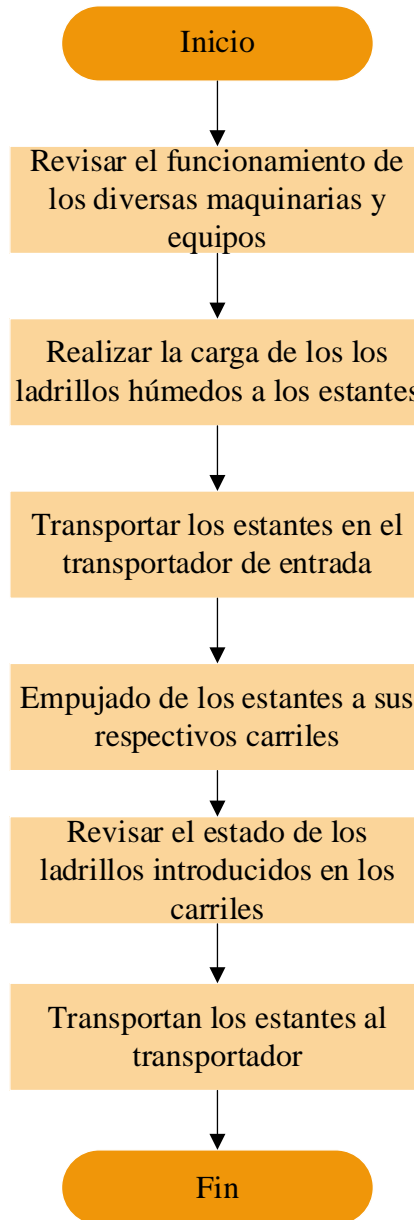


Fuente: Cerámica Corona S.R.L.

Elaboración: Propia

5.2.2 Diagrama de flujo Propuesto

Fig. 5-2 Diagrama de flujo del secado propuesto



Elaboración: Propia

5.3 Especificaciones del producto

El producto 6HER, cuyo nombre comercial es una abreviatura de "6 Huecos Económico Rayado" (6HER), se trata de un ladrillo estructural que se distingue por presentar cuatro caras con un marcado rayado. A continuación, se detallarán minuciosamente las características sobresalientes de este elemento fundamental en la construcción y edificación, que abarcan aspectos esenciales:

Cuadro V-1 Características ladrillo 6HER

Descripción	Unidad	Medidas
Largo	Cm	25,0
Ancho	Cm	10,5
Alto	Cm	16,0
Peso Húmedo	Kg	3,8
Humedad	%	22

Fuente: Cerámica Corona S.R.L.

Elaboración: Propia

5.4 Disposición de nuevo lay out propuesto

El diseño del lay out para la línea de moldeo, que incluye el proceso de secado de ladrillos propuesto, ha sido cuidadosamente elaborado tras un minucioso análisis. Este análisis abarca una evaluación exhaustiva de diversos factores clave, como la eficiencia operativa, la capacidad de producción, la seguridad, la ergonomía y la optimización de recursos. Cada aspecto ha sido considerado para garantizar un flujo de trabajo fluido y efectivo a lo largo de la línea de producción.

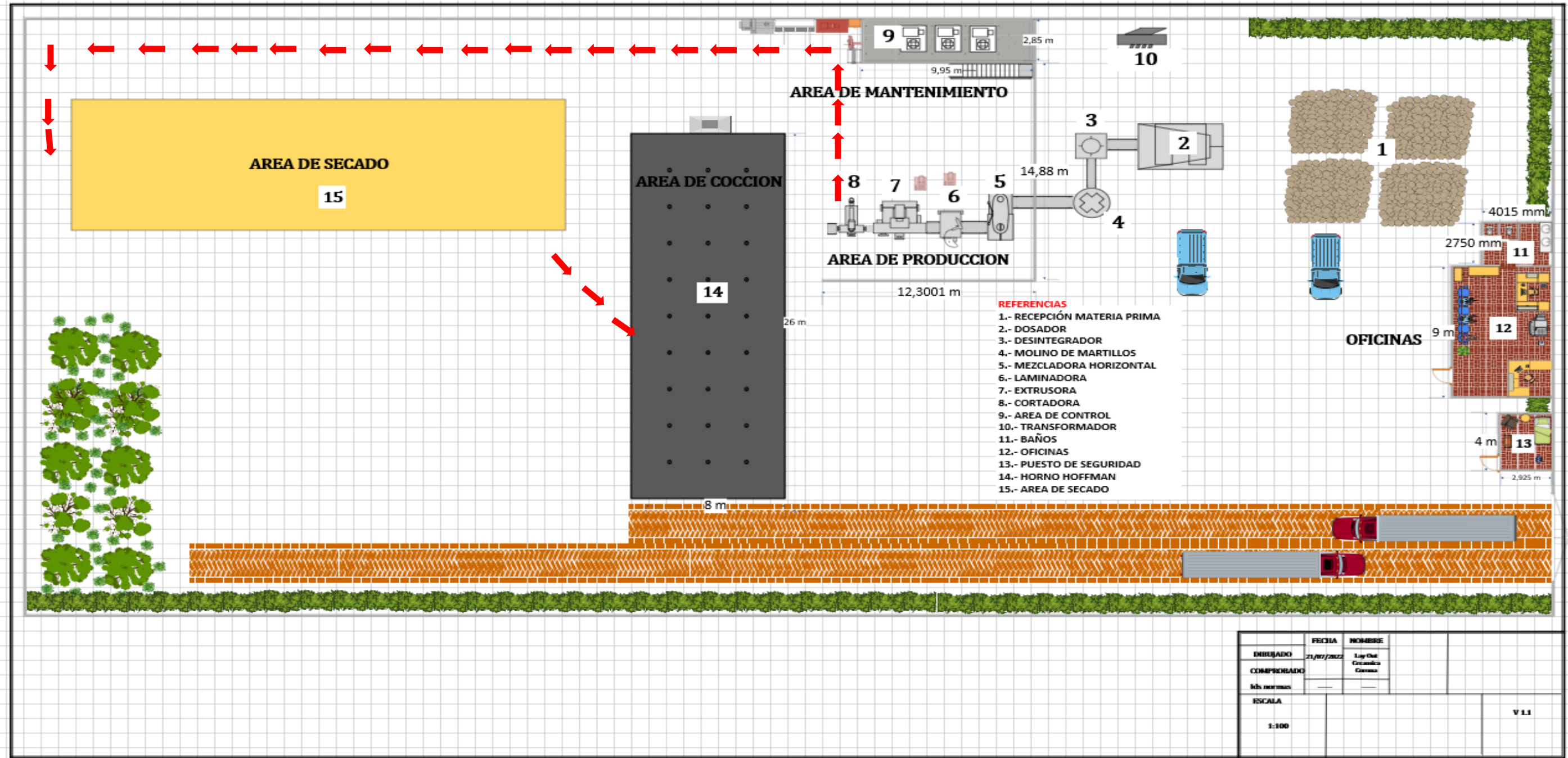
La reingeniería del proceso de secado soluciona eficazmente los problemas previamente identificados, centrándose en la optimización de la mano de obra y el

aumento de la capacidad de secado para lograr una mayor eficiencia. Este enfoque tiene en cuenta las características fundamentales del proceso:

- Al no tener un lay out la empresa y proponer uno, esto ayudará mucho con el flujo de trabajo eficiente, a la vez también se podrá optimizar el uso del espacio.
- Al tener unas cámaras de secado artificial se tendrá un producto de mayor calidad, también se logrará reducir el tiempo de secado a la vez eliminar el cuello de botella del proceso de secado.

A continuación, se puede observar el lay out planteado para la empresa cerámica

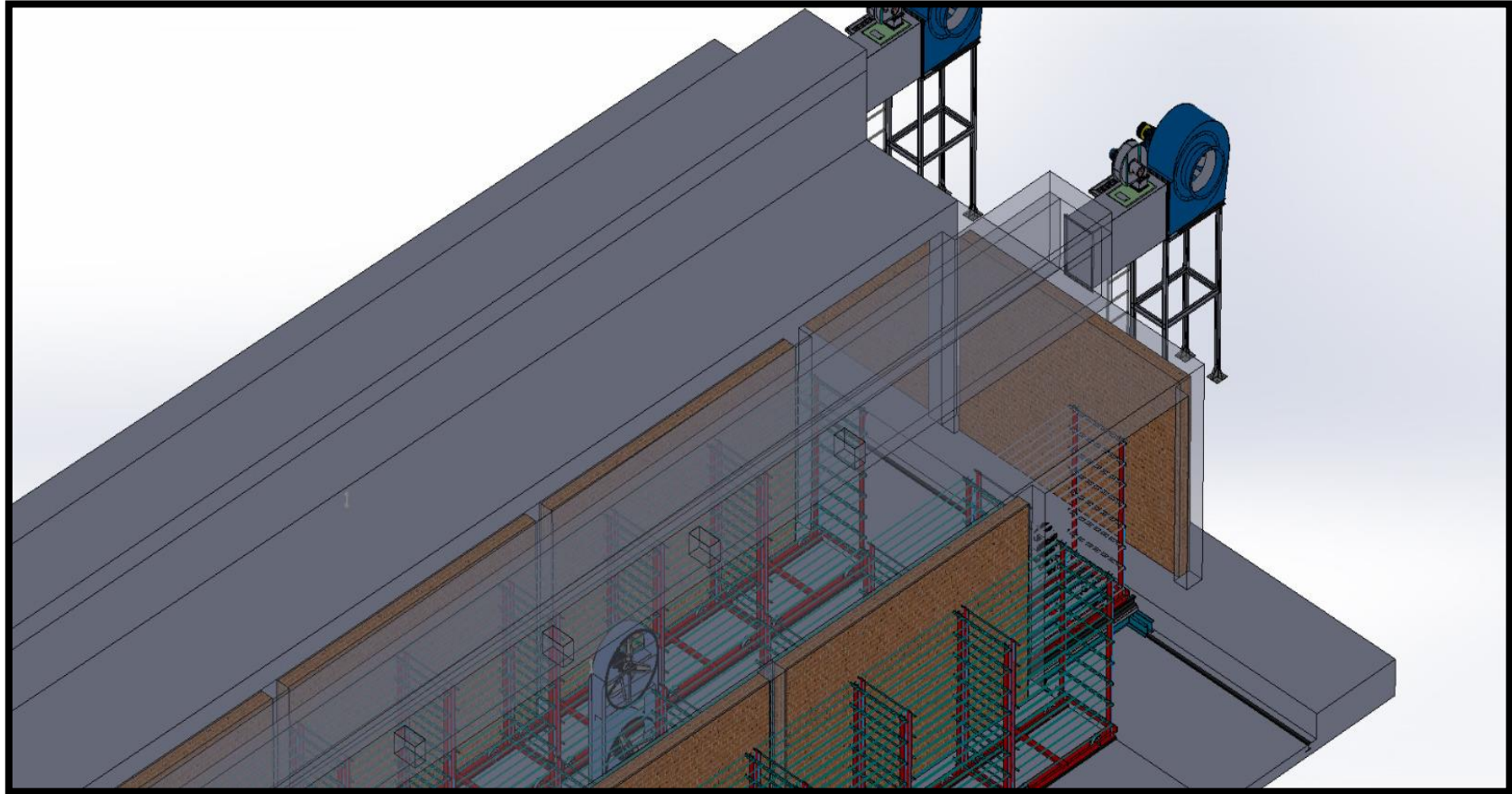
Fig. 5-3 Lay out propuesto de fábrica



Fuente: Cerámica Corona SRL.
Elaboración: Propia

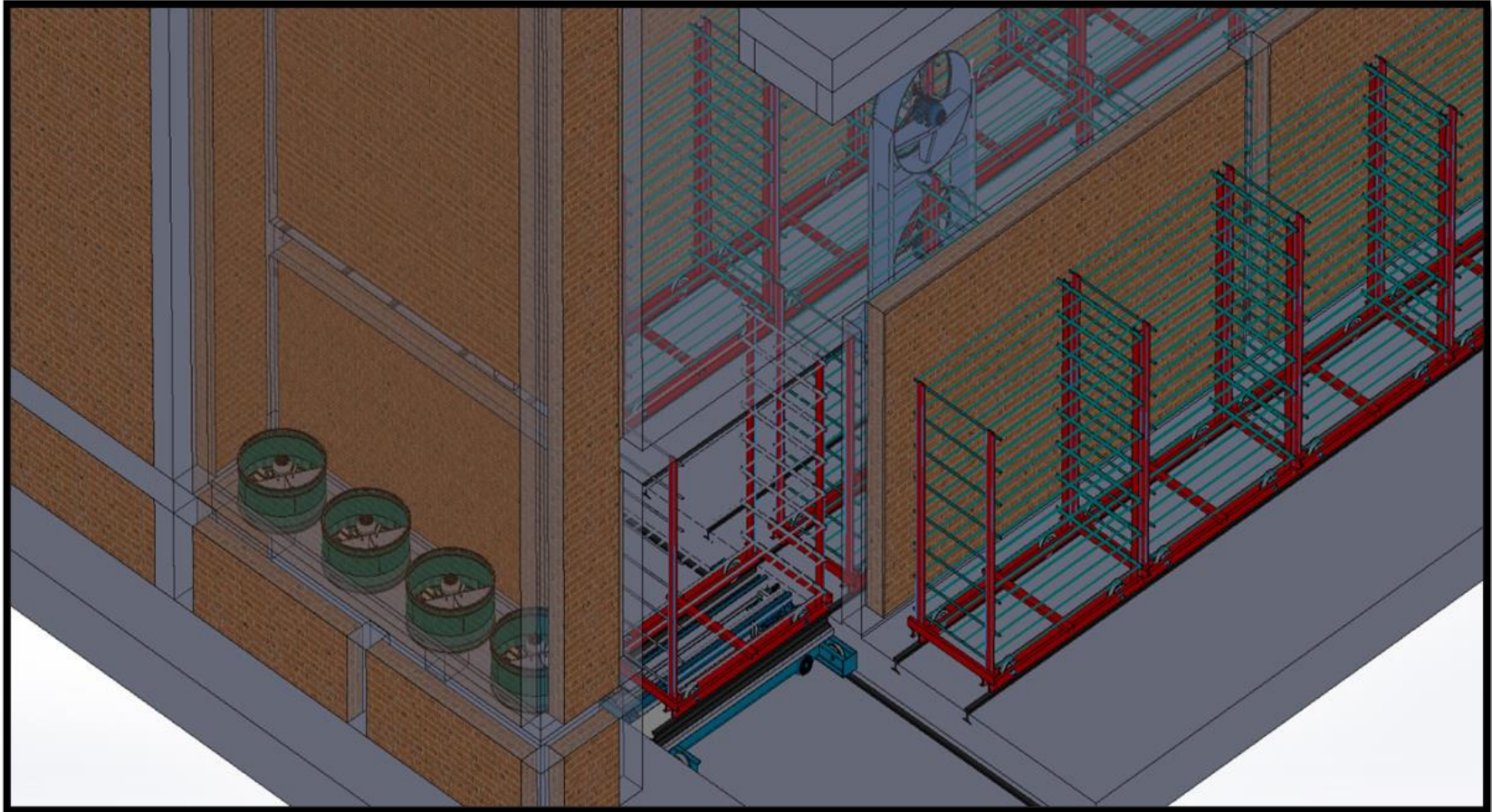
5.5 Propuesta de diseño

Fig. 5-4 Propuesta de diseño



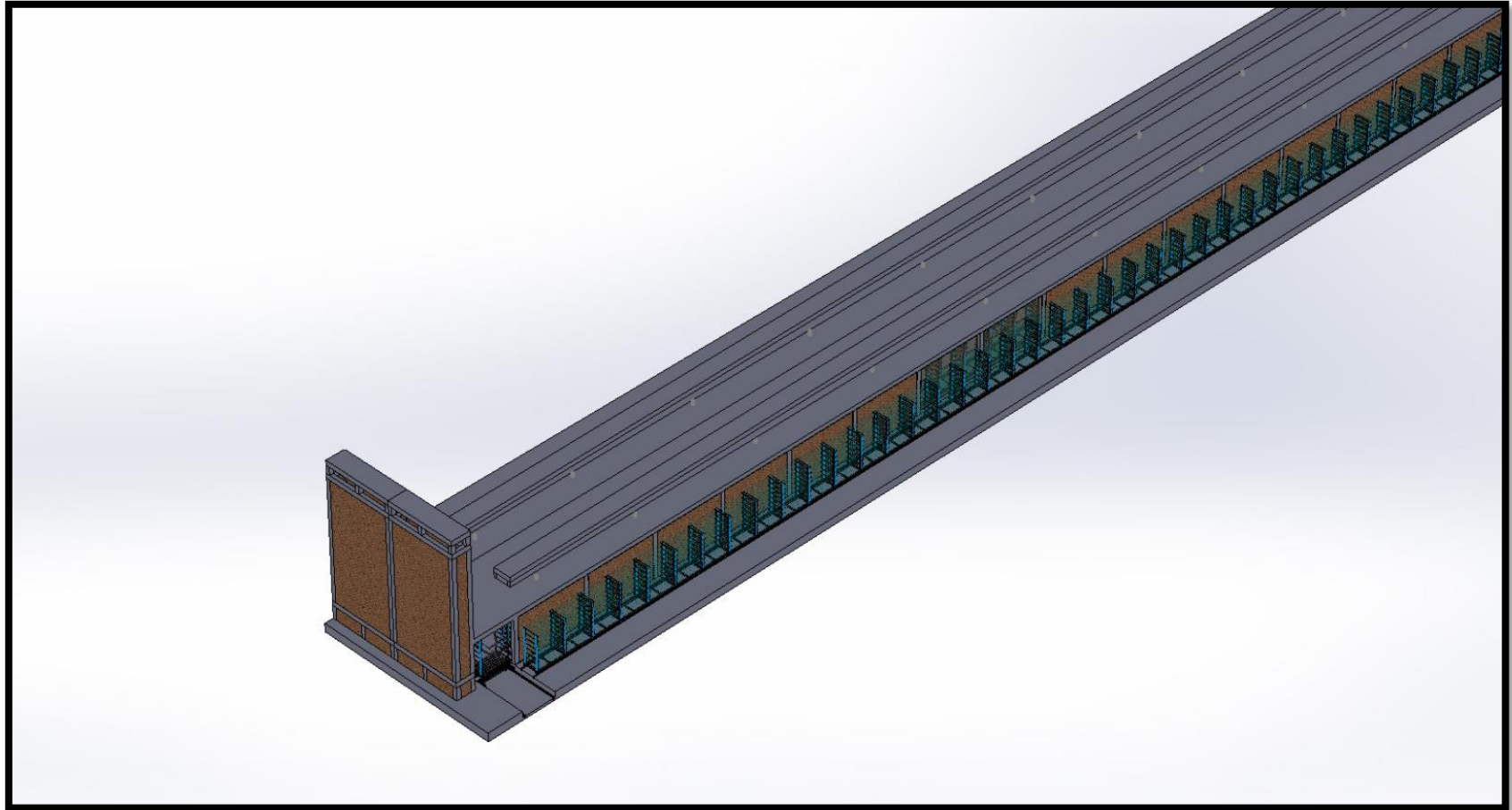
Elaboración: Propia

Fig. 5-5 Propuesta de secadero



Elaboración: Propia

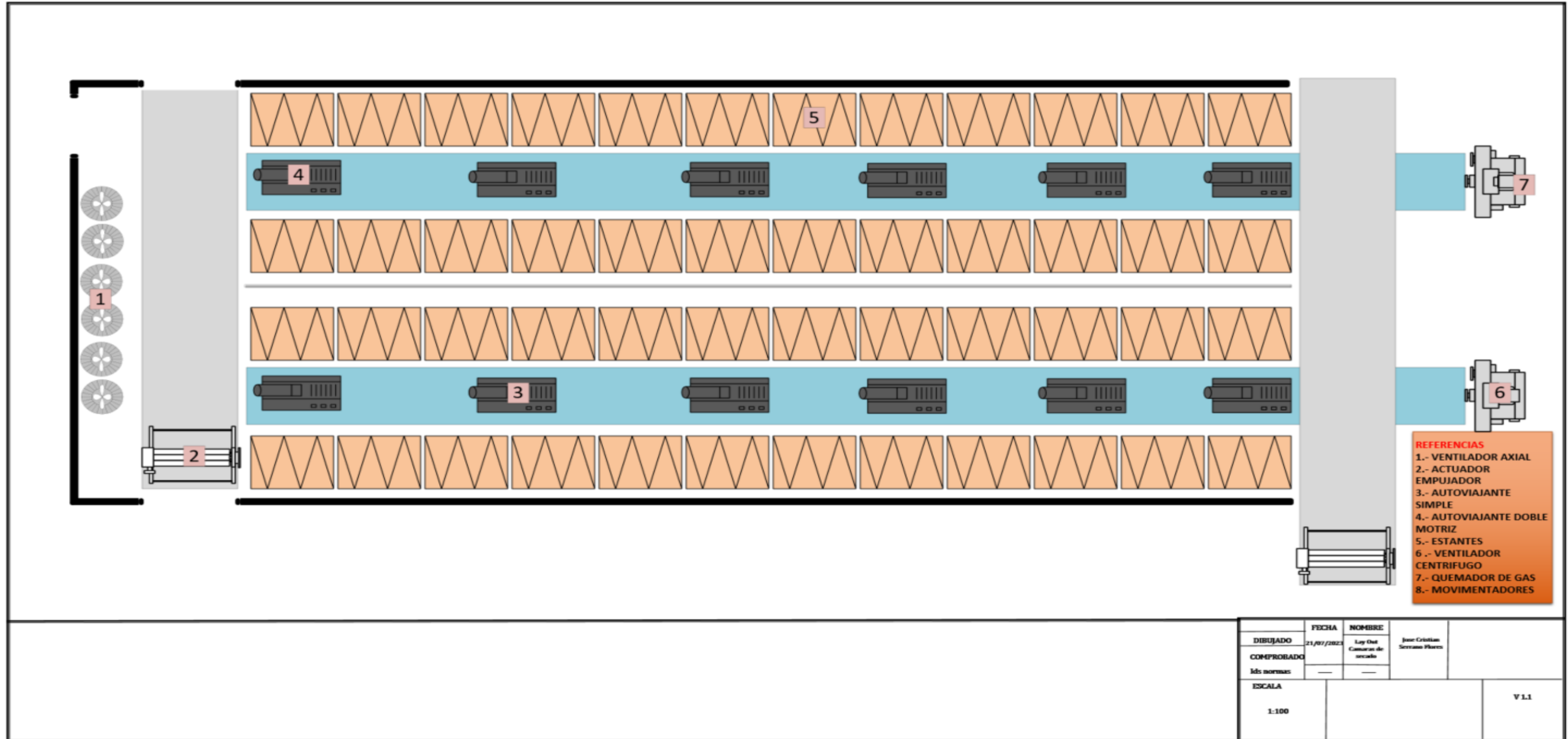
Fig. 5-6 Propuesta de cámaras de secado



Elaboración: Propia

55.1 Layout Cámaras de secado artificial propuestas

Fig. 5-7 Layout cámaras de secado



Elaboración: Propia

5.6 Sistema de secado de cerámica roja

Después de completar el proceso de moldeado de la cerámica roja, ya sea en estado húmedo o semiseco, es imprescindible llevar a cabo el secado como una etapa preparatoria para la posterior cocción.

Las cantidades de agua utilizadas durante la fase de moldeo no se eliminan por completo durante el proceso de secado de la cerámica roja. En lugar de ello, persisten en forma de pequeños porcentajes de humedad, los cuales tienden a reducirse al mínimo en función de diversos factores como la duración de la exposición al aire y las condiciones del lugar de secado.

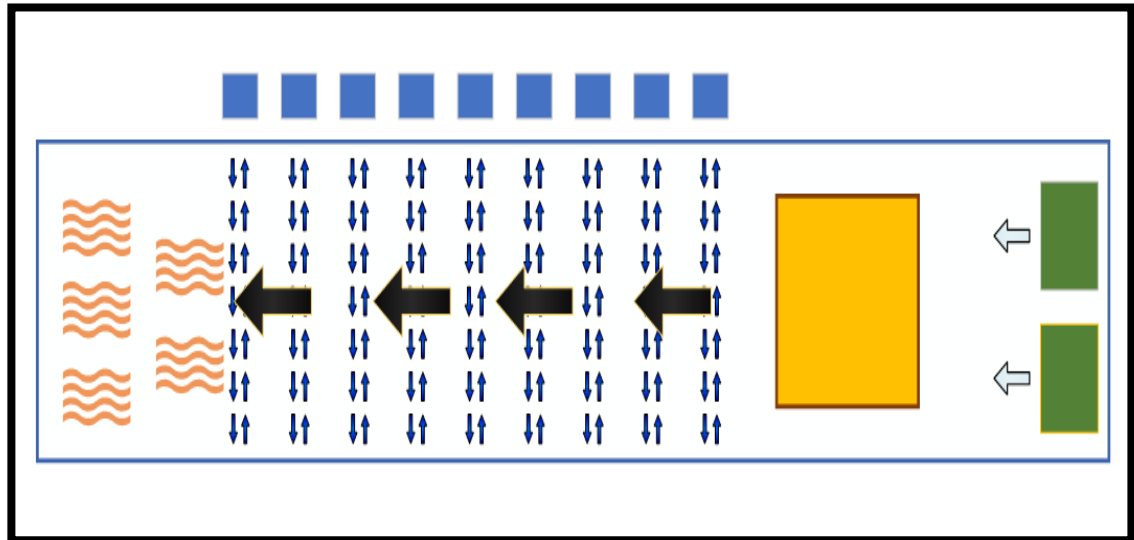
La cantidad residual de humedad en la cerámica al final del secado depende en gran medida de la duración del proceso y de las condiciones ambientales durante este período. Durante la exposición al aire, la humedad se evapora gradualmente, facilitando la eliminación de la misma. Sin embargo, es importante destacar que la cantidad de humedad residual puede variar según el lugar de secado. Por ejemplo, en un entorno con una alta circulación de aire y una baja humedad relativa, la evaporación es más eficiente, lo que conduce a una reducción más rápida de la humedad en la cerámica.

En general, podemos resumir que las diversas teorías acerca de la humedad residual difieren en base a los siguientes aspectos:

- a) De 2.5 a 3% para materiales medianamente delgados con porcentajes de vacío entre 3.5 a 4.5%.
- b) De 2 a 2.5% para materiales gruesos, productos livianos de grandes dimensiones como tejas.
- c) De 0.8 a 1% para productos adaptados a hornos con ciclos de quema rápidos.

5.7 Esquema de secado túnel

Fig. 5-8 Flujo de calor



Elaboración: Propia

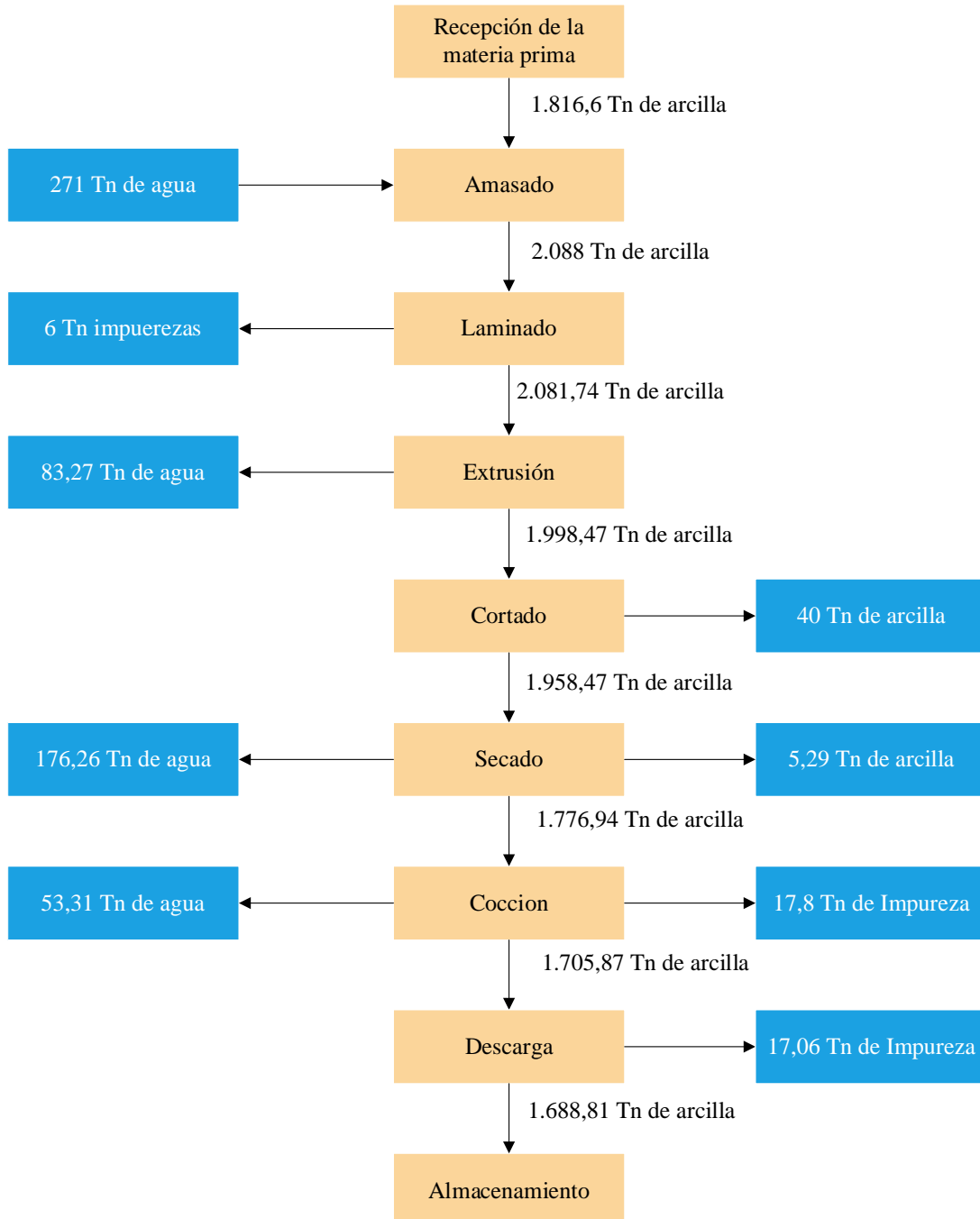
Como se puede apreciar en el diagrama previo, en una cámara de secado tipo túnel, se pueden identificar los flujos de aire que circulan en su interior. Estos flujos incluyen el aire caliente suministrado por los inyectores a través de los conductos. Además, es posible observar el flujo de aire generado por los ventiladores ubicados en los laterales, cuya función es redistribuir de manera uniforme el calor en el interior de la cámara de secado.

Las dimensiones del secadero actual son de 40 mts. con una capacidad de 76 estantes, cada uno con 432 piezas.

De los anteriores datos se puede determinar la velocidad de circulación de cada estante es aproximadamente de 6,9 m/h.

5.8 Balance de materia y energía.

Fig. 5-9 Balance de materia



Fuente: Cerámica Corona S.R.L.

Elaboración: Propia

5.9 Diseño y dimensionamiento del o los equipos necesarios

5.9.1 Dimensiones de obras civiles

5.9.2 Volumen total ladrillos

Con la característica de dimensiones de ladrillo de 6 huecos, se obtiene el volumen del ladrillo húmedo.

$$V_{\text{ladrillo húmedo}} = h_{\text{altura}} * S_{\text{ancho}} * L_{\text{longitud}} \quad (14)$$

$$V_{\text{ladrillo húmedo}} = 0,18 \text{ m} * 0,12 \text{ m} * 0,24 \text{ m}$$

$$V_{\text{ladrillo húmedo}} = 0,0052 \text{ m}^3$$

Cálculo de volumen por estante

$$V_{\text{por estante}} = V_{\text{ladrillo húmedo}} * \text{Cantidad por estante} \quad (15)$$

$$V_{\text{por estante}} = 0,0052 \text{ m}^3 * 432 \text{ pzas}$$

$$V_{\text{por estante}} = 2,24 \text{ m}^3$$

Cálculo del volumen del estante

$$V_{\text{del estante}} = h_{\text{altura}} * S_{\text{ancho}} * L_{\text{longitud}} \quad (16)$$

$$V_{\text{del estante}} = 1,90 \text{ m} * 1,80 \text{ m} * 2,10 \text{ m}$$

$$V_{\text{del estante}} = 7,18 \text{ m}^3$$

Cálculo de volumen de producción por día

$$V_{\text{produccion}} = V_{\text{estante}} * \text{Cantidad de estante} \quad (17)$$

$$V_{\text{produccion}} = 7,18 \text{ m}^3 * 76,00 \text{ estantes}$$

$$V_{\text{produccion}} = 545,68 \text{ m}^3$$

5.9.3 Volumen cámara

"La cámara de secado está diseñada para el secado simultáneo de hasta 76 estantes. Cada zapata tiene una extensión de 1,5 metros en ambos lados y una profundidad de 4 metros, con columnas de 0,25 metros de ancho. Las paredes de la cámara alcanzan una altura de 2,7 metros y se beneficia de la presencia de 2 puertas corredizas en cada extremo, proporcionando un acceso más eficiente.

A continuación, se muestra en el cuadro a detalle lo requerido.

Tabla V-1 Dimensiones cámaras de secado

Característica	Dimensiones (metros)
Longitud	40
Ancho	11
Altura	2,7

Elaboración: Propia

Cálculo de volumen total de cámara de secado.

$$V_{\text{camara}} = h_{\text{altura}} * S_{\text{ancho}} * L_{\text{longitud}} \quad (18)$$

$$V_{\text{camara}} = 2,70 \text{ m} * 11 \text{ m} * 40 \text{ m}$$

$$V_{\text{camara}} = 1.188 \text{ m}^3$$

5.9.4 Coeficiente de llenado

$$\text{Coeficiente de llenado} = \frac{\text{Volumen ladrillos}}{\text{Volumen camara}} \quad (19)$$

$$\frac{\text{Volumen ladrillos}}{\text{Volumen camara}} = \text{Entre } 0,30 \text{ a } 0,50$$

$$\frac{\text{Volumen ladrillos}}{\text{Volumen camara}} = \frac{545,68 \text{ m}^3}{1.188,00 \text{ m}^3}$$

$$\text{Coeficiente de llenado} = 0,46$$

5.10 Cálculo de calor y espacio

5.10.1 Calculo térmico

5.10.1.1 Masa de agua y aire

Para determinar la masa de aire, es necesario calcular la masa de las parrillas.

$$m_{estantes} = \text{Peso del estante} * \text{Cantidad de estantes} \quad (20)$$

$$m_{estantes} = 80 \text{ Kg} * 76 \text{ estantes}$$

$$m_{estantes} = 6.080 \text{ Kg}$$

Cálculo de la masa de cámara de secado.

$$m_{Camara\ secado} = \text{Cantidad de ladrillos a secar} * \text{Peso del ladrillo} \quad (21)$$

$$m_{Camara\ secado} = 32.832 \text{ ladrillos} * 3,80 \text{ kg}$$

$$m_{Camara\ secado} = 124.761,60 \text{ Kg}$$

Se obtiene un resultado de 124.761,60 Kg, de masa de cámara de secado, en el cual se consideró la cantidad de ladrillos por el peso del mismo.

Se calcula la masa total sumando la masa de las parrillas a la masa de la cámara de secado, lo que nos proporcionará un valor en kilogramos.

$$m_t = (m_{parrillas} + m_{camara\ de\ secado}) \quad (22)$$

$$m_t = (6.080 \text{ kg} + 124.761,60 \text{ kg})$$

$$m_t = 130.841,60 \text{ Kg}$$

Además de ello, se realiza el cálculo de la masa de agua presente en los ladrillos, lo que contribuye a obtener un análisis completo de los componentes involucrados en el proceso.

$$m_{H2O} = (m_{ladrillo\ entrada} - m_{ladrillo\ salida}) * N^{\circ} \text{ladrillo} \quad (23)$$

$$m_{H2O} = (3,8 \text{ Kg} - 3,2 \text{ Kg}) * 32.832,00 \text{ ladrillos}$$

$$m_{H2O} = 19.699,20 \text{ kg.}$$

Luego se procede a calcular la masa de aire, con los datos obtenidos anteriormente en la ecuación (12) la cual se expresa de la siguiente manera.

Se tomo en cuenta que T_1 la temperatura promedio anual del departamento de Tarija es de 17 grados centígrados según el senamhi.

Por otra parte, se tomó como dato la T_2 , como el promedio de temperaturas de los diferentes puntos de las cámaras de secado. (Ver anexo 5-1)

El calor especifico se obtuvieron de la siguiente tabla (Ver Anexo 5-2)

$$m_{aire} = \frac{m_t C_{p \text{ arcilla}} (T_2 - T_1) - m_{H_2O} (T_2 - T_1)}{C_{p \text{ aire}} (T_2 - T_1)} \quad (24)$$

$$= \frac{130.841,60Kg * 0,20 \frac{kcal}{kg * ^\circ C} * (50^\circ C - 17^\circ C) - 19.699,20Kg * 1 \frac{kcal}{kg * ^\circ C} * (50^\circ C - 17^\circ C)}{0,25 \frac{kcal}{kg * ^\circ C} * (50^\circ C - 17^\circ C)}$$

$$m_{aire} = 25.876,48 \text{ kg}$$

Con los datos obtenidos anteriormente de masa de aire se procede a calcular la cantidad de volumen de aire.

$$v = \frac{m}{\rho} = \frac{25.876,48 \text{ kg}}{1,225 \frac{kg}{m^3}} = 21.123,66m^3 \quad (25)$$

5.10.1.2 Calculo Calor sensible

Se procedió al cálculo del calor sensible del bloque, dado que se le suministra calor, lo que resulta en un aumento de su temperatura. Para realizar este cálculo, se empleó la ecuación (1). Este análisis es esencial para comprender cómo el ladrillo responde al aporte de calor y su posterior cambio de temperatura.

El dato de la capacidad calorífica se obtuvo de la tabla de calores específicos (Ver anexo 5-2).

$$Q_s = Q_{camara\ secado} * C_p * \Delta T \quad (26)$$

$$Q_s = 124.761,60 \text{ Kg} * 1 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg} * ^\circ\text{C}} * (50^\circ\text{C} - 17^\circ\text{C})$$

$$Q_s = 4.117.132,80 \text{ kcal}$$

$$Q_s = 17.237.611,61 \text{ KJ}$$

Se obtiene un resultado de 17.237.611,61 KJ de calor sensible, como consecuencia del aporte de calor al ladrillo. Este valor refleja la cantidad significativa de energía térmica que se transfiere al material, desempeñando un papel esencial en el proceso.

5.10.1.3 Cálculo de calor por convección

Se llevó a cabo el cálculo del calor por convección, utilizando un valor de $h=1,66$ ($\text{W}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$), (Ver Anexo 5-3) como coeficiente de transferencia de calor. Este cálculo es esencial para comprender y analizar la transferencia de calor en el sistema, proporcionando información valiosa sobre el proceso en estudio, el cual se utilizó la ecuación (2) para realizar el cálculo del mismo.

$$Q_s = h * A * \Delta T \quad (27)$$

$$Q_s = h * A * (T_f - T_{so})$$

$$Q_s = 1,66 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 * ^\circ\text{C}} * 440 \text{ m}^2 * (50^\circ\text{C} - 17^\circ\text{C})$$

$$Q_s = 24.103,20 \text{ W}$$

$$Q_s = 24.103,20 \frac{\text{J}}{\text{seg}} * 3600 \frac{\text{seg}}{\text{hr}} * \frac{1 \text{ KJ}}{1000 \text{ J}}$$

$$Q_s = 86.771,52 \frac{\text{kJ}}{\text{hr}}$$

5.10.1.4 Cálculo de calor latente

Se ha determinado el calor latente de la masa de arcilla mediante el uso de una ecuación (3) especializada.

Se tomo como dato el calor latente de vaporización para el agua de $2.256,00 \frac{Kj}{Kg}$. El cual está establecido por tablas. (Ver anexo 5-4)

$$Q_{Latente} = m_{H2O} * h_{fg} \quad (28)$$

$$Q_{Latente} = 19.699,20 \text{ Kg} * 2.256,00 \frac{Kj}{Kg}$$

$$Q_{Latente} = 44.441.395,20 \text{ KJ}$$

El cálculo arroja un valor de 44.441.395,20 KJ como el calor latente de la masa de arcilla, lo que representa una medida significativa en términos de energía térmica almacenada.

5.10.1.5 Calor útil

El calor útil es aprovechado por el material, y se define como la suma de tres componentes: el calor sensible, el calor latente y el calor por convección. Para calcularlo, se emplea la siguiente ecuación, lo que nos proporciona una comprensión más completa de cómo se utiliza el calor en el proceso. En este caso no sumaremos en calor de convección debido a que el mismo no presenta la misma unidad, el cual será sumado en el caudal.

$$Q_{util} = Q_s + Q_{latente} + Q_c \quad (29)$$

$$Q_{util} = 17.237.611,61 \text{ KJ} + 44.441.395,20 \text{ KJ}$$

$$Q_{util} = 61.679.006,81 \text{ KJ}$$

El cálculo del calor útil requerido arroja un valor de 61.679.006,81 KJ.

Este resultado es fundamental para garantizar un suministro eficiente de calor en la cámara.

5.10.2 Caudal

Para calcular el caudal en la cámara de secado, se emplea la siguiente ecuación como método de referencia.

$$Caudal = \frac{Q_{util}}{Hr} \quad (30)$$

$$Caudal = \frac{61.679.006,81 \text{ KJ}}{8 \text{ hr}}$$

$$Caudal = 7.709.875,85 \frac{\text{KJ}}{\text{hr}}$$

$$Caudal = 7.709.875,85 \frac{\text{KJ}}{\text{hr}} + Q_{conveccion}$$

$$Caudal = 7.709.875,85 \frac{\text{KJ}}{\text{hr}} + 86.771,52 \frac{\text{KJ}}{\text{hr}}$$

$$Caudal \text{ TOTAL} = 7.796.647,37 \frac{\text{KJ}}{\text{hr}}$$

$$Caudal \text{ TOTAL} = 1.861.839,39 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$$

El caudal necesario de trabajo es de 1.861.839,39 Kcal/hr por hora, a partir de este dato podremos seleccionar el generador de calor adecuado para las cámaras de secado.

5.10.3 Conjunto de ventiladores

El número óptimo de ventiladores necesarios para la cámara de secado es un aspecto crítico que debe ser cuidadosamente determinado, ya que impacta directamente en el proceso de secado. Este número se establece considerando el caudal de aire necesario para garantizar una adecuada ventilación y circulación en la cámara. La determinación de este caudal se basa en varios factores, siendo uno de los principales el volumen del espacio que debe ser ventilado. La ecuación que permite calcular el caudal es fundamental en este proceso y se construye teniendo en cuenta la relación entre el

volumen de la cámara y el número de renovaciones de aire requeridas para mantener condiciones óptimas de secado.

En el ámbito de la eficiencia y optimización de sistemas de ventilación en procesos industriales, SIEMENS ha desarrollado recomendaciones específicas para la renovación del aire en cámaras de secado. La importancia de un adecuado flujo de aire en estas cámaras de secado radica en su influencia directa en el proceso de secado, garantizando condiciones óptimas para obtener resultados de calidad y eficiencia en la producción.

El número de renovaciones (R) se extrajo de la tabla proporcionada por SIEMENS. Esta tabla indica las renovaciones de aire recomendadas por hora, que en este caso oscilan entre 30 y 60 renovaciones por hora. Se consideró el valor máximo, 60 renovaciones por hora, ya que es crucial garantizar un adecuado flujo de aire en las cámaras de secado artificial para ladrillos. A continuación, se procede a calcular el caudal requerido para la cámara de secado. (Ver anexo 5-5)

$$Q = \frac{V * \left(\frac{R}{h}\right)}{3600} \quad (31)$$

$$Q = \frac{1883 * 60}{3600}$$

$$Q = 19,80 \frac{m^3}{seg} * \frac{3600 \text{ seg}}{1 \text{ hr}}$$

$$Q = 72.280,00 \frac{m^3}{hr}$$

El caudal requerido para la cámara de secado es de $72.280,00 \frac{m^3}{hr}$

5.11 Cinética del secado

La cinética del secado en cerámica se fundamenta en los principios de transferencia de masa y calor. En el proceso de fabricación de productos cerámicos, resulta imperativo eliminar el contenido de agua presente en la mezcla de arcilla antes de exponerla a temperaturas elevadas durante la fase de cocción. Dicho secado constituye una etapa

crucial en la manufactura cerámica, dado que incide directamente en la calidad del producto final.

Con este propósito, se lleva a cabo el cálculo de diversos parámetros, tales como humedad, humedad de saturación, volumen húmedo, densidad, velocidad del aire, velocidad de masa y coeficiente de transferencia de calor. Estos datos son esenciales para determinar la velocidad de secado y, consecuentemente, para calcular el tiempo requerido para el proceso de secado.

5.11.1 Humedad

Para determinar la humedad, se utilizó la ecuación (4) como método de cálculo.

El dato de presión de 101,33 kPa es debido a que el departamento de Tarija se encuentra dicha presión mencionada, y la presión parcial es de 2,76 kPa.

$$H = \frac{18,02}{28,97} * \frac{P_A}{P - P_A} \quad (32)$$

$$H = \frac{18,02 \text{ kg H}_2\text{O}}{28,97 \text{ kg aire}} * \frac{2,76 \text{ kPa}}{101,33 \text{ kPa} - 2,76 \text{ kPa}}$$

$$H = 0,02 \frac{\text{kg H}_2\text{O}}{\text{kg aire}}$$

El valor de humedad registrado para nuestra cámara de secado es de $0,02 \frac{\text{kg H}_2\text{O}}{\text{kg aire}}$.

Este dato es crucial para comprender y controlar el proceso de secado, ya que influye en la precisión en la medición de la humedad contribuye a optimizar las condiciones ambientales para un secado eficaz y uniforme de los materiales cerámicos.

5.11.2 Porcentaje de Humedad relativa

$$HR = 100 * \frac{P_A}{P_{AS}} \quad (33)$$

$$HS = 100 * \frac{2,76 \text{ kPa}}{7,38 \text{ kPa}}$$

$$HS = 37 \%$$

El porcentaje de humedad relativa registrado para nuestra cámara de secado es de 37 % . La obtención de este dato es muy importante para poder realizar el cálculo del bulbo húmedo.

5.11.3 Volumen húmedo

Se inicia el cálculo del volumen húmedo de la cámara de secado, el cual representa el volumen total en metros cúbicos que abarca 1 kg de aire seco junto con el vapor que contiene, medido a una presión de 1 atmósfera. Este parámetro es esencial para determinar las condiciones ambientales dentro de la cámara de secado durante el proceso de secado en esta ocasión se utilizó la ecuación (5) para realizar el cálculo del volumen húmedo.

$$V_H = (0,00283 + 0,00456 * H) * T \quad (34)$$

$$V_H = (0,00283 + 0,00456 * 0,01742 \frac{kg \ H2O}{kg \ aire}) * (273 + 50)$$

$$V_H = 0,94 \frac{m^3}{kg \ aire \ seco}$$

El cual se obtiene un resultado de $V_H = 0,94 \frac{m^3}{kg \ aire \ seco}$

5.11.4 Densidad

Se llevó a cabo el cálculo de la densidad considerando 1 kg de aire seco junto con la humedad presente en las cámaras de secado. Lo cual se utilizó la ecuación (6) para obtener el resultado. Este análisis proporciona información crucial sobre la composición del aire en el entorno de secado, siendo esencial para comprender las condiciones ambientales que influyen en el proceso y asegurar un control óptimo durante la fabricación de productos cerámicos.

$$\rho = \frac{1 \text{ kg aire seco} + 0,02 \frac{\text{kg H2O}}{\text{kg aire seco}}}{0,94 \frac{\text{m}^3}{\text{kg aire seco}}} \quad (35)$$

$$\rho = 1,08 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Se obtuvo un resultado de $1,08 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

5.11.5 Velocidad del aire

Para el cálculo de la velocidad del aire emplearemos la ecuación (7). En este caso el caudal utilizado es el caudal máximo al que puede llegar cada exhaustor que se utilizó en el diseño de las cámaras de secado (Ver anexo 2-5), por otro lado, el área que se utilizó en el área de los ductos por donde va a circular el aire que será distribuido por el exhaustor.

$$V = \frac{Q}{A} \quad (36)$$

$$V = \frac{40.000 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{0,65 \text{ m}^2}$$

$$V = 61.538,46 \frac{\text{m}}{\text{h}}$$

La velocidad del aire se calculó a partir de la fórmula de caudal, el cual nos da un resultado de $61.538,46 \frac{\text{m}}{\text{h}}$

5.11.6 Velocidad de masa

Se procede a calcular la velocidad de masa total del aire seco mediante la ecuación (8)

$$G = V * \rho \quad (37)$$

$$G = 61.538,46 \frac{\text{m}}{\text{hr}} * 1,08 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$G = 66.461,54 \frac{\text{kg}}{\text{h} * \text{m}^2}$$

El cual nos da un resultado de $66.461,54 \frac{kg}{h \cdot m^2}$

5.11.7 Coeficiente de transferencia de calor

Se realiza el cálculo de la velocidad de masa total del aire seco mediante la aplicación de la fórmula de la ecuación (9).

$$h = 0,0204 * G^{0,8} \quad (38)$$

$$h = 0,0204 * \left(66.461,54 \frac{kg}{h * m^2} \right)^{0,8}$$

$$h = 147,12 \frac{W}{m^2 * K}$$

El cual nos da un resultado de $147,12 \frac{W}{m^2 * K}$

5.11.8 Velocidad de secado

Se procede a calcular un valor muy importante utilizando la ecuación (10) el cual es la velocidad de secado la cual se va a expresar generalmente en términos de la cantidad de masa de agua eliminada por unidad de tiempo y unidad de área.

Para el dato de T_w temperatura de bulbo húmedo se logró obtener mediante la carta psicométrica (Ver anexo 1-1).

Por otra parte, el dato de h_w se obtuvo de las tablas de vapor. (Ver anexo)

$$R_c = \frac{h}{h_w} * (T - T_w) * (3600) \quad (39)$$

$$R_c = \frac{147,12 \frac{W}{m^2 * ^\circ C}}{2.528,90 \frac{KJ}{Kg} * \frac{1000 J}{1 KJ}} * (50^\circ C - 15^\circ C) * \left(\frac{3600 \text{ seg}}{1 h} \right)$$

$$R_c = 7,33 \frac{kg H_2O}{h * m^2}$$

Se realizó el cálculo el cual nos da el valor de $7,33 \frac{kg H_2O}{h * m^2}$

5.11.9 Tiempo de secado

Por último, se procedió a realizar el cálculo del tiempo de secado de las cámaras de secado artificial propuestas en cual nos da expresado en horas, en el cual se utilizó la ecuación (11).

$$t = \frac{L_s}{AR_c} * (X_1 - X_2) \quad (40)$$

$$t = \frac{3,2 \text{ kg}}{(0,045 \text{ m}^2) * (7,33 \frac{\text{kg}}{\text{h} * \text{m}^2})} * (3,8 \text{ kg} - 3,2 \text{ kg})$$

$$t = 5,8 \text{ horas}$$

Tras realizar el cálculo mencionado anteriormente, obtenemos un tiempo de secado de 5,8 horas, lo que indica que nuestra cámara de secado tiene la capacidad de completar el proceso necesario para secar un ladrillo en el periodo de tiempo especificado. Este resultado es esencial para la planificación efectiva de la producción, asegurando que se cumplan los tiempos requeridos y garantizando la eficiencia en la obtención de ladrillos secos de alta calidad.

5.11.10 Alimentación y carga de las cámaras de secado

La alimentación y carga en las cámaras de secado es un factor muy importante, debido a que el mismo podría llegar a afectar el tiempo y calidad de secado por lo cual se tiene que abastecer de una manera óptima y adecuada a las cámaras de secado, a l no abastecer las cámaras de secado con los estantes suficientes esto podría generar que el calor se concentre más en la zona donde los estantes recién ha salido , esto generaría que el calor se concentre más en la parte vacía donde se han retirado los estantes.

Para esto se realiza el cálculo del tiempo en el cual se debe abastecer el secadero para tener un óptimo secado.

La alimentación y la carga en las cámaras de secado constituyen factores críticos que influyen significativamente en la eficiencia y la calidad del proceso de secado. Es crucial asegurarse de que las cámaras estén abastecidas de manera óptima y adecuada

para garantizar resultados satisfactorios. Si no se proporciona una cantidad suficiente de estantes en las cámaras de secado, se corre el riesgo de que el calor se concentre excesivamente en áreas específicas, especialmente en aquellas donde los estantes han sido retirados recientemente. Esta falta de distribución adecuada del calor puede afectar negativamente la calidad del secado y prolongar el tiempo necesario para completar el proceso.

Para ello se realiza el cálculo de la cantidad de estantes que se tiene que introducir en las cámaras de secado para que las misma puede realizar el proceso de secado eficientemente.

$$\text{Estantes que se pueden introducir en una hora} = \frac{\text{piezas hora}}{\text{ladrillos por estante}}$$

$$\text{Estantes que se pueden introducir en una hora} = \frac{2.289 \text{ piezas}}{432 \frac{\text{piezas}}{\text{estantes}}}$$

$$\text{Estantes que se pueden introducir en una hora} = 5,30 \text{ estantes}$$

Este análisis revela que para mantener una distribución de calor óptima en las cámaras de secado y asegurar un proceso de secado eficaz, se requiere la inserción de 5 estantes por hora. Esta medida se ha determinado como crucial para mantener un equilibrio térmico adecuado dentro de las cámaras, evitando así la concentración excesiva de calor en áreas específicas y garantizando que todos los materiales sometidos al proceso de secado reciban una cantidad uniforme de calor.

Mantener este ritmo de inserción de estantes por hora es fundamental para optimizar la eficiencia del secado y garantizar la calidad consistente del producto final.

5.12 Análisis de rendimiento de tiempos

Este análisis se llevó a cabo con el propósito de comparar el sistema de secado natural con el sistema de secado artificial implementado en el presente proyecto. Mediante esta evaluación, se busca determinar cuál de estos sistemas es el más óptimo y cuál ofrece un menor tiempo de secado.

Para lograr esto, se examinó el tiempo de secado de una pieza recién moldeada, observando su comportamiento a lo largo del tiempo e identificando el momento en el que alcanza su punto óptimo de sequedad. Este enfoque proporciona información valiosa para entender los sistemas de secado, permitiendo una toma de decisiones fundamentada y una mejora continua en el proceso de secado implementado en el proyecto.

A continuación, se observará un cuadro donde analiza el comportamiento de secado:

Cuadro V-2 Análisis de secado natural

Descripción	Fotografía
<p>En la siguiente fotografía se puede observar un ladrillo húmedo recién moldeado, desde este punto se comenzó a controlar el tiempo de secado el cual inicio el 10 de octubre a las 14:00 p.m. el cual nos proporciona un peso de 4,23 Kg con unas medidas de:</p> <p>Ancho: 12,7 cm</p> <p>Largo: 25,2 cm</p> <p>Alto: 18,6 cm</p>	

Pasadas las 10 horas se volvió a analizar el ladrillo el cual se observa las caras laterales del mismo, presentando humedad, pero una menor humedad respecto al anterior análisis, también se puede observar que la estructura interna del ladrillo contiene mucha humedad como la parte de abajo del ladrillo, registrando los siguientes datos:

Ancho: 12,3 cm

Largo: 24,5 cm

Alto: 17,9 cm



Después de 10 horas se volvió a hacer un análisis de la pieza moldeada, se puede observar que la parte inferior de ladrillo no presenta un secado proporción con respecto a los demás laterales del ladrillo, se obtuvo los siguientes datos:

Ancho: 12 cm

Largo: 24,5 cm

Alto: 17,9cm



Pasando unas 12 horas se volvió a realiza una observación y un análisis del ladrillo el cual se puede observar que si bien las caras laterales ya se observan que están por el punto de secado, por otra parte la estructura interna del ladrillo no presenta un secado uniforme respecto con las caras laterales del ladrillo, el cual se pudo obtener los siguientes datos:

Ancho: 11,9 cm

Largo: 24,3 cm

Alto: 17,7cm



Pasado unas 17 horas se pudo observar que el ladrillo se ha secado en su totalidad, pero presenta algunas pequeñas fisuras, debido al a que el proceso de secado natural no es un proceso de secado uniforme.



Elaboración: Propia

Se ha llegado a la conclusión y se ha demostrado que el sistema de secado natural es notablemente lento, requiriendo un tiempo de secado de 49 horas, que incluso puede prolongarse aún más en grandes cantidades de piezas. Por otro lado, se llevó a cabo el cálculo de la velocidad de secado para las cámaras de secado artificial para posteriormente estimar el tiempo de secado aproximado, obteniendo un valor de 5,8, lo que equivale a 5 horas con 48 minutos. Este dato representa una significativa

reducción en comparación con el tiempo de secado natural. Es importante destacar que el secado natural no garantiza uniformidad, generando pequeñas fisuras en los laterales.

A partir de este análisis, se concluye que nuestras cámaras de secado artificial son una opción considerablemente superior al sistema de secado natural actualmente utilizado por Cerámica Corona S.R.L.

5.13 Maquinaria y equipo necesario

Tabla V-2 Maquinaria y equipo necesario

Descripción	Unidad	Cantidad
Auto viajante Doble Motriz	Pza.	2
Auto viajante Dobles Simples	Pza.	12
Exahustor Centrifugo	Pza.	2
Ventiladores Axiales	Pza.	10
Plataforma de Exahustor Centrifugo	Gral.	2
Ductos	Gral.	2
Estante	Pza.	200
Quemadores de Gas MOD G81	Pza.	2
Actuador empujador	Pza.	1
Movimentadores con brazo empujador	Pza.	2
Platos giratorios	Pza.	10

Elaboración: Propia

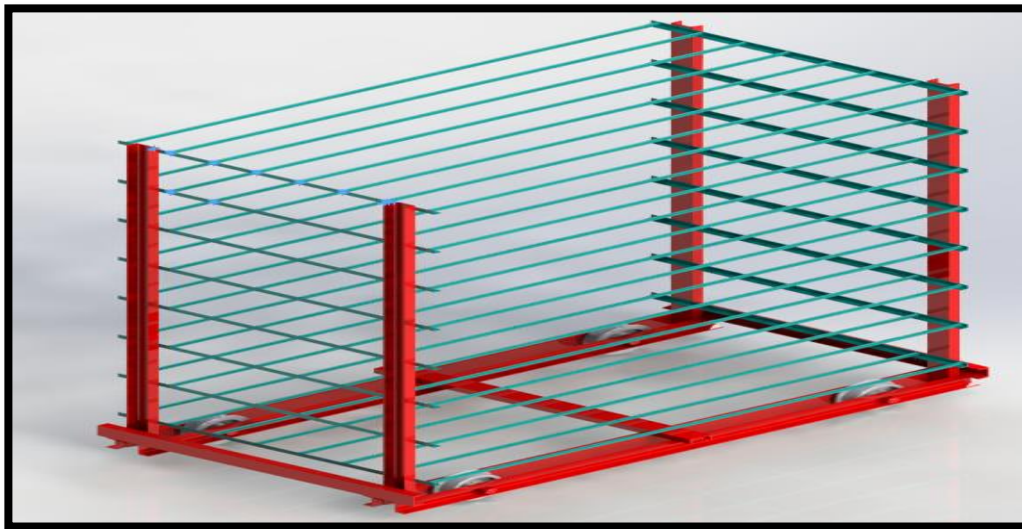
5.14 Especificación de los equipos

5.14.1 Estantes

Esta estructura presenta divisiones con parrillas estratégicamente ubicadas, proporcionando la capacidad de cargar los ladrillos de forma eficiente, ya sea mediante un proceso manual o automático. Cada unidad consta de 9 niveles que ofrecen un espacio de almacenamiento adecuado, con capacidad para contener hasta 48 ladrillos en cada nivel. Estos niveles están organizados en una disposición de 12 columnas y 4 filas, maximizando así la capacidad total del estante, que alcanza la impresionante cifra de 432 ladrillos.

Un elemento clave que garantiza la movilidad y versatilidad de esta estructura son las ruedas estratégicamente incorporadas. Estas ruedas permiten que la estructura se desplace sin esfuerzo de un lugar a otro, facilitando el transporte de los ladrillos a través de los diversos procesos que implican cambios termodinámicos. Este sistema de movilidad no solo mejora la eficiencia en el manejo de los ladrillos, sino que también contribuye a la optimización general del proceso de secado en la línea de producción de ladrillos para la cerámica Corona.

Fig. 5-10 Estantes



Elaboración: Propia

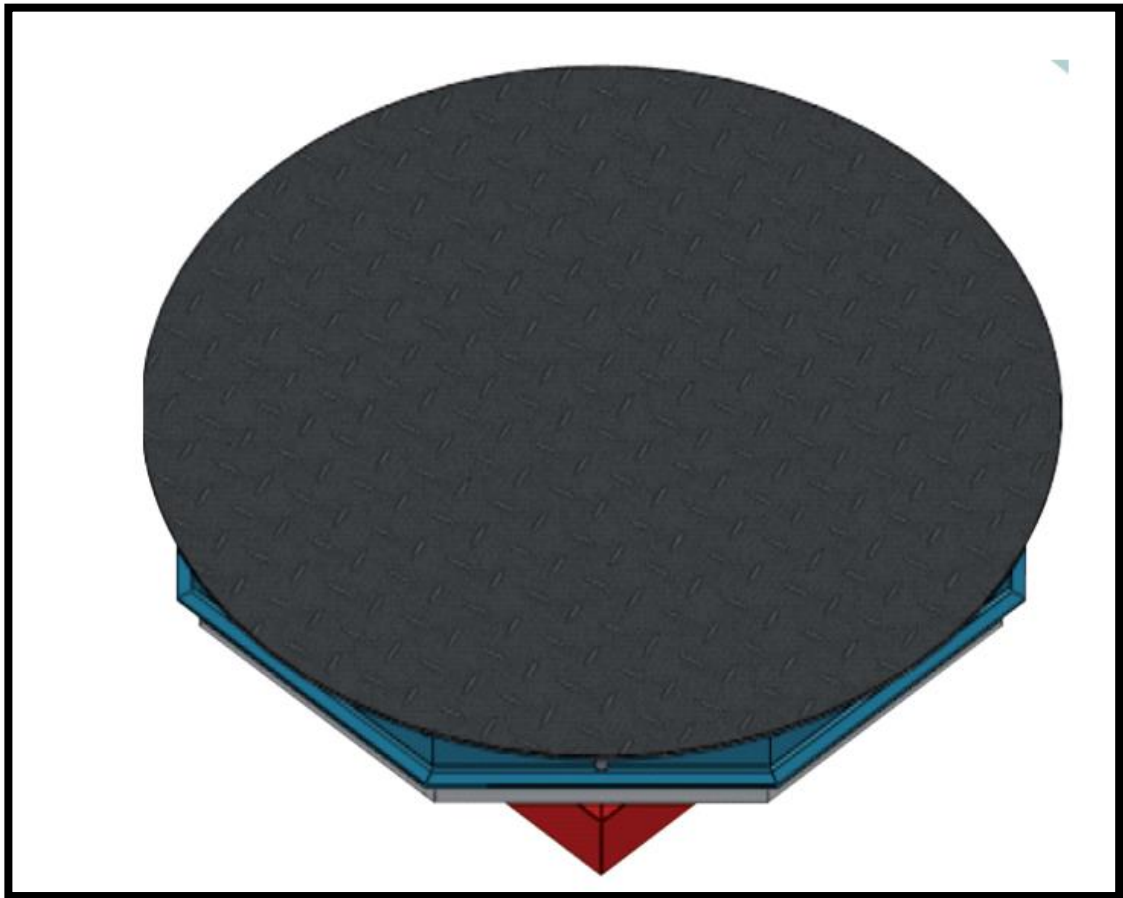
5.14.2 Platos giratorios

El plato giratorio de la función de cambiar de posición al estante de un circuito a otro haciendo le rotar en diferentes giros que se requiere.

Tiene un diámetro 1.800,00mm y toda la estructura es de acero en diferentes medidas y formas geométricas que los materiales con el cual se va ensamblar.

Tiene una pista donde rota con la ayuda de unas ruedas fundidas distribuidas alrededor de la pista.

Fig. 5-11 Platos giratorios



Elaboración: T&D S.A.

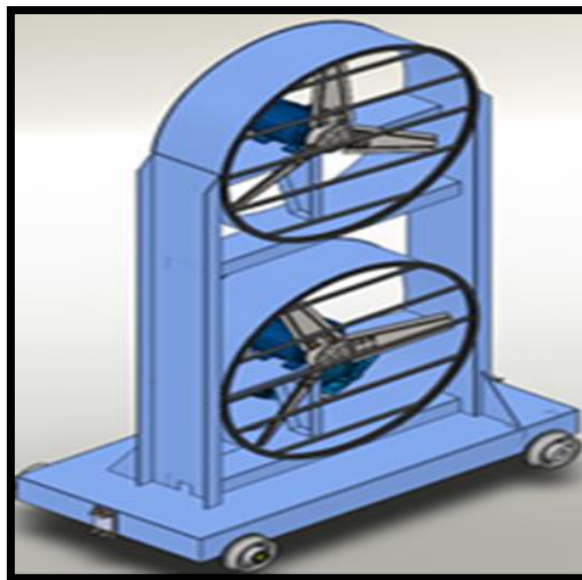
5.14.3 Conjunto de ventiladores

Es un ventilador axial están compuestos básicamente de un macero de tres paletas, solido a un eje propulsor movido por un motor 2 Hp, 1.440 RPM, que impulsa aire en una trayectoria recta, con salida de flujo helicoidal.

Son aquellos en los cuales el flujo de aire sigue la dirección del eje del mismo. Se suelen llamar helicoidales, pues el flujo a la salida tiene una trayectoria con esa forma. En líneas generales son aptos para mover grandes caudales a bajas presiones. Con velocidades periféricas medianamente altas son en general ruidosos. Suelen subclasificarse, por la forma de su envolvente. Los ventiladores helicoidales se emplean para mover aire con poca pérdida de carga, y su aplicación más común es la ventilación general. Sus prestaciones están muy influenciadas por la resistencia al flujo del aire y un pequeño incremento de la presión provoca una reducción importante del caudal.

Los ventiladores tienen la capacidad de mover el aire 12.000 m³/hr, en el cual para el proyecto necesitaremos un caudal total de 71.280,00 m³/hr. (Ver anexo 2-1)

Fig. 5-12 Autoviajantes



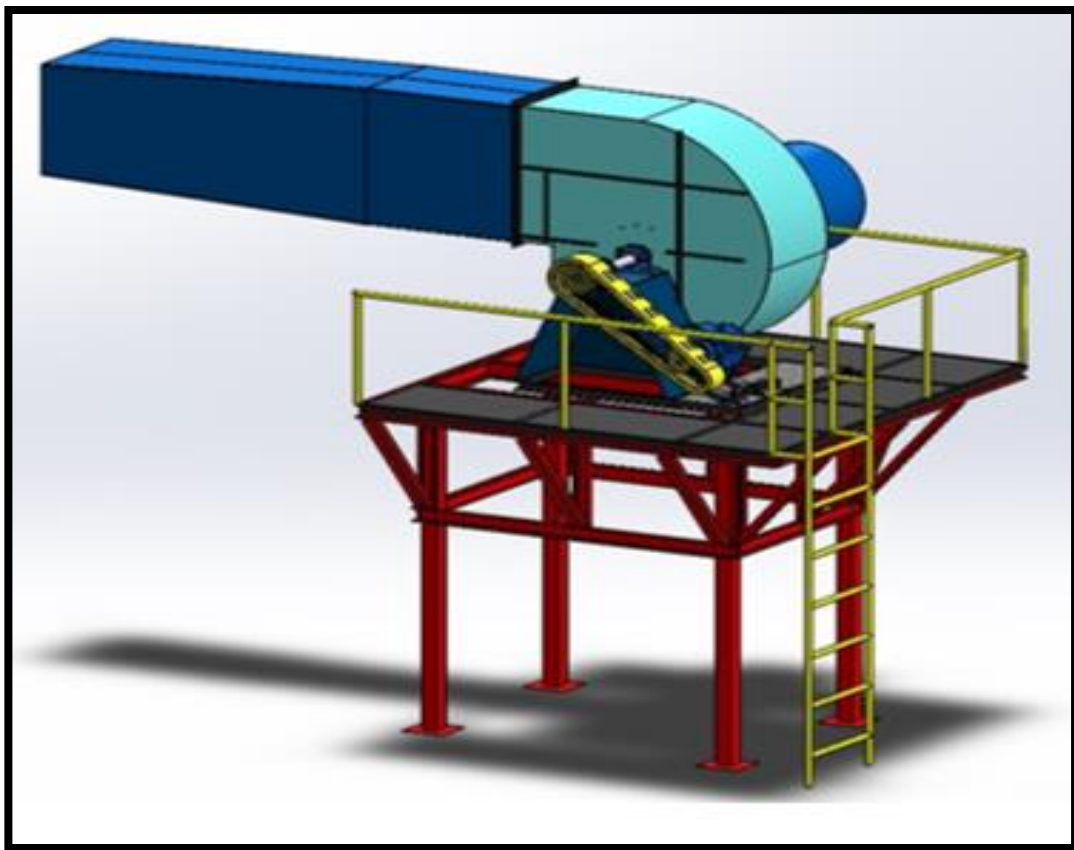
Elaboración: Propia

5.14.4 Exhaustor más plataformas

El exhaustor centrífugo con capacidad para desplazar de $40.000\text{m}^3/\text{hr}$ de aire caliente y expulsarla con un rango de presión alrededor de 150 mmca. Soportada sobre una estructura acondicionada para vibraciones y el paso de personal inspector, consta de los conductos necesarios, para conectarse con la cámara de generación de aire caliente y el canal de distribución del secadero.

Son aquellos en los cuales el flujo de aire cambia su dirección, en un ángulo de 90° , entre la entrada y salida. Se suelen subclasificar, según la forma de las palas o álabes del rotor. (Ver anexo 2-5)

Fig. 5-13 Conjunto de quemador



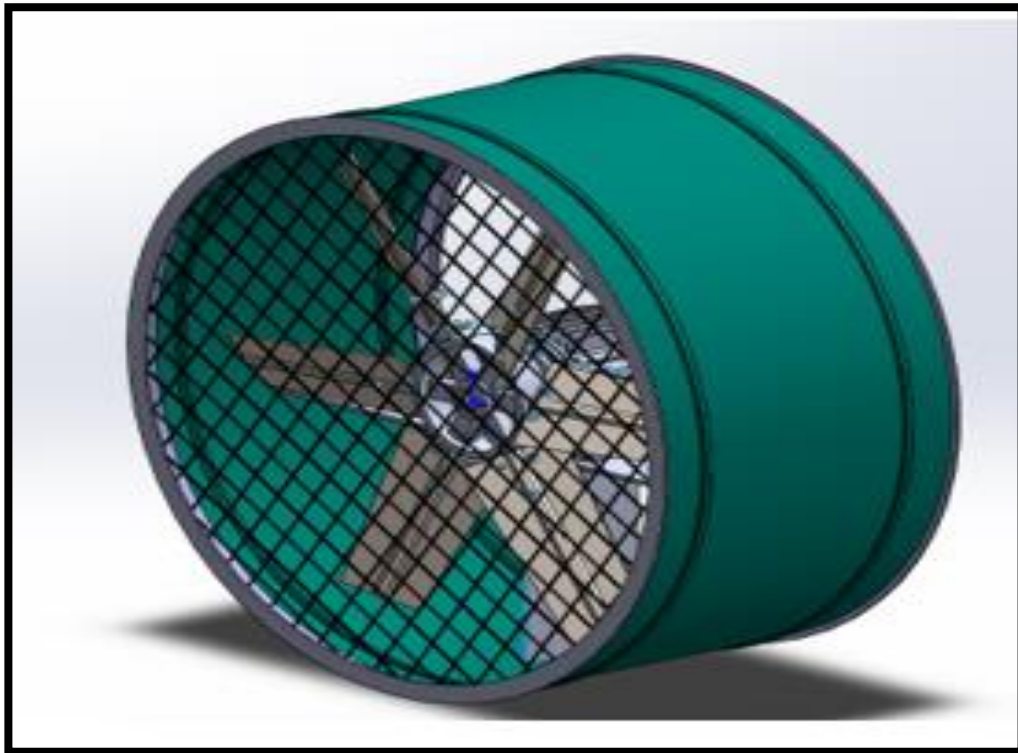
Elaboración: Propia

5.14.5 Ventilador axial

Un ventilador es una turbo máquina que se caracteriza porque el fluido impulsado es un gas (fluido compresible) al que transfiere una potencia con un determinado rendimiento. Los ventiladores axiales están compuestos básicamente de un macero de seis paletas, solidario a un eje propulsor movido por un motor que impulsa aire en una trayectoria recta, con salida de flujo

Los ventiladores axiales están compuestos básicamente de un rotor de 6 paletas, que tienen la capacidad de mover $7.000 \text{ m}^3/\text{hr}$ solidario a un eje propulsor movido por un motor que impulsa aire en una trayectoria recta, con salida de flujo helicoidal. (Ver anexo 2-2)

Fig. 5-14 Ventilador Axial



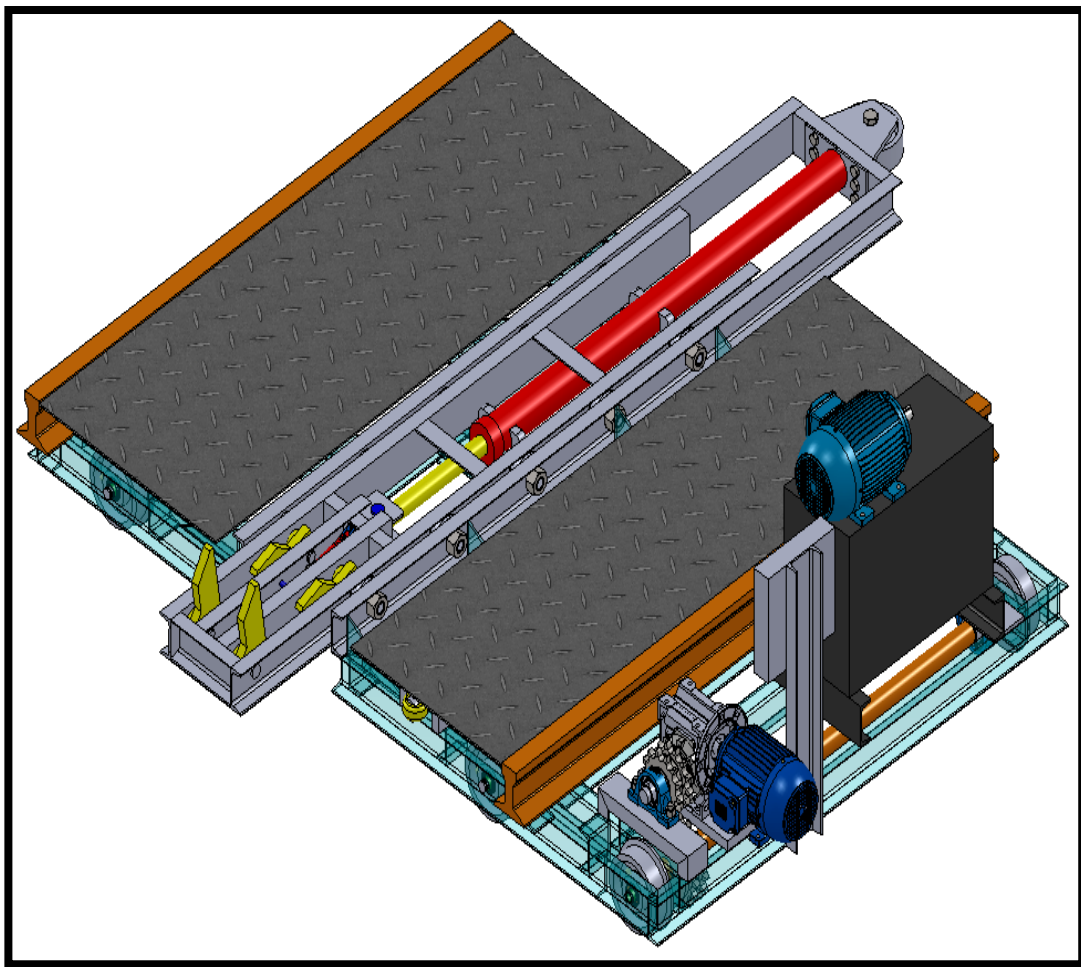
Fuente: T&D S.A.

5.14.6 Actuador empujador

Un actuador empujador en el proceso de secado para cerámica es un componente clave en la maquinaria utilizada en la industria cerámica para poder introducir las piezas húmedas a las cámaras de secado. En esencia, un actuador empujador es un dispositivo mecánico que aplica presión o fuerza controlada para poder empujar la fila de estantes en las cámaras de secado, el cual para selección el actuador empujador para el proyecto se realizó el cálculo de la cantidad de peso a mover y según a eso se procedió a seleccionar el actuador empujador, que tiene una capacidad de empuje hasta 2 tn.

El mismo tiene un motorreductor de 3 HP, bomba hidráulica de 10 GPM.

Fig. 5-15 Actuador empujador



Fuente: T&D S.A.

5.14.7 Generador de aire caliente

Introducimos el Generador de Aire Caliente por Conductos, en específico el modelo G83, diseñado para proporcionar aire a temperaturas aún más elevadas., permitiendo alcanzar temperaturas superiores con eficacia. Esta flexibilidad permite la integración de ventiladores de gran capacidad y dimensiones, adaptándose a diversas condiciones de trabajo. Que posibilita la recirculación de hasta el 100% del aire, incluso a altas temperaturas y velocidades de circulación, ya sean altas o muy bajas.

Este sistema es compatible tanto con Gas Natural como con Gas Envasado, ofreciendo una versatilidad excepcional para satisfacer las necesidades específicas de cada aplicación. (Ver anexo 2-3)

Fig. 5-16 Generador de calor



Fuente: EQA

5.15 Análisis de riesgo y limitaciones del proyecto

Para realizar un análisis exhaustivo de los riesgos y limitaciones asociados al proyecto de diseño de cámaras de secado artificial, se empleará la matriz FODA. Esta herramienta estratégica nos permitirá identificar de manera clara y sistemática cuáles

son nuestras fortalezas internas, debilidades, así como las oportunidades y amenazas que enfrentamos en el contexto externo. Al utilizar esta valiosa herramienta, podremos adentrarnos en un análisis profundo que nos brindará una comprensión más completa de los riesgos y las limitaciones que podrían afectar el desarrollo y la implementación exitosa del proyecto. De esta manera, estaremos mejor preparados para abordar y mitigar cualquier desafío que pueda surgir a lo largo del proceso.

5.15.1 Análisis FODA

El análisis FODA proporciona una visión integral de la situación con la relación del diseño de las cámaras de secado, ayudando a identificar áreas de mejora, ventajas competitivas, posibles riesgos y oportunidades para el crecimiento. Esto permite a la organización desarrollar estrategias más efectivas y tomar decisiones informadas para alcanzar sus objetivos comerciales.

Cuadro V-3 Matriz FODA

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> • Reducir el tiempo de secado • Reducir la merma • Reducción de mano de obra en el proceso 	<ul style="list-style-type: none"> • Control constante de las temperaturas de la cámara de secado • Adaptación del personal capacitado • Mantenimiento de la maquinaria
Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> • Ofrecer un producto de mayor calidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Fallas de la maquina • Falta de aceptación en el mercado

<ul style="list-style-type: none"> • Mayor eficiencia en nuestro proceso • Estandarización del proceso productivo 	<ul style="list-style-type: none"> • Competencia en el mercado
---	---

Elaboración: Propia

5.15.2 Estrategias para el análisis FODA

Realizar un análisis FODA eficaz es fundamental para comprender la posición competitiva de una empresa y desarrollar estrategias que impulsen su éxito a largo plazo. A continuación, se presentan algunas sugerencias de enfoques estratégicos para cada componente del análisis:

5.15.2.1 Estrategia MAX - MAX

Esta estrategia utiliza las fortalezas para maximizar las oportunidades

- Utilizar la capacidad de reducir el tiempo de secado y la merma para mejorar la calidad del producto final. Al reducir el tiempo de secado, se pueden evitar defectos relacionados con la humedad, mientras que la reducción de la merma garantiza que se produzcan menos productos defectuosos.
- Aprovechar la reducción de mano de obra en el proceso para estandarizar y optimizar aún más el proceso productivo.
- Buscar certificaciones de calidad reconocidas internacionalmente para validar y respaldar la calidad del producto y el proceso de producción.

5.15.2.2 Estrategia MIN – MAX

Esta estrategia sirve para minimizar las debilidades aprovechando las oportunidades.

- Aprovechar la oportunidad de estandarización del proceso productivo para mejorar la capacitación y adaptación del personal. Implementar programas de capacitación continua para el personal que se centren en las mejores prácticas

de mantenimiento de la maquinaria y el control de las temperaturas de la cámara de secado.

- Aprovechar la oportunidad de mayor eficiencia en el proceso para implementar un programa de mantenimiento preventivo proactivo para la maquinaria de secado. Establecer un calendario regular de inspecciones y mantenimiento para garantizar un funcionamiento óptimo de la maquinaria y prevenir posibles fallos.
- Aprovechar la oportunidad de mayor eficiencia en el proceso para implementar un programa de mantenimiento preventivo proactivo para la maquinaria de secado. Establecer un calendario regular de inspecciones y mantenimiento para garantizar un funcionamiento óptimo de la maquinaria y prevenir posibles fallos.

5.15.2.3 Estrategia MAX – MIN

Estrategias que utilizan las fortalezas para minimizar las amenazas.

- Mantener un inventario estratégico de productos semiacabados para mitigar los impactos de las fallas de la maquinaria en la producción y el suministro de productos terminados.
- Utilizar la capacidad de reducir la merma y la mano de obra en el proceso para mejorar la rentabilidad y reducir los costos, lo que puede ayudar a mitigar el riesgo de falta de aceptación en el mercado.
- Colaborar estrechamente con proveedores de maquinaria y equipos para implementar programas de mantenimiento preventivo y asegurar la fiabilidad y disponibilidad de la maquinaria. Esto puede ayudar a reducir el riesgo de fallas de la maquinaria y minimizar el impacto en la producción.

5.15.2.4 Estrategia MIN – MIN

Estrategias para minimizar las debilidades evitando las amenazas.

- Proporcionar capacitación continua al personal para mejorar su capacidad de identificar y solucionar problemas de mantenimiento básicos de la maquinaria. Esto ayudaría a mitigar el riesgo de fallas debido a un mantenimiento deficiente.
- Realizar pruebas regulares y calibraciones en los equipos de control de temperatura para garantizar su precisión y confiabilidad.
- Realizar pruebas regulares y calibraciones en los equipos de control de temperatura para garantizar su precisión y confiabilidad.

5.16 Aspectos medio ambientales y de sostenibilidad

El aumento demográfico y las operaciones productivas llevadas a cabo por compañías en los sectores industrial, agrícola y de servicios, generan tensiones con el entorno natural, resultando en consecuencias adversas debido al manejo inadecuado de los residuos, los cuales se vuelven cada vez más problemáticos para el medio ambiente. Estos impactos negativos han suscitado una preocupación global por la protección del entorno.

El objetivo primordial de integrar de manera sistemática y coherente la perspectiva ambiental en proyectos de inversión es garantizar la recomendación, prevención o mitigación apropiada de posibles desequilibrios en los ecosistemas, mediante una sólida protección del medio ambiente. Este enfoque busca no solo salvaguardar la naturaleza, sino también promover el desarrollo sostenible, entre las actividades humanas y el entorno natural. Al adoptar medidas proactivas y estratégicas, se aspira a preservar y conservar los recursos naturales y promover un equilibrio perdurable entre el crecimiento económico y la salud del planeta.

En la actualidad, cada evaluación de impacto ambiental, es como una herramienta crucial para orientar la toma de decisiones y la planificación del desarrollo. La minuciosa evaluación de estos aspectos en proyectos de inversión no solo determina su factibilidad, sino que también establece el grado de compatibilidad con el entorno natural y comunitario. En este sentido, un estudio ambiental exhaustivo no solo busca cumplir con los requisitos legales, sino también garantizar la sostenibilidad a largo

plazo del proyecto, minimizando sus efectos negativos y maximizando los beneficios tanto para el medio ambiente como para la sociedad.

5.16.1 Identificación de aspectos ambientales

El proyecto ejerce una notable influencia en uno de los elementos fundamentales del medio ambiente: el sector proveedor de materia prima, específicamente la arcilla. El diseño de las cámaras de secado artificial no solo implica un aumento en el consumo de arcilla, agua y energía eléctrica, sino también en la utilización de recursos humanos altamente capacitados. Esta fase del proceso no solo requiere una mayor cantidad de recursos, sino que también implica una compleja gestión de la energía y del talento humano involucrado. Por ende, es crucial considerar cuidadosamente estos aspectos en aras de minimizar el impacto ambiental y optimizar la eficiencia del proyecto en su conjunto.

5.16.2 Entorno de las cámaras de secado

Los efectos ambientales de la planta sobre el entorno se identifican y describen basándose en las etapas de implementación y funcionamiento.

5.16.2.1 Impacto en la Fase de diseño

5.16.2.1.1 Impacto sobre el medio físico

No se causará ningún efecto negativo sobre los suelos, ya que la empresa Cerámica corona S.R.L. ya se encuentra emplazada.

5.16.2.1.2 Impactos sobre el medio biológico

El diseño de las cámaras de secado no causará efectos negativos en el medio biológico.

5.16.2.1.3 Impactos sobre el medio socio-económico

No se prevén impactos negativos sobre el medio socio-económico, al contrario, el proyecto generará nuevas fuentes de empleo directa e indirectamente.

5.16.2.2 Impacto en la fase de funcionamiento

5.16.2.2.1 Requerimiento de agua

La demanda de agua en la etapa operacional no representa competencia alguna para otras actividades realizadas en la zona, ya que la Cerámica Corona S.R.L. cuenta con los permisos de la intendencia reguladora, el consumo de agua requerido es de 271 m³/mes, para el proceso de moldeo o extrusión de ladrillo.

5.16.2.2.2 Aguas residuales

El diseño de las cámaras de secado artificial no genera salida de aguas residuales tampoco en las distintas etapas del proceso de producción del ladrillo por lo cual no genera ningún tipo de contaminantes químicos dañinos para el medio ambiental.

5.16.2.2.3 Residuos de arcilla

En el proceso de secado se genera residuos de arcilla humedad, donde se van quedando en los estantes, accesorios rodantes y los esto no conteniente ningún tipo de contaminantes químicos dañinos para el medio ambiente, Por lo que no tendrán efectos negativos en el medio ambiente y esta podrá ser reinsertada en el proceso productivo al 100%.

5.16.2.2.4 Ruido

Las máquinas y equipos de la planta son accionados por motores eléctricos, traccionadas por sistemas de movimientos lineales que generan un nivel de ruido dentro de los límites establecidos por normas internacionales.

5.16.2.2.5 Consumo de energía eléctrica

El consumo de energía eléctrica en la Cerámica Corona S.R.L. es aproximadamente 40460 KW/año. El mismo no generaría algunos efectos negativos en el medio ambiente.

5.16.3 Identificación de los aspectos ambientales

Cuadro V-4 Identificación de aspectos ambientales

N	Actividad / etapa	Entradas			Salidas			
		Materias primas e insumos	Agua	Energía	Emisión atmosférica	Residuos sólidos	Efluentes Líquidos	Ruido
1	Recepción del estante	Ladrillo humedo	16% de humedad		Vapor de agua			Ruido del trafico de los trabajadores
2	Cargado del estante al transferidor	Ladrillo humedo	16% de humedad					
3	Ingreso al secadero	Pasta humeda con una resistencia en forma de rectangulo	16% de humedad		Vapor de agua			
4	Descarga del estante en el secadero	Pasta humeda con una resistencia en forma de rectangulo		Energía eléctrica para accionar el motor	Vapor de agua CO2 Y otros gases	Pedazos Arcilla humeda		Ruido al accionar el actuador empujador
5	Secado del ladrillo	Remision de agua con la calor	Reduccion de la humedad a 3 %	Energía eléctrica para accionar el motor				Ruido al accionar el actuador empujador
6	Cargado del estante en el transferidor	Ladrillo seco						
7	Salida del secadero	Ladrillo seco						
8	Descargue del estante	ladrillo seco						
9	Traslado del estante con ladrillo seco	Ladrillo seco						

Elaboración: Propia

CAPITULO VI
ANÁLISIS ECONÓMICO

6.1 Introducción

Este segmento del análisis se concentra en una evaluación integral del proyecto desde la óptica empresarial, llevada a cabo mediante una meticulosa comparación entre los beneficios y los costos asociados. La metodología empleada para esta evaluación implica el cálculo de parámetros financieros cruciales, entre ellos el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la Relación Beneficio/Costo, utilizando el método de actualización para ajustar adecuadamente los flujos de efectivo a su valor presente.

6.2 Cálculo de costo de capital

El costo de capital, también conocido como activo fijo, engloba los recursos esenciales para llevar el diseño de cámaras de secado para la Cerámica Corona S.R.L. Este componente incluye maquinaria, equipos, reposiciones y gastos anteriores al inicio de la producción. Por otro lado, la inversión fija abarca todos los activos adquiridos durante la fase de instalación y funcionamiento del proyecto, como maquinarias y equipos. Es importante destacar que estos activos, con excepción de los terrenos, experimentan depreciación debido al desgaste físico u obsolescencia.

Cabe resaltar que la infraestructura ya consolidada de Cerámica Corona S.R.L. proporciona un espacio disponible adecuado para la implementación de la maquinaria y equipos necesarios para el proceso de secado. Este hecho no solo optimiza la utilización de recursos, sino que también refleja la previsión y eficiencia de la empresa al aprovechar sus instalaciones existentes para respaldar el desarrollo del proyecto de manera integrada.

6.2.1 Inversiones de activos fijos y activos diferidos

Las inversiones destinadas a activos fijos y activos diferidos ascienden a la cifra de 122.648 \$us. abarcando una gama diversa de recursos esenciales para el proyecto. Este monto refleja la dedicación financiera estratégica y garantizando una base sólida para la implementación eficiente de activos tanto a largo plazo como para las necesidades diferidas del proyecto.

6.2.1.1 Inversión en obras civiles

Este proyecto se centra en el diseño de una infraestructura de cámaras de secado artificial, consolidando la posición de la empresa como pionera en innovación y sostenibilidad en la producción de cerámica de alta calidad, en el siguiente cuadro se detalla todos los ítems necesarios para realizar construcción de la infraestructura de las cámaras de secado:

Cuadro V-1 Inversión de obras civiles

Inversión Obras civiles					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs)	Precio Unitario (\$us)	Precio total (\$us)
Excavación de suelo duro	m ³	15,00	70,28	10,10	151,50
Excavación con retroexcavadora	m ³	15,00	29,10	4,18	62,70
Zapatas de H° A°	m ³	12,50	2.048,49	294,32	3.679,00
Relleno y compactado de tierra	m ³	110,00	50,62	7,27	799,70
Cimiento DE H°C°	m ³	32,74	453,33	65,13	2.132,36
Sobrecimientos de H° A°	m ²	32,74	901,05	129,46	4.238,52

Contrapiso de cemento s/losa	m ³	88,00	57,17	8,21	722,48
Columnas de hormigón premezclado H-21	m ³	2,53	3.154,43	453,22	1.146,65
Vigas de fundación H° A°	m ³	78,39	2.289,73	328,98	25.788,74
Muro de ladrillo visto 6H= 24 cm	m ²	370,00	145,69	20,93	7.744,10
Losa llena de H° A°	m ³	110,00	3.069,91	441,08	48.518,80
Losa alivianada de H° A°	m ²	440,00	375,95	54,02	23.768,80
Carriles de perfil	m	320,00	22	3,16	1.011,20
Instalación y cableado tablero eléctrico	pza	1,00	1.000,88	143,80	143,80
Puerta de plancha doble metálica	m ²	23,00	492,56	70,77	1.627,71
Prov. E instalación alambre AWG N1	m	180,00	7,49	1,08	194,40
Total de infraestructura					121.730,46

Fuente: Revista Presupuesto & Construcción agosto 2023 – mayo 2024

Elaboración: Propia

6.2.2 Inversiones de activos diferidos

Los costos de inversión para la ejecución del proyecto de diseño e implementación de las cámaras de secado artificial para Cerámica Corona S.R.L. están meticulosamente calculados, alineándose con los activos diferidos o costos previos a la producción. Se estima que el desembolso inicial asciende a 10.562,52 \$us. La planificación financiera se refleja en la tabla adjunta, la cual proporciona un desglose detallado de los costos asociados con los activos diferidos del proyecto.

Cuadro VI-2 Activos diferidos

Ítem	Monto (Bs)	Monto \$	Vida Útil (años)	Amortización anual (\$us/año)
Estudio del Proyecto	3.000,00	431,03	5,00	600,00
Capacitaciones	5.000,00	718,39	5,00	1.000,00
Instalación eléctrica	15.789,00	2.268,53	5,00	3.157,80
Adecuación del sistema de gas	16.874,00	2.424,43	5,00	3.374,80
Pruebas de funcionamiento	12.149,60	1.745,63	5,00	2.429,92
TOTAL	52.812,60	7.588,02		10.562,52

Elaboración: Propia

6.2.3 Maquinaria y equipos

La eficiencia y la calidad del producto en el proyecto de cámaras de secado artificial para Cerámica Corona S.R.L. dependen crucialmente de la selección y funcionamiento óptimo de la maquinaria y equipos necesarios. Con el objetivo de asegurar un desempeño sobresaliente, se presenta detalladamente la relación de dichos elementos en la siguiente tabla. Cada componente ha sido cuidadosamente elegido para garantizar una sinergia perfecta, maximizando la productividad y la consistencia en la producción cerámica.

Cuadro VI-3 Maquinaria y equipos

Maquinaria y equipos					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs)	Precio Unitario (\$us)	Precio total (\$us)
Auto viajante doble motriz	pza.	2	10.567,00	1.518,25	3.036,50
Auto viajante doble simple	pza.	12	5.965,00	857,04	10.284,48
Exhausto centrifugo	pza.	2	18.872,00	2.711,49	5.422,98

Ventiladores axiales	pza.	10	3.217,86	462,34	4.623,40
Plataforma de Exahustor centrifugo	gal.	2	2.789,17	400,74	801,48
Ductos	gal.	2	3.597,28	516,85	1.033,70
Estantes	pza.	170	4.202,00	603,74	102.635,80
Quemador de Gas EQA Mod. G81	pza.	2	29.078,00	4.177,87	8.355,74
Actuador empujador	pza.	1	31.320,00	4.500,00	4.500,00
Movimentadores con brazo empujador	pza.	2	3.404,43	489,14	978,28
Platos giratorios	pza.	2	4.667,00	670,55	1.341,10
Subtotal de maquinaria y equipos					143.013,46

Fuente: T&D S.A.

Elaboración: Propia

6.3 Costo de operación o capital de trabajo

El capital de trabajo abarca los recursos esenciales necesarios para respaldar las operaciones de producción del proyecto. Este incluye el monto financiero requerido de forma constante para iniciar el ciclo productivo y afrontar los costos operativos durante la fase de funcionamiento, antes de que se generen ingresos. El total de este capital asciende a 112.994,22 \$us, Este enfoque financiero estratégico asegura la solidez necesaria para el proyecto, proporcionando un respaldo financiero que respalda la continuidad operativa y la capacidad de adaptación ante las distintas fases del proyecto el cual se ve desglosado detalladamente en el cuadro siguiente.

Cuadro VI-4 Capital de trabajo

DETALLE	TOTAL (Bs)	TOTAL /(\$U\$)
Materia Prima	400.896,00	57.517,36
Energía Eléctrica	30.422,60	4.364,79
Mano de obra	46.500,00	6.671,45
Mantenimiento	70.000,00	10.043,04
Combustible	238.754,40	34.254,58
Agua	1.001,58	143,70
TOTAL	787.574,58	112.994,92

Elaboración: Propia

6.4 Inversión de activos fijo

Para calcular la inversión de activos fijo se utiliza la siguiente formula:

$$\text{Inv. activos fijos} = \text{Infreestructura} + \text{maquinarias} + \text{Terreno}$$

$$\text{Inv. activos fijos} = 121.730,46 \$ + 143.013,46 \$ + 400.000,00\$$$

$$\text{Inv. activos fijos} = 664.743,92 \$$$

6.5 Inversión Total

De acuerdo a las clasificaciones de inversión y a la suma de las mismas se tiene un monto total de inversión para el proyecto de:

$$\text{IT} = \text{Inversión activos fijos} + \text{Gastos pre operativos} + \text{Capital de trabajo}$$

$$\text{IT} = 664.743,92 \$ + 7.588,02 \$ + 112.994,92 \$$$

$$\text{IT} = 785.326,86 \$\text{US}$$

El monto total a invertir para la implementación de las cámaras de secado artificial es de 785.326,86 \$us, tomando en cuenta las inversiones fijas, gasto preoperativos e inversiones en capital de operaciones o trabajo.

Cuadro VI-5 Inversión total

Inversión total	
Inversión capital de trabajo	112.994,92
Inversión activos fijo	664.743,92
Inversión en activos diferidos	7.588,02
TOTAL	785.326,86

Elaboración: Propia

6.6 Financiamiento

El proyecto será financiado de la siguiente manera el 70 % lo cubrirán los socios y el 30 % lo financiara el Banco Económico, es decir 545.020 \$us y 233.580 \$us respectivamente, mismo que cuenta con las siguientes condiciones financieras. El interés a condición de la entidad financiera (Banco Económico) será de un interés del 17,00% anual. El crédito financiero será durante el periodo de 10 años (Crédito a largo plazo).

Datos:

Plazo= 10 años

K= 233.590 \$us

Se va a utilizar el método de amortización francés

Método francés.

Financiamiento

K= 233.590 \$us

i= 17,00% anual

Plazo 10 años

Amortización anual

$$M = K \left[\frac{(1 + i)^n * i}{(1 + i)^n - 1} \right]$$

$$M = 233.599,00 \left[\frac{(1 + 0,17)^{10} * 0,17}{(1 + 0,17)^{10} - 1} \right] = 50,572,68 \text{ $us}$$

Cuadro VI-6 Plan de amortización

PERIODO	INTERES	AMORTIZACIÓN	CUOTA	SALDO DEUDOR
0				235.598,06
1	40.051,67	10.521,01	50.572,68	225.077,05
2	38.263,10	12.309,58	50.572,68	212.767,47
3	36.170,47	14.402,21	50.572,68	198.365,26
4	33.722,09	16.850,58	50.572,68	181.514,68
5	30.857,50	19.715,18	50.572,68	161.799,50
6	27.505,92	23.066,76	50.572,68	138.732,74
7	23.584,57	26.988,11	50.572,68	111.744,63
8	18.996,59	31.576,09	50.572,68	80.168,54
9	13.628,65	36.944,03	50.572,68	43.224,51
10	7.348,17	43.224,51	50.572,68	0,00

Elaboración: Propia

6.7 Costos de producción

Los costos de producción de cerámica en Corona S.R.L. abarcan una variedad de elementos, desde la adquisición de materias primas hasta la entrega del producto final. La empresa se esfuerza por optimizar cada etapa del proceso productivo para garantizar la calidad de sus productos, al mismo tiempo que busca mantener una estructura de costos que le permita ofrecer precios competitivos en el mercado.

6.7.1 Costos variables

En el cuadro de costos variables presentado, se evidencia que estos se ajustan en función de las variaciones en el volumen de producción, abarcando tanto bienes como servicios. En el contexto de este proyecto específico, se incluyen componentes como la materia prima, la mano de obra, el consumo de energía eléctrica y otros elementos detallados en el cuadro adjunto. Es crucial destacar que estos costos están intrínsecamente ligados a la dinámica operativa, fluctuando en respuesta a los cambios en la escala de producción. La identificación y gestión eficiente de estos costos variables son fundamentales para optimizar la rentabilidad y la toma de decisiones estratégicas en el desarrollo del proyecto.

Cuadro VI-7 Costos variables

COSTOS VARIABLES (Expresado en \$us)										
DETALLE/AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Arcilla	74.376,76	116.585,57	121.831,92	254.628,71	354.782,67	509.778,35	581.147,32	708.515,44	846.169,86	994.778,45
Agua	4.648,55	7.286,60	7.614,49	15.914,29	22.173,92	31.861,15	36.321,71	44.282,21	52.885,62	62.173,65
Energia Electrica	6.507,97	10.201,24	10.660,29	22.280,01	31.043,48	44.605,61	50.850,39	61.995,10	74.039,86	87.043,11
Combustible	7.437,68	11.658,56	12.183,19	25.462,87	35.478,27	50.977,83	58.114,73	70.851,54	84.616,99	99.477,84
TOTAL	92.970,95	145.731,96	152.289,90	318.285,89	443.478,34	637.222,93	726.434,15	885.644,30	1.057.712,33	1.243.473,06

Elaboración: Propia

6.7.2 Costos fijos

En el análisis de los costos fijos expuestos en el siguiente cuadro. Estos costos, como la mano de obra indirecta, el consumo de energía eléctrica, el suministro de agua y otros elementos detallados en la tabla adjunta, permanecen constantes incluso frente a cambios en la cantidad producida. Para este proyecto en particular, la consideración de estos costos fijos resulta esencial, ya que proporciona una base sólida para la planificación financiera, permitiendo una mejor comprensión de la estructura de gastos que no varían con la escala de producción.

Cuadro VI-8 Costos fijos

COSTOS FIJOS										
DETALLE/AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mano de Obra	6.671,45	6.671,45	6.671,45	6.671,45	6.671,45	6.671,45	6.671,45	6.671,45	6.671,45	6.671,45
Energía Eléctrica	4.364,79	4.364,79	4.364,79	4.364,79	4.364,79	4.364,79	4.364,79	4.364,79	4.364,79	4.364,79
Agua	16,57	16,57	16,57	16,57	16,57	16,57	16,57	16,57	16,57	16,57
Mantenimiento	10.043,04	10.043,04	10.043,04	10.043,04	10.043,04	10.043,04	10.043,04	10.043,04	10.043,04	10.043,04
Combustible	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
TOTAL	21.120,85	21.120,85	21.120,85	21.120,85	21.120,85	21.120,85	21.120,85	21.120,85	21.120,85	21.120,85

Elaboración: Propia

6.8 Depreciación de activos fijos

Cuadro VI-9 Depreciación de activos fijos

Ítem	Monto (\$us)	Vida Útil (años)	Vida útil del proyecto	Depreciación anual	Valor Residual (\$us)
Terreno	400.000,00		10		400.000,00
Infraestructura secadero	121.730,46	40	10	3.043,26	91.297,85
Maquinaria y Equipos	143.013,46	10	10	14.301,35	0
TOTAL	664.743,92			17.344,61	491.297,85

Elaboración: Propia

6.9 Depreciación de activos diferidos

Cuadro VI-10 Depreciación de activos diferidos

Ítem	Monto (Bs)	Monto \$	Vida Útil (años)	Amortización anual (\$us/año)
Estudio del Proyecto	3.000,00	431,03	5,00	600,00
Capacitaciones	5.000,00	718,39	5,00	1.000,00
Instalación eléctrica	15.789,00	2.268,53	5,00	3.157,80
Adecuación del sistema de gas	16.874,00	2.424,43	5,00	3.374,80
Pruebas de funcionamiento	12.149,60	1.745,63	5,00	2.429,92
TOTAL	52.812,60	7.588,02		10.562,52

Elaboración: Propia

6.10 Demanda

La empresa ha identificado un mercado objetivo meta para sus productos cerámicos, a partir del cual se ha generado la demanda. Este mercado meta ha sido objeto de análisis durante varios años, permitiendo a la empresa comprender las tendencias y fluctuaciones en la demanda a lo largo del tiempo. La información recopilada se presenta en una tabla que muestra la evolución de la demanda en distintos períodos, proporcionando a la empresa una visión detallada y precisa para informar sus estrategias de producción, comercialización y satisfacción de las necesidades del mercado.

Cuadro VI-11 Demanda

Años	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Demanda	309.903,16	485.773,20	507.632,99	1.060.952,96	1.478.261,12	2.124.076,45	2.421.447,15	2.952.147,65	3.525.707,77	4.144.910,19

Fuente: Cerámica Corona S.R.L.

6.11 Ingresos

Los ingresos se generan a través de la demanda del ladrillo 6HER, cuyo precio de venta es de 0,70 Bs. Se proyectaron los ingresos para los próximos 10 años, basándose en este precio. Es esencial recalcar que la estimación de ingresos se ha desarrollado considerando la dinámica de la demanda y la estabilidad del precio de venta a lo largo del periodo proyectado. Este enfoque estratégico permite anticipar de manera más precisa los flujos financieros a largo plazo, proporcionando una visión integral y sólida para la toma de decisiones en la gestión del proyecto.

Cuadro VI-12 Ingresos anuales

Ingresos Anuales (Expresado en \$us)										
Año	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Ladrillo 6HER	216.932,21	340.041,24	355.343,10	742.667,07	1.034.782,78	1.486.853,51	1.695.013,01	2.066.503,36	2.467.995,44	2.901.437,13

Elaboración: Propia

6.12 Flujo de caja

Cuadro VI-13 Flujo de caja

CONCEPTO / DETALLE	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos x venta del producto		216.932,21	340.041,24	355.343,10	742.667,07	1.034.782,78	1.486.853,51	1.695.013,01	2.066.503,36	2.467.995,44	2.901.437,13
Crédito Fiscal		14.831,93	21.690,87	22.543,40	44.122,88	60.397,89	85.584,69	97.182,15	117.879,47	140.248,31	164.397,21
Costos Variables		92.970,95	145.731,96	152.289,90	318.285,89	443.478,34	637.222,93	726.434,15	885.644,30	1.057.712,33	1.243.473,06
Costos Fijos		21.120,85	21.120,85	21.120,85	21.120,85	21.120,85	21.120,85	21.120,85	21.120,85	21.120,85	21.120,85
Débito Fiscal		28.201,19	44.205,36	46.194,60	96.546,72	134.521,76	193.290,96	220.351,69	268.645,44	320.839,41	377.186,83
Amortización de A. Diferidos		10.562,52	10.562,52	10.562,52	10.562,52	10.562,52					
Depreciación de Act. Fijos		17.344,61	17.344,61	17.344,61	17.344,61	17.344,61	17.344,61	17.344,61	17.344,61	17.344,61	17.344,61
Gastos financieros		40.051,67	38.263,10	36.170,47	33.722,09	30.857,50	27.505,92	23.584,57	18.996,59	13.628,65	7.348,17
UTILIDAD ANTES IMPUESTOS		21.512,36	84.503,71	94.203,54	289.207,26	437.295,10	675.952,94	783.359,29	972.631,05	1.177.597,90	1.399.360,83
Impuesto a las utilidades		5.378,09	21.125,93	23.550,89	72.301,82	109.323,78	168.988,23	195.839,82	243.157,76	294.399,48	349.840,21
UTILIDAD DESPUES IMPUESTOS		16.134,27	63.377,78	70.652,66	216.905,45	327.971,33	506.964,70	587.519,47	729.473,28	883.198,43	1.049.520,62
Depreciación de Act. Fijos		17.344,61	17.344,61	17.344,61	17.344,61	17.344,61	17.344,61	17.344,61	17.344,61	17.344,61	17.344,61
Amortización A. Diferidos		10.562,52	10.562,52	10.562,52	10.562,52	10.562,52					
Inversión Total (AF,AD)	717.556,52										
Capital de Trabajo	112.994,92										
Valor Residual											491.297,85
Recuperación de Cap. Trabajo											112.994,92
Préstamo (Crédito)	235.598,06										
Amortización del préstamo		10.521,01	12.309,58	14.402,21	16.850,58	19.715,18	23.066,76	26.988,11	31.576,09	36.944,03	43.224,51
FLUJO DE CAJA	-594.953,38	33.520,39	78.975,33	84.157,58	227.961,99	336.163,27	501.242,55	577.875,97	715.241,80	863.599,01	1.627.933,48

Elaboración: Propia

6.13 Análisis de rentabilidad

La evaluación financiera se encarga de medir tanto los méritos internos como externos del proyecto, teniendo en cuenta de manera explícita las fuentes de financiamiento. Su objetivo principal es demostrar la capacidad del proyecto para cumplir con las obligaciones financieras contraídas con terceros, al tiempo que analiza la rentabilidad del capital propio. La viabilidad financiera se determina a través del cálculo de tres indicadores clave: la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Valor Actual Neto (VAN), la relación Beneficio/Costo (RBC) y por último el cálculo del PAY BACK. Además, la tabla de estado de resultados incorpora la rentabilidad de la inversión, brindando una perspectiva integral de la situación financiera y asegurando un análisis exhaustivo de la salud financiera del proyecto.

6.13.1 Indicadores financieros

6.13.1.1 VAN

Es el valor actualizado a una tasa de interés fija predeterminada de las diferencias entre las entradas y salidas de efectivo, que suceden durante la vida útil del proyecto. Un proyecto es aceptado si su VAN es mayor a cero.

El VAN del proyecto es de:

$$\text{VAN} = 1.356.599,65$$

6.13.1.2 TIR

Es la tasa de actualización a la cual el valor de los ingresos de efectivo es igual al valor de las salidas de efectivo. Un proyecto es aceptado si es que su TIR es mayor a la tasa de mínima atractividad (TMA) supuesta. Para este proyecto el sector industrial asume una TMA del 13%

La Tasa Interna de Retorno del proyecto es de:

$$\text{TIR} = 35\%$$

6.13.1.3 RBC

Esta relación muestra la cantidad de dinero actualizado que percibirá el proyecto por cada unidad monetaria invertida. Se calcula dividiendo los ingresos brutos actualizados (beneficios) entre los costos actualizados. Se emplea la misma tasa que la aplicada en el cálculo del VAN.

Si la R B/C es mayor a la unidad se justifica la ejecución del proyecto.

La relación Beneficio – Costo del proyecto es de:

$$\text{RBC} = 1,8$$

6.13.1.4 Pay back

El pay back es un indicador financiero en el cual nos indica el tiempo que tarda una inversión en recuperar su inversión inicial, para el presente proyecto el periodo de recuperación de inversión inicial es de 5 años, 6 meses con 26 días.

6.13.1.5 Análisis de costos y toma de decisión

Luego de realizar y analizar exhaustivamente todos los costos asociados al proyecto (ver ANEXO 5-9), se ha comparado estos costos con los del secado natural. Es importante destacar que, aunque los costos aumentan debido al uso de electricidad y combustible en el secado artificial, estos incrementos se justifican por las ventajas significativas que ofrece este método.

El secado natural impone serias limitaciones a la capacidad de crecimiento y expansión en el mercado local y nacional. Este método restringe la producción a volúmenes

menores y a una calidad inferior, colocándola en una desventaja competitiva considerable. En contraste, el secado artificial permite aumentar significativamente la capacidad productiva y mejorar la calidad del producto final.

Con el secado artificial, se puede optimizar el proceso de secado, reduciendo el tiempo necesario y mejorando la uniformidad y calidad de los productos cerámicos. Esto no solo permite satisfacer una mayor demanda del mercado, sino también garantizar productos de alta calidad que cumplen con los estándares exigidos por los clientes y el mercado. Esta mejora en la capacidad de producción y calidad del producto posiciona favorablemente para capturar una mayor cuota de mercado y competir eficazmente con otros actores de la industria.

Además, al incrementar la capacidad de secado, se está en condiciones de expandir la oferta de productos y atender a un mercado objetivo más amplio con una estimación de demanda que justifica la inversión en el secado artificial. Este aumento en la capacidad productiva se traduce directamente en un incremento de los ingresos, ya que se puede producir más y vender más, respondiendo de manera efectiva a la demanda del mercado.

Para evaluar la rentabilidad y viabilidad económica del proyecto, se realizaron cálculos detallados de varios indicadores financieros clave, VAN, TIR, RBC y PAY BACK.

Los resultados de estos indicadores muestran que el proyecto es altamente rentable y que la inversión será recuperada dentro del tiempo establecido de la vida del proyecto, lo cual valida la decisión de optar por el secado artificial. Estos resultados respaldan la viabilidad y sostenibilidad económica del proyecto, demostrando que no solo es una inversión económicamente sólida, sino también una estrategia efectiva para mejorar la posición en el mercado y asegurar el crecimiento a largo plazo de la empresa.

CAPITULO VII
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

- El presente proyecto se llevó a cabo con la motivación por las observaciones realizadas durante la visita a la empresa cerámica. Se identificó que el principal obstáculo era el cuello de botella en el área de secado, lo que afectaba a otras áreas de producción, como el horno y la extrusora, impidiendo su utilización a plena capacidad. En consecuencia, se diseñaron cámaras de secado artificial con el objetivo de ampliar la capacidad de secado para poder tener un producto de mejor calidad y mejores prestaciones.
- La propuesta de dimensiones para las cámaras de secado artificial destinadas a la Cerámica Corona se establece en 40 metros de longitud, 11 metros de ancho y 2,7 metros de altura. Esta configuración resultará en una capacidad de 76 estantes, representando una mejora significativa en nuestra capacidad de secado. Con este rediseño, anticipamos un aumento sustancial en la producción, pasando de 15.120 unidades a una capacidad expandida de 32.832 unidades. Este incremento no solo optimizará la eficiencia operativa, sino que también posicionará a Cerámica Corona para responder de manera más efectiva a las demandas del mercado y mejorar su competitividad en la industria cerámica.
- Se ha llevado a cabo exitosamente el cálculo térmico, un paso crucial en el desarrollo de este proyecto. Estos cálculos revisten una importancia significativa, ya que posibilitan la selección precisa de la maquinaria más óptima y adecuada para las cámaras de secado. Con un caudal de calor requerido de 1.861.839,39 Kcal/hr determinado a través de este proceso, se establece una base sólida para la elección de las máquinas y equipos que serán implementados en el proyecto. Este análisis térmico no solo proporciona la información esencial para el diseño eficiente de las cámaras de secado, sino que también garantiza una operación efectiva y eficaz, asegurando así el éxito y la viabilidad del proyecto en su totalidad.
- El análisis detallado del rendimiento de tiempos se llevó a cabo meticulosamente, evaluando el tiempo requerido para el secado de ladrillos

húmedos bajo las condiciones climáticas específicas del Departamento de Tarija. Este tiempo de referencia, alcanzado en condiciones ambientales, se estima en 49 horas. En contraste, la implementación de nuestras cámaras de secado artificial propuestas proyecta un notable descenso en el tiempo de secado, reduciéndolo a 5,8 horas lo cual nos da un tiempo de 5 horas con 48 minutos. Esta significativa disminución demuestra que nuestra propuesta no solo supera, sino que transforma drásticamente la eficiencia del proceso de secado. En consecuencia, se presenta como una opción altamente productiva y eficaz para la cerámica Corona S.R.L., destacando su capacidad para optimizar operaciones y mejorar la productividad de manera sustancial.

- El análisis económico-financiero realizado ha ofrecido una visión clara sobre la viabilidad y rentabilidad del proyecto, utilizando indicadores financieros derivados del cálculo del flujo de caja. El Valor Actual Neto (VAN) resultante, alcanzando la cifra de 1.356.599,65 \$us, respalda la viabilidad del proyecto, indicando un retorno positivo de la inversión. Además, el cálculo del índice de Relación Beneficio-Costo (RBC) revela un valor de 1,8, lo que significa que, por cada dólar invertido, se espera un retorno de 1,8 dólares. Estos resultados respaldan la solidez financiera del proyecto, fortaleciendo la confianza en su capacidad para generar retornos económicos sostenibles y posicionándolo favorablemente en términos de rentabilidad.
- Se ha llevado a cabo la elaboración de un manual de funciones con el objetivo de asegurar que el proceso de secado se lleve a cabo bajo las condiciones óptimas. Este enfoque se implementa con el propósito de garantizar la producción de un producto de alta calidad destinado al mercado boliviano. Este manual no solo establece pautas claras y procedimientos específicos para optimizar el proceso de secado, sino que también contribuye significativamente a la estandarización y eficiencia de las operaciones, consolidando así la calidad del producto final ofrecido al mercado local en Bolivia.
- El proceso de diseño del proyecto nos permitió determinar la capacidad de las cámaras de secado, la cual se calculó en 32.832 unidades con la ayuda de los

datos proporcionados por la empresa cerámica. Además, logramos estandarizar el proceso de producción de ladrillos de 6 huecos, lo que resultó en un aumento de la capacidad de las cámaras de secado para evitar posibles cuellos de botella. Gracias a esta estandarización, identificamos todos los procedimientos que deben llevarse a cabo para garantizar un mejor control y funcionamiento de las cámaras de secado, lo que es crucial para la calidad del producto final.

Adicionalmente, obtuvimos datos importantes como la humedad, el porcentaje de humedad relativa, el volumen húmedo, la densidad, la velocidad de masa y los coeficientes de calor. Entre estos, los más relevantes fueron los relacionados con el rendimiento del tiempo en comparación con el sistema de secado natural, especialmente la velocidad y el tiempo de secado.

Por otro lado, también recopilamos datos valiosos sobre los ingresos, los costos, los costos de producción, el capital de trabajo, las inversiones, entre otros. Estos datos fueron fundamentales para desarrollar el flujo de caja y obtener indicadores financieros que nos ayudarán a evaluar la viabilidad económica del proyecto.

7.2 Recomendaciones

Concluido el estudio se realizan las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda la implementación de cámaras de secado artificial en la línea de producción de ladrillos. Esta medida permitirá superar el principal cuello de botella identificado en la fábrica como ser el sistema de secado natural, optimizando tanto el rendimiento del horno como el de la extrusora. La introducción de estas cámaras no solo mejorará la eficiencia del proceso de secado, sino que también maximizará la capacidad de producción.
- Para garantizar la excelencia y uniformidad en la producción de ladrillos de la línea 6HER, se recomienda implementar controles de calidad rigurosos en todas las etapas del proceso. Esto incluye establecer protocolos estrictos para la recepción de materias primas, monitorear en tiempo real la composición de la mezcla y el moldeado, y regular automáticamente la temperatura y humedad en

el secado. Además, se deben realizar inspecciones visuales y pruebas de resistencia para asegurar la conformidad con las normativas de calidad. La formación continua del personal y el análisis detallado de datos también son esenciales para fomentar una cultura de calidad y mejoras continuas.

- Se recomienda la implementación de manuales detallados de funciones y procedimientos. Estos manuales deben ser desarrollados y distribuidos cuidadosamente, y su uso debe ser promovido y monitoreado de manera constante. La correcta aplicación de estos manuales permitirá alcanzar una estandarización más efectiva de las operaciones, asegurando que todos los empleados sigan los mismos protocolos y directrices. Además, esto contribuirá a la reducción de errores, la mejora en la eficiencia y la coherencia en la ejecución de tareas, lo que a su vez llevará a una mayor calidad
- Se recomienda tener muy presente la seguridad y las condiciones de trabajo en el área de secado de la cerámica mediante la realización de evaluaciones exhaustivas de riesgos, la implementación de programas regulares de capacitación en seguridad, el suministro y uso adecuado de equipos de protección personal (EPP), el establecimiento de procedimientos claros de emergencia, la realización de mantenimientos regulares de maquinaria y equipos. Estas acciones contribuirán a un entorno laboral más seguro, saludable y productivo.
- Se recomienda emplear la curva de Bigot como una herramienta de referencia para determinar el punto en el cual el ladrillo alcanza su completa sequedad dentro de la cámara de secado. Integrar esta curva proporcionará una guía precisa, permitiendo una gestión más efectiva de las cámaras de secado y asegurando condiciones óptimas para el proceso de secado del ladrillo.