



# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUCCIÓN**

## **1 INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Antecedentes**

### **1.2 Antecedentes sobre el tema**

La producción de ladrillos cerámicos de 6 huecos, es una parte fundamental de la industria de la construcción en Bolivia. Se utilizan materias primas locales y diversas tecnologías de fabricación en todo el país.

Para la construcción de viviendas en Bolivia, se requiere de ciertos materiales de los cuales, para su utilización, deben contar con niveles mínimos de calidad, de tal manera que el producto final, puedan ser evaluados en su conformidad respecto a sus niveles de calidad y seguridad, es necesario que cumplan con normas técnicas, lo que garantizará que los mismos puedan ser utilizados sin ningún problema y más aún que tengan una vida útil que garantice la vida útil del producto terminado, la vivienda.

Bolivia cuenta con muchas normas técnicas relacionadas con la construcción, las cuales deben ser utilizadas en la verificación de la conformidad de los materiales y de los requisitos para ser catalogados como aptos o productos conformes.

La producción de ladrillos cerámicos de 6 huecos en el departamento de Tarija, ha sido una parte integral de la industria de la construcción en la región. Las materias primas locales se utilizan en el proceso de fabricación, que ha evolucionado con el tiempo gracias a avances tecnológicos. Existen varias empresas y productores en la región que contribuyen al mercado local.

En cuanto al consumo actual, los ladrillos cerámicos siguen siendo ampliamente utilizados en la construcción residencial, comercial e industrial en Tarija. Factores como el crecimiento poblacional, la urbanización y las preferencias de construcción influyen en la demanda de estos ladrillos. Aunque enfrentan competencia de otros materiales de construcción, los ladrillos cerámicos siguen siendo una opción popular debido a su durabilidad

Un ladrillo considerado como bueno, para muros de albañilería, debe poseer las características generales siguientes: estar bien moldeado, lo que da lugar a caras planas, lados paralelos y los bordes y ángulos agudos. Ser poroso, sin exceso, para poder tomar bien el mortero, no contener sales solubles para no propiciar la eflorescencia (piura,2014).

Según la norma, la calidad es entendida como el grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos. (ISO, 2015)

“Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la región piura” Joyce Barranzuela Lescano (2014)

Dependiendo de las condiciones y factores que influyeron en la formación de las arcillas, éstas presentarán diferentes características propias de cada tipo que determinarán las propiedades que va a tener la mezcla de la cual formen parte, en este caso para la elaboración de ladrillos (Gallegos, 2005).

La arcilla debe someterse a ciertos tratamientos de trituración, homogenización y reposo en acopio, para obtener una adecuada consistencia y uniformidad de las características mecánicas y químicas. La exposición a la acción atmosférica (aire, lluvia, sol, etc.) favorece además a la descomposición de la materia orgánica que puede estar presente y permite la purificación química del material

En el moldeado, se le da a la arcilla la forma que las unidades de albañilería deberán tener después de la cocción. El proceso de moldeado se puede realizar a mano o empleando máquinas

La fabricación mecánica puede ser mediante una máquina que se conoce como galletera de hélice o mediante una prensa de vacío (Moreno, 1981).

Dentro del proceso de secado hay un proceso conocido como pre-secado, el cual consiste en dejar durante un tiempo el ladrillo recién moldeado en el mismo lugar donde fue hecho para que pierda humedad y sea posible su manipulación

El secado de los ladrillos es una de las partes más delicadas de la fabricación, pues un secado muy rápido puede rajarlos y un secado incompleto puede impedir el buen cocimiento (Robusté, 1969).

La cocción, en el proceso de fabricación de las unidades de albañilería, es la fase final más importante del mismo. La eficiencia de esta etapa depende, entre otros factores, del tipo de horno empleado (Joyce, 2014)

La información deja en evidencia cómo cada variable tiene el potencial de influir en el proceso de producción, llevando consigo la posibilidad de causar numerosos defectos si no se manejan con las precauciones necesarias durante todo el proceso. Esto subraya la interconexión significativa entre las diferentes etapas

### **1.3 Antecedentes de la empresa**

La fábrica Cerámica Industrial Narváez S.R.L., cuyo creador fue Miguel Narváez Avilés, funciona desde el año 1997 con una producción inicial de 280 toneladas mes y su producción actual es de 1.600 toneladas mes actualmente en el 2023, con una tecnología de dos líneas de producción de industria brasilera para la producción de ladrillos de 6 huecos y anteriormente tejas coloniales, complementos para viguetas.

Desde su fundación ha estado ubicado en el Barrio 1° de Mayo al final de la Av. La Paz, inició su producción con equipos de Industria Brasileira En 2006 se inicia la elaboración del primer horno túnel en la ciudad de Tarija, culminado a principios de 2007, en septiembre del mismo año se adquiere una línea completamente nueva a la empresa Souza de Industria Brasileira. Lamentablemente, en noviembre de ese año, falleció el dueño de la cerámica.

### **1.4 Planteamiento del problema**

La empresa Cerámica Narváez SRL se enfrenta a un desafío crítico en su proceso de producción de ladrillos, donde la ausencia de un control de calidad durante y al finalizar dicho proceso resulta en variaciones significativas en parámetros clave, conduciendo a la producción de productos no conformes y defectuosos que no cumplen con los estándares comerciales.

En primer lugar, la falta de un proceso estandarizado y de un control efectivo ha contribuido a la alta proporción de productos no conformes, especialmente ladrillos rajados y defectuosos, tanto durante como al final del proceso de fabricación. Esta carencia impide a la empresa abordar eficazmente los problemas de calidad.

Además, la dependencia en métodos empíricos para la toma de decisiones durante la producción añade complejidad al problema. La empresa confía en la experiencia y juicio de sus trabajadores, lo que dificulta la identificación precisa de las causas subyacentes de los defectos y la implementación de mejoras concretas en el proceso, debido a la falta de datos precisos y en tiempo real sobre los parámetros críticos de producción.

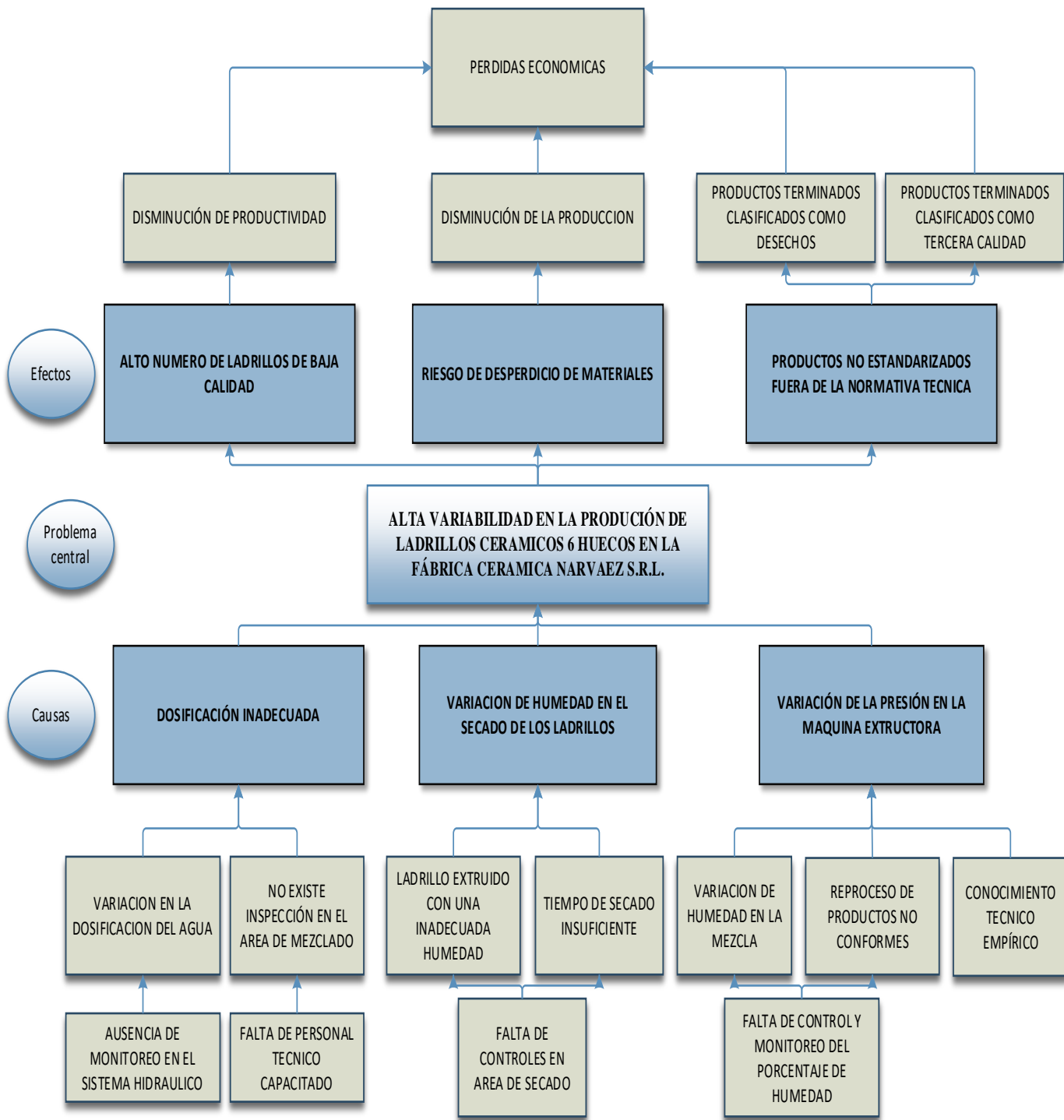
El proceso de fabricación de ladrillos enfrenta desafíos relacionados con la humedad y uniformidad de las mezclas, los cuales pueden conducir a problemas como la aparición de grietas en los ladrillos debido a la contracción desigual durante el secado. La utilización del método de moldeo por extrusión añade una capa adicional de complejidad, ya que la inconsistencia en la composición de las mezclas afecta la calidad del producto final.

Controlar la variación en la extrusión es esencial para evitar problemas como dimensiones irregulares y resistencia inconsistente en los ladrillos. Asimismo, la falta de monitoreo constante de las condiciones en las cámaras de secado puede resultar en la producción de ladrillos agrietados, deformados o rotos.

La falta de un control de calidad efectivo durante y al finalizar el proceso de producción de ladrillos en Cerámica Narvárez SRL conduce a la producción de productos no conformes y defectuosos, lo que impacta negativamente en la calidad y comercialización de los mismos.

### 1.4.1 Árbol de problemas

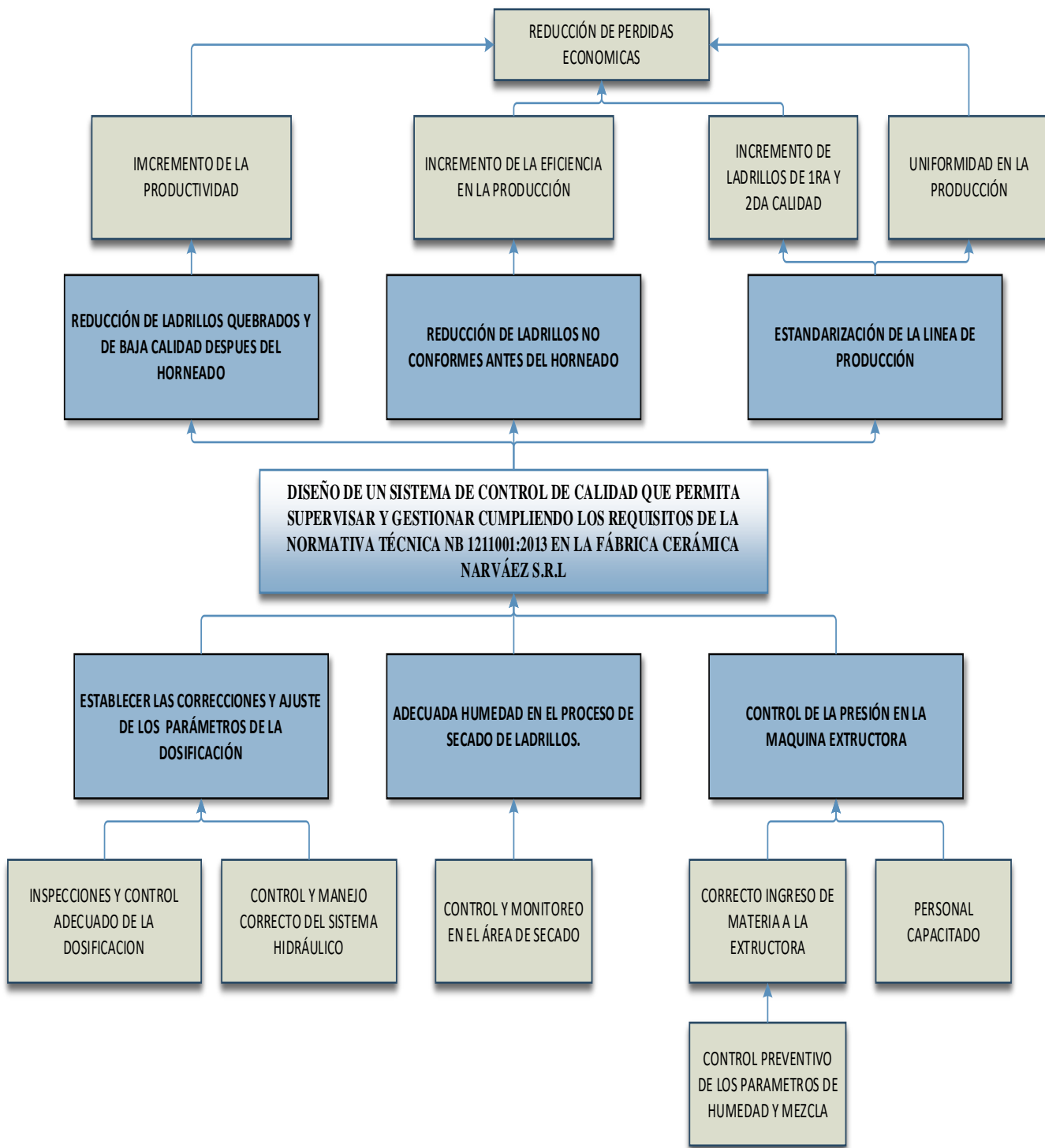
Fig. I-1. Árbol de problemas



Fuente: Elaboración propia

## 1.4.2 Árbol de soluciones

Fig. I-2. Árbol de soluciones



Fuente: Elaboración propia



### **1.4.3 Formulación del problema**

En base a la descripción expuesta, el problema se fórmula de la siguiente manera:

¿Qué medidas debería considerar Cerámica Narváez S.R.L. para implementar un sistema de control de calidad que cumpla con los requisitos de la normativa técnica NB 1211001:2013 y garantice la consistencia y calidad en la producción de ladrillos cerámicos de 6 huecos?

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo general**

- Proponer un sistema de control de calidad en el proceso de fabricación de ladrillos cerámicos 6 huecos en la fábrica CERÁMICA NARVAEZ S.R.L para estandarizar la calidad del producto.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Realizar un diagnóstico actual del proceso de producción de ladrillos cerámicos 6 huecos para la identificación los puntos críticos del proceso de producción.
- Identificar las estepas o actividades del proceso de producción que afecten la calidad del producto
- Determinar las variables que se deben controlar y sus respectivos parámetros admisibles según la normativa técnica boliviana NB 1211001:2013. que formaran parte de la propuesta
- Diseño del sistema de control de calidad para el proceso de fabricación de ladrillos cerámicos 6 huecos.
- Determinar la sustentación económica de la propuesta.

## **1.6 Justificación**

### **1.6.1 justificación técnico – científica**

La Cerámica Narváez S.R.L. actualmente enfrenta desafíos en la calidad de sus productos cerámicos de seis huecos. Este proyecto se centra en implementar medidas de control de calidad a lo largo de su proceso productivo. La aplicación de conceptos de control, modelos, lay-out y medidas que estará dirigida a optimizar el control de variables críticas para garantizar la conformidad del producto final.

### **1.6.2 Justificación social**

La fábrica Cerámica Narváez SRL, ubicada en el departamento de Tarija, Bolivia, se enfrenta actualmente a desafíos significativos en términos de calidad de productos cerámicos. La necesidad urgente de mejorar la calidad ha llevado a la empresa a considerar una adaptación integral de sus procesos, alineándolos con sistemas de control de calidad en concordancia a los requisitos de las normativas bolivianas.

La creciente demanda de productos cerámicos ha generado una carga operativa que impacta negativamente la calidad de los procesos claves de producción. En respuesta a esta situación, se ha propuesto un proyecto que busca prioritariamente mejorar la calidad mediante la implementación de un sistema de control. El enfoque principal es homogenizar y perfeccionar el producto final, con el objetivo de satisfacer la demanda del mercado y ofrecer productos conformes a las expectativas de los clientes.

### **1.6.3 Justificación económica**

El impacto económico positivo se relaciona ahora con la reducción de costos asociados a reprocesos. Al mejorar el control de calidad, se prevé disminuir la necesidad de re-procesos, lo que conducirá a una disminución de costos y, por ende, a un aumento de ganancias económicas a mediano plazo.

### **1.6.4 justificación personal**

El desarrollo del proyecto de Grado proporciona una oportunidad para aplicar conocimientos teóricos en el ámbito del control de calidad. La adquisición de nueva información y la práctica de habilidades se centrarán en el diseño de protocolos de control que garanticen la conformidad del producto cerámico. Además, este proyecto, al ser requisito para la obtención del grado académico de ingeniera industrial, reflejará la capacidad para contribuir significativamente a la mejora de procesos desde la perspectiva de control de calidad.

## 1.7 Identificación de la empresa

### 1.7.1 Estructura organizacional

#### 1.7.1.1 Datos comerciales

a) NOMBRE JURIDICO. -La Cerámica industrial Narváez S.R.L.

#### Fig. 1-3 Logo de la empresa



Fuente: Cerámica Narváez SRL.



b) DATOS IMPOSOTIVOS. -Rubro: Sector productor de minerales no metálicos, Agrupación en el sector: CIIU1 361

c) FUNDAEMPRESA. -Razón social: CERÁMICA NARVAEZ, Matricula de comercio: 00004705, Tipo Societaria: SOCIEDAD DE RESPONSABILIDAD LIMITADA, Número de NIT: 182154024, Actividad Principal: 239000 - Fabricación de productos minerales no metálicos

d) DIRECCION. - La Cerámica Narváez S.R.L., se encuentra establecida en la provincia Cercado, perteneciente al departamento de Tarija. La cerámica como tal se encuentra ubicada en el Barrio 1° de Mayo, Av. La Paz S/N.

e) PRODUCTOS. – Actualmente produce ladrillos de 6 huecos con 3 calidades diferentes y ladrillos de para complejos para viguetas (ladrillos de losa)

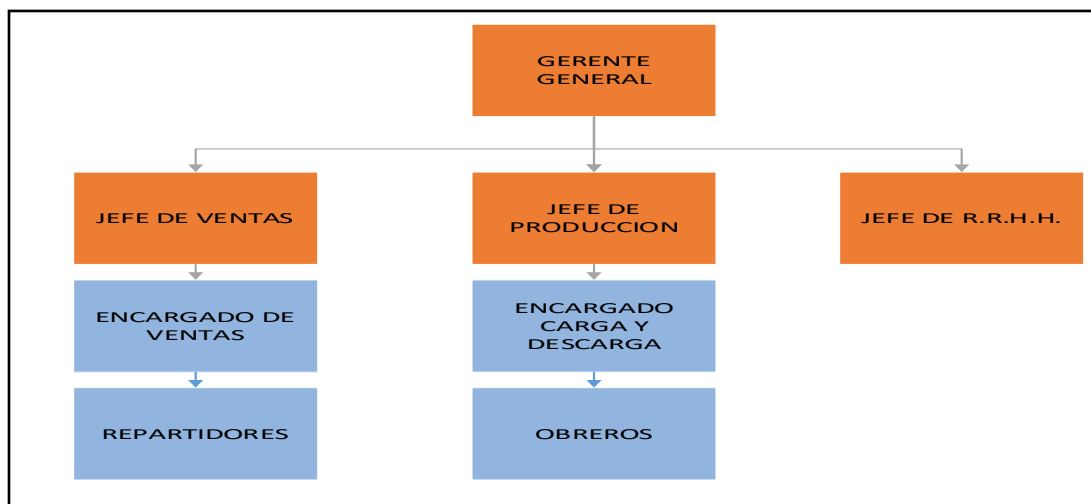
**Tabla I-1***Productos de la empresa*

LADRILLOS DE 6 HUECOS		LADRILLO PARA LOSA	
1ra calidad. – Uniformidad dimensional, color uniforme, resistencia adecuada que es determinada de manera empírica por el personal			
2da calidad. - Pueden tener pequeños defectos cosméticos, como ligeras variaciones de color, pequeñas imperfecciones en la superficie o dimensiones			
3ra calidad. - Tienen defectos más significativos que los de segunda calidad. Esto puede incluir grietas más grandes, deformidades dimensionales más pronunciadas o problemas de color más evidentes.			
IMAGEN	DESCRIPCION	IMAGEN	DESCRIPCION
	Ladrillo 6 Huecos Especial Revoque Ancho: 10 cm Alto: 15 cm Largo: 24 cm Peso:4 kg.		Complemento de Loza H10 Ancho: 42 cm Alto: 10 cm Largo: 24 cm Peso: 7 Kg.

Fuente: Datos tomados de la fábrica Cerámica Narváez SRL.

**1.7.1.2 Estructura organizacional**

La cerámica Narváez S.R.L cuenta con la siguiente estructura organizacional lineal.

**Fig. 1-4 Organigrama de la empresa**

Fuente: Elaboración propia a partir de la información de la empresa

GERENTE GENERAL. – Es el responsable jurídico, en cargo de la administración  
JEFE DE VENTAS. – Tiene la responsabilidad de la administración y registro de todas las ventas realizadas en los días laborales

ENCARGADO DE VENTAS. – Es responsable del registro del control de la cantidad de ladrillos entregado a los autos repartidores.

REPARTIDORES. – Son los encargados de llevar la cantidad de ladrillos designados hasta el punto de entrega.

JEFE DE PRODUCCION. – Es el encargado de controlar las maquinas automatizadas y de la puesta en marcha para la producción.

ENCARGADO DE CARGA Y DESCARGA. – Es el encargado del control del desplazamiento de los vagones cargados con producto en proceso y terminados

OBREROS. – Es personal que se emplea en tareas generales.

Actualmente, en la fábrica cerámica Narváez SRL, cuenta con un total de 23 empleados que abarcan desde el personal administrativo hasta los obreros. De estos, 17 personas desempeñan labores como obreros en la planta.

### **1.7.1.3 Descripción de la materia prima e insumos utilizados**


- Arcilla. - La clase de arcilla utilizada es de los propios yacimientos de arcilla de la propiedad de la empresa. Esta arcilla es adecuada para la producción de ladrillos debido a sus propiedades físicas y químicas favorables. siendo la arcilla caolinitica una de las más comunes para la fabricación de ladrillos. Esta arcilla presenta características como su plasticidad, lo que permite que sea moldeada fácilmente durante el proceso de producción. Además, la arcilla tiende a variar en color, desde tonalidades amarillas hasta plomizas, lo cual no afecta su calidad para la fabricación de ladrillos.
- Arena. - En las betas de arcilla consecuentemente contempla arena junto con la arcilla para crear una mezcla que presente un 10% de residuo, permitiendo reducir la plasticidad de la arcilla.




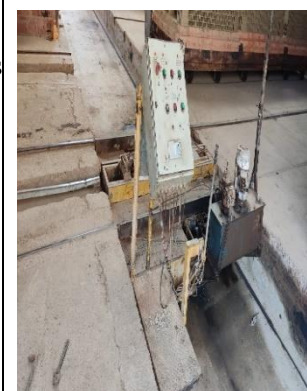


- Agua. - El agua utilizada es proveniente COSAALT RL. Por lo que en el proceso productivo se mezcla con la materia prima a través de los tornillos mezcladores para dar una mayor consistencia y formar una masa que permita el moldeo adecuado del ladrillo

#### 1.7.1.4 Descripción de maquinaria, equipos y herramientas utilizadas

**Tabla I-2.**

*Maquinaria y equipo*

IMAGEN	DESCRIPCION	IMAGEN	DESCRIPCION
	Maquina cortadora, encargada de dar corte y tamaño según los ajustes técnicos		Monta carga automatizada, se encarga de cargar 102 ladrillos por parrilla en cada vagón
	Cinta transportadora de la materia prima en proceso		Cinta transportadora de productos en crudos acoplados a la máquina de corte

	<p>Vagones con parrillas donde descansa y se seca el producto terminado en crudo con capacidad de 520 ladrillos</p>		<p>Molino de rodillos encargada de segmentar en laminas finas antes de la extrusora.</p>
	<p>Tablero de control de las maquinas automatizadas</p>		<p>Vagón automatizado para el desplazamiento paralelo y traslado de las parrillas</p>
	<p>Vagones para el horno capacidad para 500 ladrillos</p>		<p>Molde de hierro-cerámico para la maquina extrusora</p>

Fuente: Datos tomados en la Cerámica Narváez SRL.

#### 1.7.1.5 Desperdicios y desechos generados en el proceso

El producto desechado en el área de corte es identificado en la cinta transportadora por presentar rajaduras o deformaciones antes de la etapa de cocción pasa a ser colocados en la tolva de alimentación para su reprocesamiento.

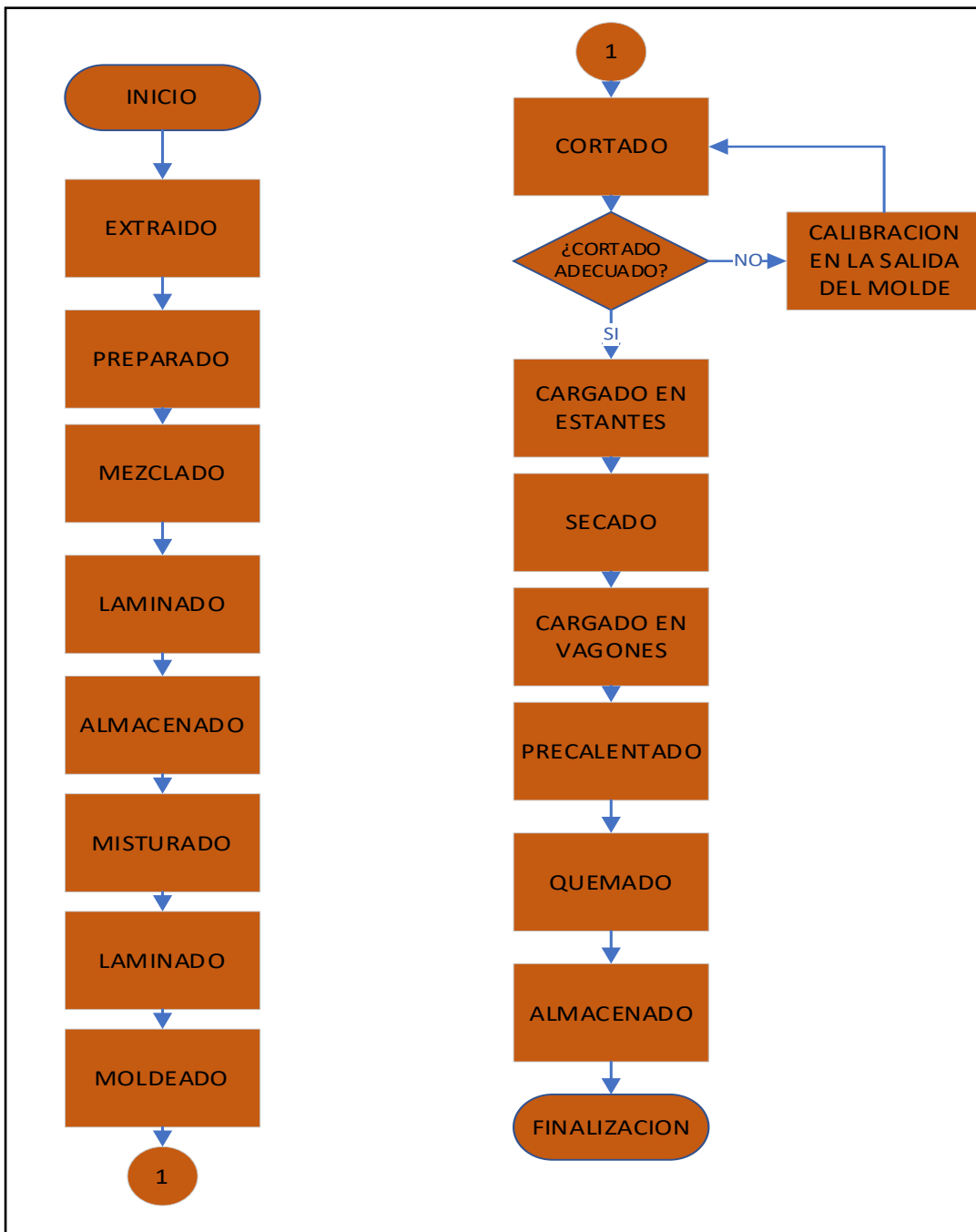
El producto no conforme luego de la etapa de cocción es separado en un área donde se clasifica como escombros para ser vendidos como relleno asfáltico.

**1.7.2 Proceso productivo**

**1.7.2.1 Diagrama de flujo**

El proceso productivo solo difiere en el molde según el producto.

**Fig. 1-5 Diagrama de flujo del proceso del ladrillo de 6 huecos normal**



Fuente: Elaboración Propia a base de información en la Cerámica Narvárez SRL



### 1.7.2.2 Descripción detallada del proceso productivo

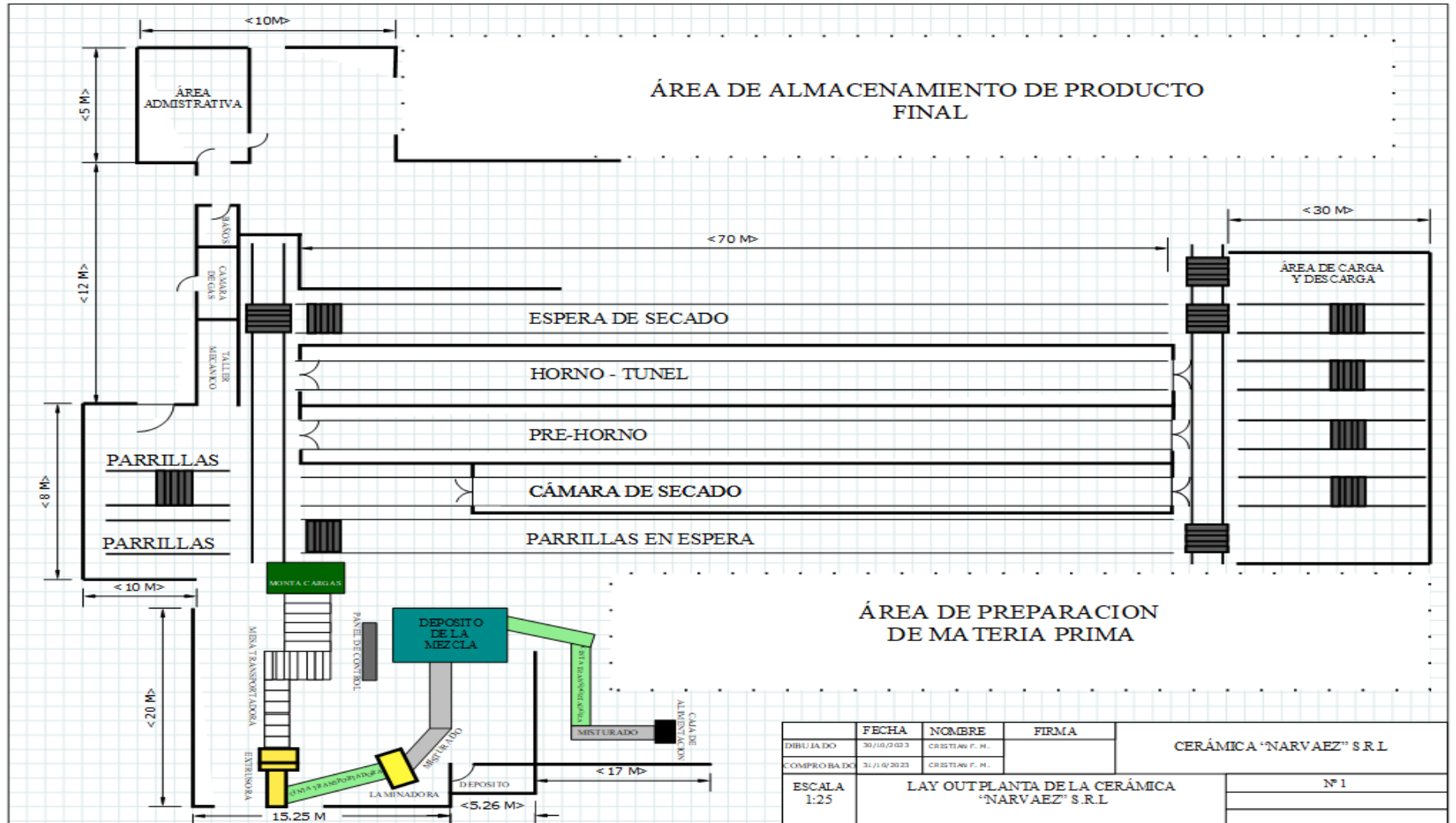
El proceso productivo para la elaboración de ladrillos en la Cerámica Narvéez S.R.L. sigue las siguientes etapas:

- Extraído. - El extraído es el primer paso, en donde se realiza la extracción de la arcilla, el mismo se lleva a cabo en horas de la mañana, para poder llevar al trasladarlo hacia el área de producción.
- Preparado de Materia Prima. - se realiza la combinación de la materia prima extraída con los productos defectuosos o no conformes en crudo, luego de ello pasa a la caja de alimentación para ser dirigido hacia un segundo mezclado.
- Mezclado. - El segundo mezclado se realiza con el porcentaje de agua adecuado además del desmenuzado de la arcilla, para ellos se utiliza una misturadora de gran capacidad.
- Laminado. - El laminador está formado por dos cilindros rotatorios, espacio por el cual se hace pasar la arcilla sometiéndola a un aplastamiento. Donde el resultado es un misturado en laminas delgadas
- Almacenado de laminado. - La mistura pasan por una cinta de transporte hacia un espacio donde se realiza el almacenamiento
- Misturado - en este proceso se elimina partículas grandes es aquí donde se da humedad con un porcentaje del 10% de agua a toda la mezcla
- Laminado segundo. - Antes del moldeado se realiza un último laminado de la arcilla para evitar restos de partículas grandes
- Moldeado. - La extrusora permite el mezclado homogéneo de la arcilla con la arena de una manera flexible, para obtener un producto consistente.
- Cortado. - La máquina de cortado automático transversal, permite el movimiento de 4 cortes por revolución de trabajo por minuto. La misma está habilitada con la unión de la línea automatizada de descarga o carga de estantes. Cada peldaño se apila de 6 ladrillos por columna y 12 filas de trabajo.

- Cargado de estantes. - Cada estante posee 7 peldaños de trabajo automático, además existen estantes o parrillas que son de carga manual al poseer 9 peldaños y el acceso automático no está redirigido para ello.
- Secado. - Las parrillas cargadas con los moldes recién cortados, se trasladan hacia el área de secado, en el mismo entran 24 vagones en el espacio de secado
- Cargado de vagones. - Posterior al secado, se trasladan los mismos hacia el área de carga, en el cual se realiza el cargado en vagones.
- Precalentado. - Luego de completar el cargado, se traslada los vagones hacia el pre-horno, mismo que es alimentado por la extracción del horno, en el cual debe estar al menos 3 horas.
- Quemado. - Los ladrillos tardan 2 días desde el inicio hasta su salida en esta área..
- Almacenado. - El producto terminado es acomodado y clasificado en un área de productos terminados listos para ser cargados a los camiones para su comercialización

### 1.7.3. Lay out

Fig. 1-6 Lay – out actual de la cerámica



Fuente: Elaboración Propia a base de información en la Cerámica Narváez SRL

# **CAPÍTULO 2**

## **MARCO TEÓRICO**

## **2 MARCO TEÓRICO**

### **2.1 El ladrillo**

Los ladrillos son pequeñas piezas cerámicas en forma de paralelepípedo, formadas por tierras arcillosas, moldeadas, comprimidas y sometidas a una cocción. Pueden utilizarse en toda clase de construcciones por ser su forma regular y fácil su manejo (Moreno,1981).

Elemento de construcción con forma de paralelepípedo. Es fabricado de arcilla cocida y posee huecos prismáticos o cilíndricos. (IBNORCA, 2013)

### **2.2 Características del ladrillo**

“Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la región piura joyce barranzuela lescano (Piura, febrero de 2014)”

Un ladrillo considerado como bueno, para muros de albañilería, debe poseer las características generales siguientes: estar bien moldeado, lo que da lugar a caras planas, lados paralelos y los bordes y ángulos agudos. Ser poroso, sin exceso, para poder tomar bien el mortero, no contener sales solubles para no propiciar la eflorescencia, poseer un sonido metálico al ser golpeado con un martillo u otro objeto similar, puesto que cuando se da este sonido es una muestra que el ladrillo está bien cocido y no tiene defectos como fisuras.

Así mismo debe contar con una geometría homogénea, compacta, luciente y exenta de caliches, no debe estar demasiado cocido ya que produciría una unidad de color violáceo o negruzco, con una estructura vitrificada y brillante, con deformaciones y grietas. Un ladrillo demasiado cocido es muy duro pero la resistencia queda anulada por las fisuras. Tampoco debe estar poco cocido o blando, pues podría desmoronarse fácilmente y daría un sonido sordo. En resumen, las características físicas del ladrillo son que debe tener una buena cocción, un color uniforme, un sonido claro y seco al ser golpeado.

#### **2.2.1 Color**

Depende de su composición química de la materia prima y de la intensidad del quemado. De todos los óxidos comúnmente encontrados en las arcillas, el hierro tiene el mayor efecto sobre el color.

### 2.2.2 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. (IBNORCA, 2013)

### 2.2.3 Características geométricas

En estas unidades los alvéolos no son como en las unidades sólidas, huecas o perforadas, perpendiculares a la cara de asiento de la unidad, sino paralelos a esta. El tamaño de los alvéolos y la proporción del área de estos, en relación con el área bruta de la cara lateral de la unidad, varían grandemente en la producción industrial. Sus propiedades y sus características resistentes se determinan y consideran como si la unidad fuera sólida (gallegos,2005)

Los fabricantes de Ladrillos cerámicos pueden fabricar en formas y dimensiones diversas, las especificaciones pueden ser acordadas entre el producto y consumidor. (IBNORCA, 2013)

**Tabla II-1**

*Características geométricas*

<b>Características geométricas</b>	
Dimensiones nominales: Ladrillos para revestir (R) Largo, alto y ancho	±3%
Desviación con relación a la escuadra (D) (máx.)	2%
Espesor de las paredes interiores y exteriores (min.)	8mm
Desviación con relación a la planicidad de las caras(P) (máx.)	3 mm

Nota. Fuente: Norma boliviana 1211001

### 2.2.3.1 Fisuras

**Tabla II-2**

*Fisuras*

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

Fuente: Norma boliviana 1211001

### 2.2.4 Resistencia a la compresión

Los valores altos de la resistencia a la compresión señalan buena calidad para todos los fines estructurales y de exposición. Según la norma técnica los ladrillos deben cumplir con un mínimo de 2 MPa de resistencia.

**Tabla II-3**

*Características geométricas*

Resistencia a la compresión	
Tipo	Resistencia a la compresión, área bruta, en MPa (Kg/cm <sup>2</sup> ) (Mínimo)
No portante o de relleno	2,0 (20,4)

Fuente: Norma boliviana 1211001

La resistencia a la compresión de la unidad es, por sí sola, su principal propiedad y la que finalmente determina la resistencia a la compresión del muro de albañilería.

En general, unos valores altos de resistencia a la compresión señalan una buena calidad para todos los fines estructurales y de exposición. Los valores bajos, en cambio, son muestra de unidades que producirán albañilería poco resistente y poco durable.

La resistencia a la compresión depende de la naturaleza del material y del contenido regulado de elementos desgrasantes, como una cantidad prudencial de cal y cuarzo contenidos en la arcilla

### **2.2.5 Absorción de agua**

*“F.A.T.M.I. Española, S . A. MADRID”*

Absorción es una medida de la capacidad de apropiación de agua del ladrillo, por inmersión total a largo plazo. El ensayo, según la Norma UNE 7061 (12), consiste en desecar la muestra hasta peso constante corta duración. El ensayo, según la Norma UNE 7268 consiste en desecar el ladrillo hasta peso constante, colocarlo de plano en una bandeja de modo que quede sumergido 3 mm., mantenerlo un minuto y pesarlo seguidamente. El cociente del peso de agua succionada, por el área neta de la cara apoyada, en g/cmVmin., es la succión del ladrillo.

Por esta razón no deben emplearse ladrillos de resistencia elevada, si simultáneamente la succión no es baja, no superior a 0,15 g/cmVmin., ya que si es alta no se aprovecha bien la resistencia de los ladrillos, y se obtienen bajas resistencias en fábricas.

En los ladrillos cerámicos huecos ensayados, según la norma NB 1211002, se aceptará una absorción de agua, no menor a 8 %, ni mayor a 15 %. (IBNORCA, 2013)

## **2.3 Variables que intervienen en el proceso productivo**

### **2.3.1 Materia prima**

#### **2.3.1.1 Arcilla**

Se da el nombre de arcilla a las partículas sólidas con diámetro menor de 0.005 mm y cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al ser mezclada con agua. Químicamente es un silicato de alúmina hidratado, aunque en no pocas ocasiones contiene también silicatos de hierro o de magnesio hidratados. La estructura de estos minerales es, generalmente, cristalina y complicada, y sus átomos están dispuestos en forma laminar. (Coca,2021)

#### **2.3.1.2 Composición de la arcilla**

La arcilla, en su estado natural, está compuesta de uno o, como es el caso general, varios minerales arcillosos. En esencia los minerales de arcilla son silicatos de aluminio, pero también hay presente productos hidratados de la descomposición de las rocas aluminosas y silicatadas, y otras sustancias como fragmentos de rocas, de óxidos hidratados, álcalis y materiales coloidales (Del Río, 1975)



### 2.3.1.3 Plasticidad

Ésta es la propiedad principal de las arcillas que la hacen adecuada para la fabricación de ladrillo y que hace referencia a la habilidad que tiene la arcilla, en combinación de cierta cantidad de agua, de mantener casi cualquier forma que se le dé.

Se encuentran plasticidades diferentes en las arcillas, la estructura interior no es la misma en todas las tierras. los cuerpos extraños mezclados con la materia arcillosa modifican la plasticidad según su estado físico y su composición (Del Río, 1975).

### 2.3.1.4 Contracción

Propiedad de las arcillas que produce una disminución en las dimensiones de lo que se esté moldeando al perder humedad. Al momento de realizar el moldeado, la arcilla se encuentra húmeda y con un alto contenido de agua, y cuando se realiza el proceso de secado la mezcla pierde el agua que contenía produciendo una reducción en el tamaño de la pieza moldeada. Dos tipos de contracciones se llevan a cabo:

**Tabla II-4**

*Contracción*

<b>Contracción</b>	
Contracción por aire	Que tiene lugar después que se ha formado la unidad, pero antes de que sea secada al horno.
Contracción por fuego	Que se produce durante el proceso de quemado. Cualquiera de estos tipos de contracciones, si es excesivo, puede causar grietas y deformaciones en la unidad de albañilería (Schneider y Dickey 1980).

Fuente: elaboración del texto Schneider y Dickey 1980

### 2.3.1.5 Preparación de la mezcla

La arcilla debe someterse a ciertos tratamientos de trituración, homogenización y reposo en acopio, para obtener una adecuada consistencia y uniformidad de las características mecánicas y químicas. La exposición a la acción atmosférica (aire, lluvia, sol, etc.) favorece además a la descomposición de la materia orgánica que puede estar presente y permite la purificación química del material. (Coca,2021)

La principal dificultad inherente a la fabricación consiste en la elección de una mezcla de diferentes arcillas. Así por ejemplo con aquellas que son muy grasas se les mezclará con materiales desgrasantes como la arena (Robusté, 1969).

El porcentaje de agua utilizada para la mezcla es aproximadamente del 25% del total (Jiménez y Salazar, 2005).

### **2.3.2 Los laminadores**

Los laminadores continúan el proceso de trituración de materias primas, complementando el trabajo de otro laminador o mezclador. Su función se basa en la trituración de arcillas entre sus dos cilindros de alta resistencia que funcionan a diferentes velocidades. Se puede utilizar en la línea de producción de cerámica y en la preparación de masa. Su capacidad de producción está relacionada con su tamaño (modelo) y la regulación del espesor de laminación. El Laminador realiza el proceso de eliminar las rocas y completa la mezcla de la masa, distribuyendo mejor el agua en la arcilla. El resultado es un mejor acabado y una mayor resistencia del producto cerámico.

Los laminadores continúan el proceso de trituración de materias primas, complementando el trabajo de otro laminador o mezclador. Su función se basa en la trituración de arcillas entre sus dos cilindros de alta resistencia que funcionan a diferentes velocidades. Se puede utilizar en la línea de producción de cerámica y en la preparación de masa. Su capacidad de producción está relacionada con su tamaño (modelo) y la regulación del espesor de laminación. El Laminador realiza el proceso de eliminar las rocas y completa la mezcla de la masa, distribuyendo mejor el agua en la arcilla. El resultado es un mejor acabado y una mayor resistencia del producto cerámico.

Los cilindros del laminador trabajan a distinta velocidad para evitar un consumo excesivo de energía en relación al trabajo que deben desarrollar.

Con esta velocidad diferencial se consigue un desmenuzamiento intensivo de la arcilla, mucho mayor del que corresponde a la separación entre cilindros, debido a un efecto de desgarramiento o corrimiento de las partículas del material laminado. Los laminadores, con frecuencia, van provistos de un disco graduado en 1/10 mm, que permite una aproximación muy exacta de la distancia entre cilindros (Fernández Abajo, 2000)

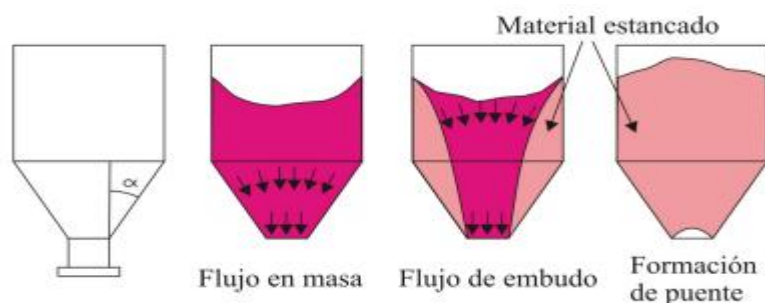
### 2.3.3 Extrusión

En una definición amplia el proceso de extrusión hace referencia a cualquier operación de transformación en la que un material fundido es forzado a atravesar una boquilla para producir un artículo de sección transversal constante y, en principio, longitud indefinida. Además de los plásticos, muchos otros materiales se procesan mediante extrusión, como los metales, cerámicas o alimentos. (M. Beltrán y A. Marcilla,2005)

#### 2.3.3.1 Transporte de sólidos en la tolva

El transporte de sólidos en la tolva es, en general, un flujo por gravedad de las partículas; el material se mueve hacia la parte inferior de la tolva por acción de su propio peso. Se puede dar un flujo en masa como se representa en la figura 4.13, en el que no hay regiones estancadas y todo el material se mueve hacia la salida, o bien flujo tipo embudo en el que el material más cercano a las paredes de la tolva queda estancado.

**Fig. 2-1. Flujo del material en una tolva de alimentación**



Fuente: (M. Beltrán y A. Marcilla,2005)

Tanto las características del material como el diseño de la tolva influyen sobre el transporte de sólidos en esta parte de la máquina. Es mejor una tolva con sección circular que una tolva con sección cuadrada o rectangular

Las características del material que influyen en el transporte del sólido en la tolva, son:

- **Densidad aparente:** es la densidad del material incluyendo el aire que hay entre sus partículas. Lógicamente, la densidad aparente del material siempre será inferior a la densidad real. Si la densidad aparente del material es excesivamente baja (no superior al 20 o 30% de la densidad real), el material dará problemas de fluidez puesto que para obtener un determinado caudal se necesitará alimentar un gran volumen de material. Resulta más fácil manipular materiales con una densidad aparente que no sea demasiado baja (alrededor del 60% de la densidad real).

- **Compresibilidad:** es el aumento que se produce en la densidad aparente de un plástico al presionarlo. Interesan materiales con factor de compresibilidad bajo, es decir que sufran un cambio pequeño en su densidad aparente al aplicarles presión.

- **Coefficiente de fricción:** se puede distinguir entre el coeficiente de fricción interno, que es la fricción existente entre las propias partículas del polímero, y el coeficiente de fricción externo, que es la fricción existente entre las partículas del plástico y la superficie del cilindro con la que está en contacto el plástico. Para tener un flujo en la tolva adecuado, interesa que estos dos coeficientes sean bajos, para lo que en ocasiones es necesario el empleo de lubricantes.

- **Distribución del tamaño de partícula de la granza (DTP):** interesa que sea lo más uniforme posible, para evitar problemas de fluidez de la granza. Si el material presenta una DTP ancha, las partículas tenderán a empaquetarse, lo que dificultará el flujo de las mismas en la tolva.

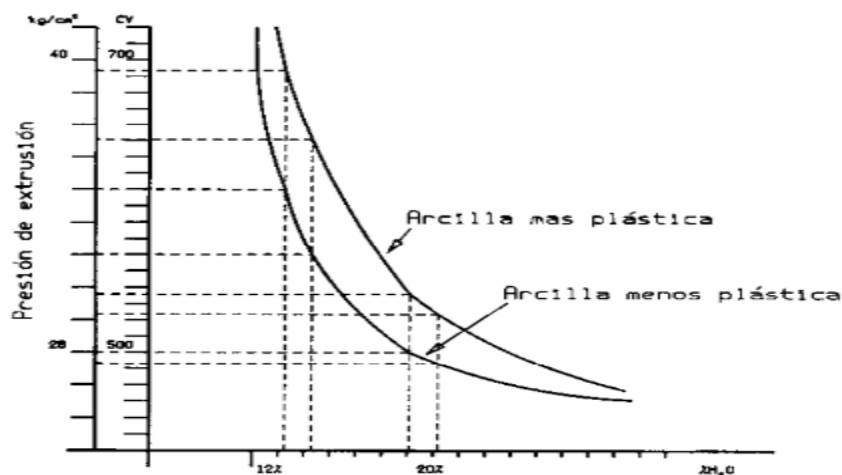
### **2.3.3.2 Transporte de sólidos en el cilindro**

En cuanto al transporte de sólidos dentro de la extrusora, una vez que el material sólido cae al interior del canal de la extrusora, el mecanismo de transporte deja de estar controlado por la gravedad y se transforma en un transporte inducido por arrastre. Este tipo de flujo tiene lugar debajo de la tolva a lo largo del tornillo en una distancia relativamente corta. (M. Beltrán y A. Marcilla, 2005)

### **2.3.3.3 Factores dependientes en la extrusión**

La presión máxima, no depende sólo de la mayor o menor sección de salida de la boquilla, sino también y principalmente de la consistencia de la arcilla. Como ésta es función a su vez de la plasticidad y del contenido de agua, deducimos que a medida que se aumenta la plasticidad de la arcilla y se reduce el contenido de humedad, se incrementa la presión de extrusión, alargándose la zona de compresión y lográndose una mayor homogeneización en el interior del cilindro.

**Fig. 2-2 Relación entre presión de extrusión, humedad y plasticidad de la arcilla**



Fuente: Manual sobre fabricación de baldosas, tejas y ladrillos (2000).

Cuando se trabaja con arcillas blandas, amasadas con vapor o aditivas con desfloculantes como lignosulfitos, es decir, masas arcillosas en las cuales las partículas gozan de una mayor movilidad, los embudos pueden ser más cortos ya que la arcilla se une antes desapareciendo más rápidamente las formas producidas por la hélice, con lo cual se logra un mayor rendimiento con un menor consumo.

Para lograr unos buenos resultados en la extrusión es que el material a extruir presente las mínimas variaciones posibles, tanto en lo que respecta a su composición (plasticidad) como a su grado de preparación (granulometría más o menos fina) y a su contenido de humedad.

### 2.3.4 El moldeo

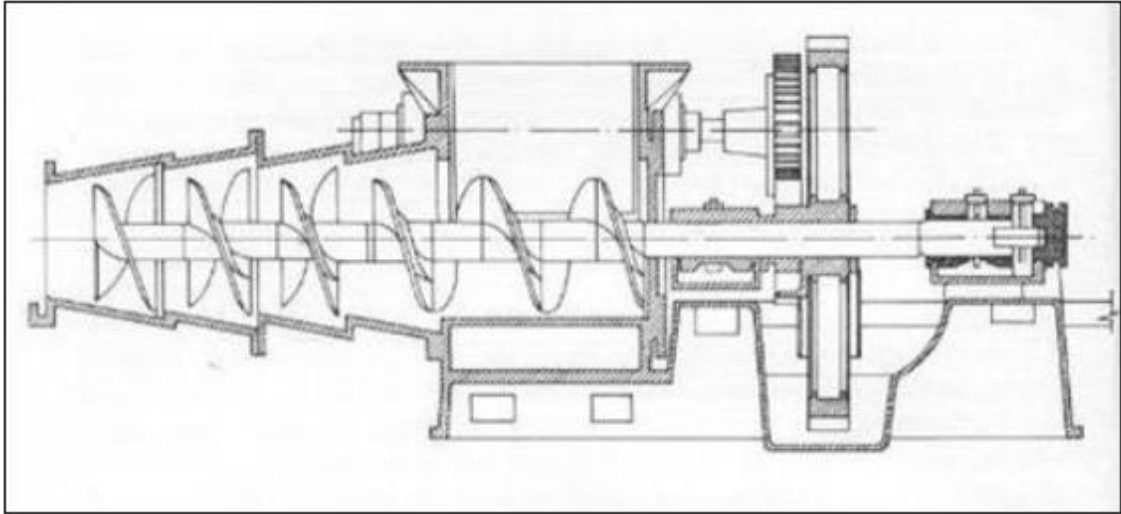
En esta etapa, se le da a la arcilla la forma que las unidades de albañilería deberán tener después de la cocción. El proceso de moldeado se puede realizar a mano o empleando máquinas.

El proceso de moldeado en la producción de ladrillo artesanal únicamente consiste en llenar las gaveras o moldes vaciando la mezcla dentro de ellas, compactándola con las manos y después alisándola con un rasero, que es un palo cilíndrico que se usa para quitar la parte que excede de una medida determinada (Rhodes, 1990).

La fabricación mecánica puede ser mediante una máquina que se conoce como galletera de hélice o mediante una prensa de vacío (Moreno, 1981).

La galletera de hélice consiste en un cilindro horizontal, dentro del cual gira un eje guarnecido con una hélice que impulsa la pasta y la obliga a salir por una boquilla

**Fig. 2-3 Extrusión**



Fuente: (Moreno, 1981)

La velocidad del flujo arcilloso se aumenta o disminuye aumentando o disminuyendo la conicidad de las boquillas tal como fue señalado al hablar de los embudos (Fernández Abajo, 2000)

#### **2.3.4.1 Relación de velocidad de extrusión y moldeo**

Las condiciones de flujo sabemos que dependen íntimamente de la plasticidad y cohesión de la arcilla y de su contenido de humedad. Por lo que, ante un problema como el que acabamos de describir, lo primero que hay que hacer es comprobar los dosificadores para ver si se ha producido alguna variación sustancial en la mezcla (aumento del % de desgrasante).

En segundo lugar se debe verificar el contenido de humedad de la pasta, pues, si éste aumenta sensiblemente, disminuye la resistencia interna de la arcilla y el barro tiende a irse por el centro. Si después de haber efectuado las correcciones necesarias en la dosificación de la mezcla y en su contenido de humedad, el problema subsiste, hay que pensar que puede ser debido a un desequilibrio en el molde. De todas las maneras, si las diferencias de velocidad entre la barra del centro y las dos laterales no son

excesivas, se pueden corregir por el simple hecho de aplicar unos rodillos laterales sobre el carro cortador, a unos 30 cm de la salida del molde

Actualmente se usan galleteras de vacío, también conocidas como Prensas de Vacío, que tienen la ventaja de que al momento de realizar el moldeado consiguen una homogenización de la arcilla y eliminación del aire

### **2.3.5 Secado**

El proceso de secado consiste en el desprendimiento de humedad a unida físicamente a la pasta.” Manual sobre fabricación de baldosas, tejas y ladrillos (2000)”.

Es de las fases más delicadas y trascendentes del proceso de fabricación. 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.

Dentro del proceso de secado hay un proceso conocido como pre-secado, el cual consiste en dejar durante un tiempo el ladrillo recién moldeado en el mismo lugar donde fue hecho para que pierda humedad y sea posible su manipulación.

En el proceso de secado se involucran dos fenómenos físicos: Transferencia de calor y Transferencia de masa. La transferencia de calor se da cuando el ladrillo y el ambiente encuentran un equilibrio térmico, del cual dependerá en parte la velocidad de difusión del agua presente en la arcilla. El fenómeno de transferencia de masa se da siempre y cuando exista un gradiente de humedad entre el ambiente y la arcilla, ya que se produce cuando el vapor de agua se difunde a través de los poros de la matriz arcillosa. El tiempo de secado dependerá de la velocidad de difusión, misma que está en función del tamaño, longitud y forma del poro de la arcilla (Rhodes, 1990).

El secado puede ser natural o artificial. En el primer caso el secado este condicionado a las características climáticas de la región y algunas veces el lugar de secado es colocado sobre los hornos para que de esta manera se pueda recuperar algo de la energía perdida a través de la bóveda del horno.

En el caso de secado artificial, este proceso es acelerado por acondicionamiento del aire. Existen muchos tipos de secadores artificiales pero los más conocidos son los de cámara y los de túnel. Los productos a secar son llevados por medio de pequeñas vagonetas en donde son sometidos a un proceso de secado regulado al contenido de agua de los productos. El aire caliente utilizado para el secado proviene de máquinas especiales que

algunas veces aprovechan el calor de los hornos cuando éstos están en proceso de enfriamiento.

El secado de los ladrillos es una de las partes más delicadas de la fabricación, pues un secado muy rápido puede rajarlos y un secado incompleto puede impedir el buen cocimiento (Robusté, 1969).

### **2.3.5.1 Tipos de secado**

#### **2.3.5.1.1 Secado natural**

Es la forma más simple de secar el ladrillo. Consiste en la exposición directa al medio ambiente, la temperatura, la humedad relativa HR, la velocidad y presión del aire ambiente llevan a cabo el secado hasta el contenido de humedad de equilibrio. CHE del lugar. (Mendoza, 2020)

#### **2.3.5.1.2 Secado artificial**

El secado artificial es el proceso por el cual se elimina el agua contenida en la pieza mediante el empleo de temperatura, presión, velocidad y humedad relativa del aire, diferentes a las proporcionadas por el ambiente natural. (Kassab, 2016)

#### **2.3.5.1.3 Cinética del secado**

En cinética de secado, basan sus estudios en cambios en el volumen promedio, contenido de humedad o temperatura a lo largo del tiempo, por lo tanto, la resistencia seca es el contenido de humedad a lo largo del tiempo se ve afectado por parámetros de secado como: temperatura, humedad, velocidad relativa del viento, presión total, etc. Sin embargo, la cinética de secado depende del tiempo, consumo de energía, etc. (Catarina, 2018)

### **2.3.5.2 Generalidades de las curvas de secado**

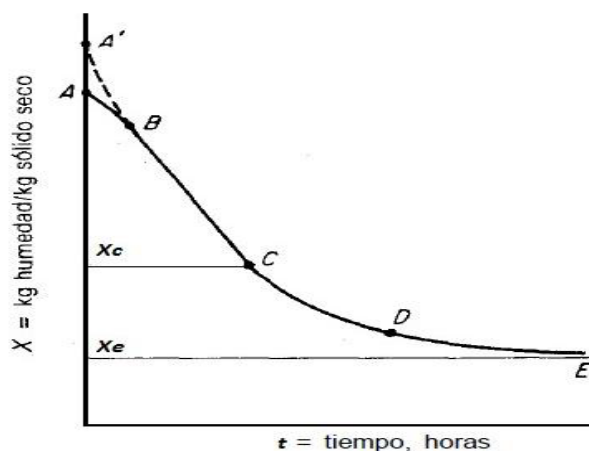
#### **2.3.5.2.1 Curva de secado**

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. (Treybal, 2008)

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.



**Fig. 2-4 Curva de secado**



Fuente: Operaciones de transferencia de masa, Mc Graw Hill.

### 2.3.5.3 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, 2008)

El contenido de agua total en la masa consiste de agua de contracción (entre las partículas) y de agua en los poros. La eliminación del agua de contracción lleva consigo la disminución del volumen del cuerpo, lo que aumenta las fuerzas de atracción de las partículas produciéndose una resistencia mayor en la arcilla seca, en comparación con su resistencia cuando está húmeda.

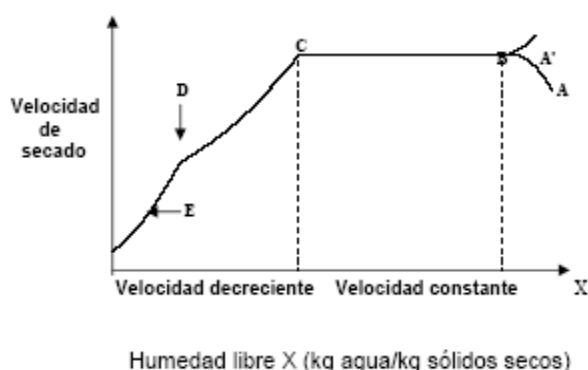
En la alfarería artesanal suele secarse en la atmósfera durante varios días, en un espacio techado, de paredes abiertas. Para el secado artificial los productos se secan en hornos especiales a temperaturas de 85 a 96°C, con aire que tenga gran humedad que evita el secado excesivo en la superficie. La humedad del aire de secado y la temperatura para ese fin se adecuan de tal modo que la rapidez de evaporación del agua en la superficie sea casi igual a la difusión de agua desde la parte interior a la superficie del cuerpo; lo que permite el secado relativamente rápido, sin deterioro, agrietamiento y combaduras del material.

### 2.3.5.4 Velocidad máxima de secado

Esta se determina mediante las tensiones que se producen en el ladrillo y la capacidad del cuerpo para resistirlas. La tendencia al agrietamiento es una función del gradiente de humedad, de la pendiente de la curva de contracción y de la flexibilidad de su estructura.

La única variable susceptible de control durante la operación es el gradiente de humedad, para una velocidad de secado alta, puede disminuirse solamente la viscosidad del agua que circula por los capilares.

**Fig. 2-5 Curva típica de velocidad de secado de una arcilla**



Fuente: Diseño de un sistema de secado artificial (telema,2000)

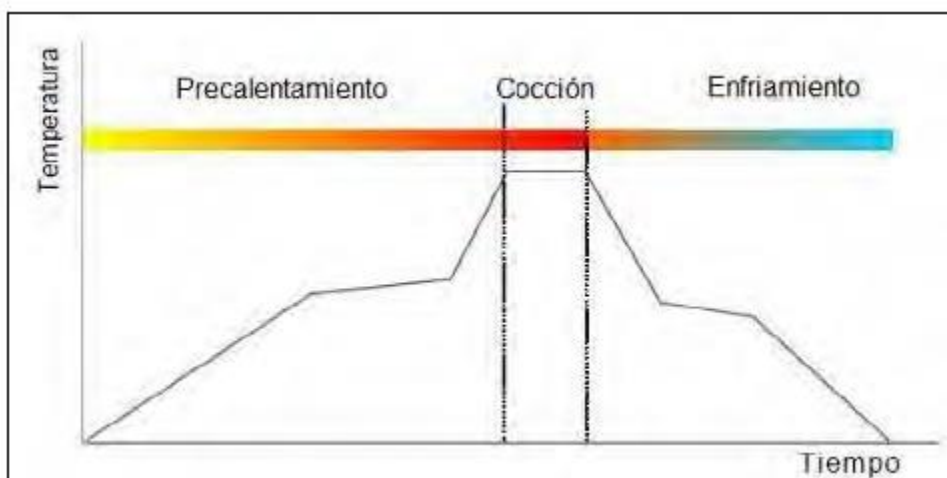
La viscosidad del agua disminuye bastante rápido con la acción de la temperatura, la razón por la cual, el ladrillo debe ser calentado rápidamente hasta alcanzar la temperatura máxima en una atmósfera saturada antes de que la mayor parte del proceso de secado tenga lugar.

El tamaño de las piezas influye en la duración del tiempo necesario para el secado. Macey ha demostrado que, bajo condiciones de secado constantes, diferentes cubos de varios tamaños se secan en tiempos proporcionales a la longitud del lado del cubo; además cuanto mayor sea la pieza, mayor será su tendencia a resquebrajarse. Cuando el contenido de agua es lo suficientemente bajo como para situarse bajo el contenido crítico, la contracción cesa y el proceso de secado puede llevarse a cabo tan rápidamente sin producir una presión demasiado grande que pudiera hacer estallar la pieza. Diseño de un sistema de secado artificial (telema,2000)

### 2.3.6 Ciclo de cocción

Por el cocido se pretende convertir un artículo de arcilla moldeado y secado ("crudo") en un producto permanente que posea la resistencia requerida, durabilidad y una mejor apariencia. La temperatura del cocido depende del carácter de la arcilla y de las propiedades que se deseen obtener del producto, puede variar desde 900 a 1400°C, en las cuales se llevan a cabo cambios químicos en la arcilla.

**Fig. 2-6 Ciclo de cocción típico de un producto de arcilla**



Fuente: (Terán, 2013)

Para agrupar las reacciones físicas y químicas que tienen lugar, el proceso de cocción se divide en 4 etapas:

#### 2.3.6.1 Calentamiento

Se tienen cambios al alcanzar las temperaturas 425 a 650°C. En este punto, los minerales de arcilla se descomponen en Sílice y Alúmina, y se libera el agua combinada químicamente, según la reacción



En este punto, la arcilla pierde su capacidad de formar una masa plástica con el agua y no se puede moldear otra vez. La temperatura se incrementa hasta 800°C, en un tiempo de 8 horas.

#### 2.3.6.2 Cocción

A temperaturas de 800 a 900°C, hay que conservar las condiciones oxidantes del horno, para asegurar que se quemé toda la materia orgánica contenida y que se efectúe la oxidación de las píretas de hierro. A temperatura de 900 a 1000°C, se inicia la fusión o

vitrificación y disminuye la porosidad conforme se inicia la compacción por recocido. La vitrificación es resultado de una formación gradual del líquido que llena los espacios porosos. Cuando se enfría, el líquido solidifica en una matriz vítrea por medio de la aglutinación de partículas inertes. Del grado de vitrificación dependen propiedades como la resistencia en frío, la durabilidad, la porosidad y la densidad. A los 1400°C se alcanza la vitrificación total, a temperaturas mayores no se produce ninguna compacción ulterior ni disminuye la porosidad, pero se produce fusión, que aumenta mucho la resistencia del cuerpo.

### **2.3.6.3 Enfriamiento**

Tradicionalmente tiene lugar en condiciones naturales, tardando entre 3 y 4 días aproximadamente, pero la remoción de aire lo acelera. La velocidad de enfriamiento debe ser lenta hasta una temperatura de 500°C, para lo cual es necesario dejar enfriar el conjunto durante 24 horas sin permitir la entrada del aire. Un enfriamiento demasiado rápido puede dar lugar a la aparición de tensiones que ocasiona agrietamientos, bien sea inmediatamente o después de la extracción de los ladrillos del horno

El enfriamiento de las piezas está definido por su tamaño, cuanto mayor es el tamaño de los ladrillos, la temperatura normal se alcanza más lentamente. Los productos cuyo enfriamiento se realiza lentamente, son tenaces y muy resistentes a las acciones mecánicas. Por el contrario, un enfriamiento rápido los hace frágiles, hasta el punto que si han sido enfriados con demasiada premura se rompen a veces espontáneamente, sin la intervención de agentes mecánicos exteriores (Anfalit, 2002).

### **2.3.6.4 Grietas de precalentamiento**

Las grietas que aparecen entre los 450 y 650 °C se debe a un aumento demasiado rápido de la temperatura en esta zona lo cual da lugar a diferencias importantes de dilatación entre periferia y núcleo de la pieza. Cuando mayor sea el contenido en cuarzo de la arcilla y más alta su dilatación entre los 500 y 600 °C, más probabilidades habrá de que aparezcan este tipo de grietas (María chuca, 2022)

### **2.3.6.5 Condensación de humedad**

Si se introduce en el horno material húmedo y frío, los gases del horno conteniendo humedad y vapores ácidos, se puede enfriar por debajo del punto de rocío de ambos, dando lugar a condensaciones sobre la superficie de las piezas secas.

Si la condensación es de humedad, entonces el agua remoja la superficie de la pieza

seca y va penetrando lentamente hacia el interior, hasta producir un aflojamiento de toda la textura, que se manifiesta en la pieza cocida, por un sonido sordo, una baja resistencia mecánica y toda una red de micro fisuras superficiales. (María chuca, 2022)

#### **2.3.6.6 Grietas de enfriamiento**

Como ya se ha indicado anteriormente, se forma en arcillas silíceas entre 650 y 400°C como consecuencia de la contracción. En arcillas calcáreas de cocción blanca o amarillenta, pueden aparecer a cualquier temperatura por debajo de los 600 °C, incluso después de la salida del material del horno.

Estas grietas no se pueden ver a simples vista y es preciso “sonar” el ladrillo para darse cuenta de que esta figurado (sonido apagado). (María chuca, 2022)

### **2.4 Definiciones**

#### **2.4.1 Absorción de agua**

Incremento de peso debido a la presencia de agua en los poros accesibles, expresado como porcentaje del peso seco de la probeta. (IBNORCA,2013)

#### **2.4.2 Caliche**

Grano de óxido de calcio producido durante la cocción, que al hidratarse se expande, dando lugar al desprendimiento de una parte del material con la aparición de un cráter. . (IBNORCA,2013)

#### **2.4.3 Dimensión nominal**

Dimensión para cada una de las longitudes de las caras del ladrillo especificada por el fabricante. (IBNORCA,2013)

#### **2.4.4 Dimensión real**

Dimensión obtenida como promedio de las mediciones en las caras de cada ladrillo, especificando las tolerancias establecidas en esta norma. (IBNORCA,2013)

#### **2.4.5 Eflorescencia**

Manchas superficiales generalmente blanquecinas, producidas por la cristalización de sales solubles arrastradas por el agua hacia el exterior. (IBNORCA,2013)

#### **2.4.6 Exfoliación**

Láminas, escamas o levantamientos superficiales del material. (IBNORCA,2013)

#### **2.4.7 Heladicidad**

Comportamiento del ladrillo cerámico frente a la acción del hielo. (IBNORCA,2013)

#### **2.4.8 Ladrillo cerámico grueso**

Elemento de construcción con forma de paralelepípedo. Es fabricado de arcilla cocida y posee huecos prismáticos o cilíndricos. Sus características mecánicas y físicas son las especificadas en esta norma. (IBNORCA,2013)

#### **2.4.9 Peso nominal**

Peso de los productos especificado por el fabricante. Peso real  
Peso obtenido de cada producto, especificando las tolerancias establecidas en esta norma. (IBNORCA,2013)

### **2.5 Terminología**

#### **2.5.1 Ladrillo defectuoso**

Ladrillo cerámico que no cumple con los requisitos de la norma. (IBNORCA,2013)

#### **2.5.2 Lote**

Grupo de ladrillos de la misma forma y tamaño, fabricados en condiciones similares y que se somete a inspección como un conjunto unitario. (IBNORCA,2013)

### **2.6 Muestra**

Uno o más elementos extraídos de un lote con objeto de proporcionar información sobre este. (IBNORCA,2013)

(Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008, p. 220)

#### **2.6.1 Muestreo no probabilístico**

El muestreo no probabilístico es una técnica de selección de muestras en la que los elementos de la población no tienen una probabilidad conocida de ser incluidos en la muestra. A diferencia del muestreo probabilístico, donde cada elemento tiene una oportunidad definida de ser seleccionado, el muestreo no probabilístico se basa en métodos que no garantizan la representatividad estadística de la muestra respecto a la población completa (Kelmansky, 2009)

### 2.6.1.1 Muestreo por conveniencia

El muestreo por conveniencia es una técnica de muestreo no probabilística donde las muestras de la población se seleccionan solo porque están convenientemente disponibles para el investigador. (Kelmansky, 2009)

### 2.6.2 Métodos de control estadístico de procesos

El Control Estadístico de Procesos (SPC) es una metodología ampliamente utilizada en la gestión de calidad para medir y supervisar el desempeño actual de los procesos industriales. También se aplica para detectar cualquier cambio en el proceso que pueda afectar su desempeño. Esta metodología se basa en el uso de gráficos de control específicos, que se dividen en dos categorías principales: gráficos de control para variables y gráficos de control para mediciones de atributos. (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008, p. 220)

#### 2.6.2.1.1 Gráficos de control para variables

Dentro de los gráficos de control para variables, se emplean dos tipos clave: gráficos R y gráficos  $\bar{X}$ . Estos gráficos permiten monitorear tanto la media como la variabilidad en la distribución de un proceso. A continuación, se describen en detalle

Gráfico R (Gráfico de Rango): El gráfico R se utiliza para supervisar la variabilidad de los procesos. Para ello, se calcula el rango de un conjunto de datos de muestra, que es la diferencia entre la medición más grande y la más pequeña de cada muestra. Si alguno de los datos se encuentra fuera de los límites de control, se interpreta que la variabilidad del proceso no está bajo control. Los límites de control se determinan utilizando constantes D3 y D4, que varían según el tamaño de la muestra. Con el aumento del tamaño de la muestra, los límites de control se estrechan, lo que refleja la mayor precisión en la estimación de la variabilidad del proceso. (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008, p. 220)

$$LCS=D4*R$$

$$LCI=D3*R$$

R= promedio de varios valores R pasados y la línea central del gráfico de control

D3, D4 = constantes que proporcionan tres límites de desviación estándar (tres sigma) para un tamaño de muestra dado.

Gráfico  $\bar{X}$  (Gráfico de Medias): El gráfico  $\bar{X}$  se utiliza para evaluar si el proceso genera producción que, en promedio, se ajusta al valor objetivo establecido por la gerencia. Los límites de control se basan en una constante  $A_2$  y en la línea central del gráfico, que puede ser el promedio de las medias de una muestra pasada o un valor objetivo para el proceso. Estos límites se establecen a tres desviaciones estándar (sigma) de la media. Los valores de  $A_2$  se encuentran en una tabla de referencia. Es importante destacar que este gráfico se construye una vez que la variabilidad del proceso ha sido controlada y las causas asignables se han identificado y corregido. (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008, p. 220)

### **2.6.3 Número de aceptación**

Número máximo de unidades defectuosas que son tolerables en una muestra para la aceptación del lote. (IBNORCA,2013)

### **2.6.4 Número de rechazo**

Número de unidades defectuosas que son suficientes para originar el rechazo del lote. (IBNORCA,2013)

### **2.6.5 Partida**

Cantidad de producto de características similares que satisface un pedido. (IBNORCA,2013)

### **2.6.6 Plan de muestreo simple**

Procedimiento de recepción que consiste en inspeccionar una sola muestra del lote que se recibe y, sobre la base del resultado obtenido, proceder a su aceptación o rechazo. (IBNORCA,2013)

### **2.6.7 Plan de muestreo doble**

Procedimiento de recepción que consiste en inspeccionar hasta dos (2) muestras: una inicial y otra de reensayo. (IBNORCA,2013)

### **2.6.8 Unidad de muestreo**

Cada uno de los ladrillos extraídos del lote y destinados a inspección. (IBNORCA,2013)



## **2.7 Desarrollo del sistema de control de calidad**

### **2.7.1 Fundamentos del sistema de calidad**

La gestión de la calidad moderna se basa en la comprensión y la gestión eficaz de los procesos. Esto implica la identificación, documentación y mejora de los procesos clave que afectan la calidad del producto o servicio. (Camisón, Cruz, González, 2006)

### **2.7.2 Diagrama de Pareto**

El Diagrama de Pareto es una herramienta gráfica utilizada en la gestión de la calidad para identificar y priorizar problemas o causas de problemas. Este se basa en el principio de que un pequeño número de causas suele ser responsable de la mayoría de los problemas o defectos. (Camisón, Cruz, González, 2006)

## **2.8 Objetivo general del sistema de control de calidad**

*Camisón, C., Cruz, S., & González, T. (2006). Gestión de la Calidad: conceptos, enfoques, modelos y sistemas. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN.*

El objetivo general del Sistema de Control de Calidad es garantizar que los productos o servicios de una organización cumplan con los estándares de calidad establecidos. Este objetivo se enmarca en el contexto más amplio de la gestión de calidad y busca asegurar que todos los procesos, actividades y productos finales estén alineados con los requisitos y expectativas de los clientes, así como con los objetivos estratégicos de la organización.

## **2.9 Estructura del Sistema de Calidad**

### **2.9.1 Política de Calidad**

La Política de calidad es un componente clave de un sistema de gestión de calidad. Es una declaración formal de los compromisos y principios de una organización en relación con la calidad de sus productos o servicios

### **2.10 Control de calidad**

El control de calidad en la producción de ladrillos se fundamenta en la necesidad de asegurar que cada unidad fabricada cumpla con los estándares predefinidos, garantizando así la consistencia y la calidad del producto final. Este enfoque se extiende a lo largo de todas las etapas del proceso productivo, desde la selección de materias primas hasta la inspección final del ladrillo acabado. La implementación efectiva del control de calidad implica la aplicación de herramientas y metodologías específicas para evaluar

propiedades físicas y mecánicas, así como la adopción de pruebas no destructivas para garantizar la integridad del producto. (American Psychological Association.,2020)

### **2.10.1 Importancia del control de calidad**

El control de calidad en la producción de ladrillos es un componente esencial para garantizar que los productos fabricados cumplan con estándares rigurosos, asegurando la consistencia y la excelencia en cada unidad producida

Se explora la relevancia del control de calidad en la fabricación de ladrillos, destacando su impacto en la durabilidad, resistencia y satisfacción del cliente.

#### **2.10.1.1 Durabilidad**

La durabilidad de los ladrillos es una característica crítica que impacta directamente en la longevidad de las construcciones. El control de calidad aborda factores como la composición de los materiales y la resistencia al desgaste, contribuyendo a la capacidad del ladrillo para resistir condiciones ambientales adversas y preservar su integridad estructural a lo largo del tiempo. (American Psychological Association.,2020)

### **2.10.2 Resistencia a la compresión**

Resistencia al esfuerzo de compresión, obtenido como la carga máxima aplicada, dividida entre la media de las áreas brutas de la probeta que están en contacto con las placas de aplicación de cargas. (IBNORCA,2013)

#### **2.10.2.1 Satisfacción del cliente**

La ISO 9001:2015 define la satisfacción del cliente como la percepción del cliente sobre el grado en que se han cumplido sus requisitos. Esta percepción puede resultar de la experiencia del cliente con el producto o servicio, incluyendo la eficacia del sistema de gestión de calidad en su conjunto.

### **2.10.3 Parámetros de control de calidad**

#### **2.10.3.1 Propiedades Físicas**

*Materials for Sustainable Sites, de M.L. Calkins.*

- Color: La evaluación del color implica asegurar la uniformidad y consistencia en la apariencia de los ladrillos. Esto contribuye a la estética de las construcciones y a la satisfacción visual del cliente.

- Textura: La medición de la rugosidad tiene un impacto directo en la apariencia final de los ladrillos. Una textura uniforme no solo influye en la estética, sino también en la adherencia y la manipulación durante la construcción.
- Dimensiones: El control de las dimensiones, tanto nominales como reales, es esencial para garantizar la estabilidad estructural y facilitar la instalación adecuada. Las dimensiones uniformes homogéneas contribuyen a la precisión en la construcción.

#### **2.10.4 Proceso de inspección y evaluación**

##### **2.10.4.1 Materia prima**

La calidad de los ladrillos comienza con la selección y evaluación rigurosa de las materias primas. Este proceso implica asegurarse de que los componentes utilizados cumplan con los estándares establecidos, influyendo directamente en las propiedades finales del producto. La identificación de materias primas de alta calidad es esencial para garantizar la uniformidad y consistencia en la producción de ladrillos. (Proceso de Producción de Ladrillos, 2022)

##### **2.10.4.2 Proceso de fabricación**

La inspección durante las diversas etapas del proceso de fabricación, como laminación, extrusión, moldeo, secado y ciclo de cocción, es fundamental. La identificación y corrección proactiva de desviaciones en cada etapa garantizan que los ladrillos mantengan los estándares de calidad requeridos. Este enfoque no solo previene defectos, sino que también mejora la eficiencia del proceso productivo.

##### **2.10.4.3 Herramientas y métodos de control de calidad**

El uso de herramientas avanzadas y métodos especializados es esencial para garantizar la calidad del producto final. Las tecnologías de medición permiten evaluar propiedades físicas y mecánicas de manera precisa.

### 2.10.5 Normativas y estándares en el control de calidad de ladrillos

**Tabla II-5**

*Normas bolivianas*

<b>Normas Bolivianas - NB</b>	
NB 1211003:2013 Ladrillos cerámicos - Ladrillos macizos - Clasificación y requisitos (Tercera revisión)	Alcance: Establece la clasificación, características y requisitos que deben cumplir los ladrillos cerámicos macizos que se emplean en la construcción.
NB 1211002:2013 Ladrillos cerámicos - Métodos de ensayo (Cuarta revisión)	Alcance: Establece los métodos de ensayo aplicables a ladrillos cerámicos que se emplean en la construcción
NB/ISO 2859-10:2009 Procedimientos de muestreo para inspección por atributos - Parte 10: Introducción a la serie de normas NB/ISO 2859 sobre el muestreo para inspección por atributos (Correspondiente a la norma de la ISO 2859-10:2006)	Alcance: Suministra una introducción general al muestreo de aceptación por atributos y provee un resumen breve de los esquemas y planes de muestreo por atributos utilizados en las ISO 2859-1, ISO 2859-2, ISO 2859-3, ISO 2859-4 y la norma ISO 2859-5

Fuente: Elaboración a partir [www.ibnorca.org](http://www.ibnorca.org)

### 2.10.6 Determinación de los parámetros y requisitos

La determinación de parámetros y requisitos en la gestión de calidad se erige como un pilar esencial para garantizar la excelencia en la producción de bienes y servicios. Este concepto se fundamenta en los principios establecidos por expertos en la materia, como César Camisón, Sonia Cruz y Tomás González, cuya obra "Gestión de la calidad: conceptos, enfoques, modelos y sistemas" (2006) proporciona una perspectiva detallada sobre la importancia de este proceso

## **2.11 Normativas y certificaciones**

*Camisón, C., Cruz, S., & González, T. (2006). Gestión de la Calidad: conceptos, enfoques, modelos y sistemas. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN.*

Importancia de Normativas y Certificaciones. - El libro destaca la importancia de adherirse a normativas y certificaciones reconocidas en la gestión de calidad. Estas proporcionan un marco estructurado para garantizar la conformidad con estándares establecidos, asegurando la calidad del producto.

### **2.11.1 ISO 9001 - Sistemas de gestión de calidad**

La norma ISO 9001 es abordada en el libro como un referente clave para establecer sistemas de gestión de calidad. Se enfatiza su utilidad para asegurar la consistencia, eficiencia y mejora continua en los procesos organizacionales.

### **2.11.2 Normas específicas para la industria**

Se reconoce la necesidad de normativas específicas para la producción de ladrillos cerámicos. Esto puede incluir normas relacionadas con las propiedades físicas y mecánicas de los materiales, así como la seguridad y durabilidad de los productos.

### **2.11.3 Normativas nacionales y locales**

Se reconoce la relevancia de normativas nacionales y locales que rigen la calidad de los materiales de construcción. Estas normativas pueden variar según la región y deben ser consideradas para asegurar la conformidad con requisitos específicos del país.

## **2.12 Procesos documentados para producción, inspección y control de calidad**

*Camisón, C., Cruz, S., & González, T. (2006). Gestión de la Calidad: conceptos, enfoques, modelos y sistemas. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN.*

### **2.12.1 Documentación como herramienta de gestión**

La documentación como una herramienta clave en la gestión de calidad. Procesos documentados ofrecen una guía clara para la producción, inspección y control de calidad en la fabricación de ladrillos cerámicos.

### **2.12.2 Procedimientos operativos estándar (POE)**

La necesidad de procesos documentados estandarizados. Estos procedimientos detallan los pasos específicos para la producción, inspección y control de calidad en la fabricación de ladrillos cerámicos.

### **2.12.3 Puntos de control**

Los puntos de control son ubicaciones específicas dentro de un proceso de producción o fabricación donde se realiza una evaluación detallada para garantizar que se cumplan los estándares de calidad preestablecidos.

Estos puntos están diseñados para identificar y corregir posibles desviaciones o defectos en el producto o servicio durante su fabricación. Se establecen para asegurar la consistencia y calidad en todas las etapas del proceso.

La implementación de puntos de control implica un monitoreo continuo de variables críticas. Esto permite una detección temprana de cualquier problema, lo que facilita la toma de decisiones rápidas y la corrección de desviaciones antes de que afecten la calidad final. (González, 2006)

### **2.13 Desarrollo del plan de inspección**

La capacidad de supervisar y recolectar datos de manera continua, permitiendo una respuesta rápida a cualquier cambio o anomalía en los procesos.

.La inspección es una herramienta fundamental en un sistema de control de calidad que establece procedimientos y criterios para evaluar y verificar la calidad de los productos o servicios durante y después del proceso de producción.

**CAPÍTULO 3**  
**ANÁLISIS O**  
**DIAGNÓSTICO**

### **3 DIAGNÓSTICO SITUACIONAL DE LA EMPRESA. –**

La situación actual en la empresa cerámica Narváez SRL presenta una serie de particularidades importantes. En primer lugar, se destaca que la materia prima proviene de yacimientos propios y es recibida durante las horas matutinas para su procesamiento.

Un aspecto relevante es que en este proceso se lleva a cabo la crucial mezcla y molienda de los terrones de tierra. En este mismo momento, se enfrenta a un cierto porcentaje de humedad, lo cual puede influir en la calidad final de la mezcla. Este proceso es actualmente supervisado y ejecutado por un operario, quien se basa en su conocimiento empírico para llevar a cabo estas tareas.

Después de la recepción de la materia prima, se lleva a cabo el mezclado, donde el porcentaje de humedad se determina a través del conocimiento empírico del operario encargado donde se encarga de la dosificación del agua. A continuación, la mezcla es transportada por cintas transportadoras hacia el área de almacenamiento, donde se acumula antes de entrar a la etapa de segundo mezclado.

Es importante destacar que en esta fase no se implementa ningún tipo de control en relación a la humedad o al tipo de mezclado que se procesa en las máquinas. La ausencia de controles podría conducir a variaciones en el resultado final y posiblemente, a una calidad inconsistente

Otro punto crítico es la etapa con la máquina de extrusión, donde la calidad del mezclado y el porcentaje de humedad son de vital importancia. Cuando no se logra un mezclado correcto o el nivel de humedad es incorrecto, los ladrillos resultantes pueden presentar rajaduras o cortes y defectos por lo cual deben ser reprocesados, lo cual genera un perjuicio tanto en términos de consumo de energía como en el tiempo de operación del proceso. Por lo general el rango de extrusión de operación en el proceso de producción parte desde los 9 kgF/ cm<sup>2</sup> a los 13 kgF/ cm<sup>2</sup>. reflejado por el barómetro, esto nos muestra que existe una alta variabilidad en el proceso de extrusión lo que es ocasionado por la variabilidad del porcentaje de humedad en la dosificación y mezclado.



En la etapa siguiente del proceso, los ladrillos extruidos son colocados en vagones para su transporte hacia el área de secado. En este punto, los ladrillos poseen un 20 % de porcentaje de humedad y se someten a un periodo de secado de 24 horas, utilizando dos métodos distintos: uno artificial, en esta etapa el ladrillo extruido va perdiendo la humedad de manera gradual hasta el alcanzar una humedad menor al 4%, las temperaturas deben aumentar gradualmente a lo largo de la cámara de secado de 20°C hasta un máximo de 65°C y otro natural, en el que se aprovecha la temperatura ambiente consecutivamente.

Tras el proceso de secado, los ladrillos son trasladados al área de carga. Aquí, el personal a cargo, principalmente operarias, se encarga de llevar a cabo una selección minuciosa. Su tarea es identificar y retirar aquellos ladrillos que presenten anomalías respecto a sus características físicas. Este paso es crítico, ya que se eliminan los ladrillos con defectos o que hayan sufrido rajaduras durante el proceso de secado. Es esencial notar que las rajaduras pueden ser resultado de niveles inadecuados de humedad, lo que afecta la plasticidad del ladrillo crudo.

Una vez seco el material, el ladrillo es trasladado a la zona de carga donde se procederá a colocar el producto seco en vagones para el ingreso al horno.

Dentro del horno los ladrillos secos pasan por una etapa de precalentamiento para evitar cambios bruscos de temperatura que resulten en ladrillos fisurados, luego de la etapa de precalentamiento se pasa a la etapa de cocción donde el ladrillo es sometido a temperaturas que va desde 875° C hasta algo más de 1000°C, tras terminar la etapa de cocción sigue la etapa de enfriamiento donde el producto terminado va descendiendo lentamente su temperatura hasta la salida del horno.

Después de salir del horno túnel, los ladrillos son llevados al área de descarga, donde se realiza una última selección. Durante este proceso, se clasifican en tres categorías: primera, segunda y tercera calidad. Actualmente, la empresa está mayoritariamente produciendo ladrillos de tercera calidad, con un porcentaje reducido de ladrillos de primera calidad. Esto indica que los ladrillos presentan ciertas anomalías o detalles que afectan la calidad del producto.

Es importante destacar que, desde el inicio de la selección y recolección de los ladrillos en los vagones hasta el área de descarga, se observa un número significativo de ladrillos rajados. Estos son ladrillos que se quiebran o rajan durante el proceso de cocción.

### **3.1 Tipo de investigación**

Para llevar a cabo este proyecto, hemos decidido utilizar dos enfoques de investigación: uno descriptivo y otro explicativo. La investigación descriptiva nos permitirá sumergirnos en el tema, detallarlo y recopilar información de manera profunda. Es perfecta para comprender el proceso y reunir datos sin alterar el entorno de estudio. Por otro lado, la investigación explicativa nos ayudará a analizar la información recopilada, identificar las relaciones entre las variables que estamos estudiando y entender cómo algunas variables afectan a otras.

### **3.2 Desarrollo del análisis**

Para llevar a cabo el análisis, primero identificamos cada etapa del proceso productivo. Luego, identificamos las variables cuantificables que pueden ser registradas durante este análisis.

#### **3.2.1 Preparación de la mezcla**

El proceso productivo comienza con el mezclado de las materias primas que deben formar parte de la composición de la pasta. Principalmente, estas materias primas incluyen arcilla. Además, se añade agua como parte integral del proceso.

Este proceso es realizado por un operador con equipamiento de maquinaria pesada que a la vez es responsable del control del sistema hidráulico de la primera etapa de mezclado, su responsabilidad termina hasta donde el área de almacenaje.

#### **3.2.2 Etapa de amasado**

El procesamiento predominante es la conformación de láminas tipo mistura donde el porcentaje de humedad este entre (12-16% de humedad). Para lograr una mejor consistencia, la mezcla es triturada antes de pasar a la laminadora. Sin embargo, dado que la mezcla entra de manera continua a la laminadora, donde se trata de garantizar que la humedad sea uniforme. la arcilla preparada se transporta mediante una correa transportadora hasta la etapa del moldeado.

#### **3.2.3 Etapa de extrusión y moldeo**

En la etapa de moldeado, la extrusora desaira la masa compuesta por la mezcla de pasta homogenizada. Posteriormente, la máquina extrusora capta y homogeneiza esta masa. Esta máquina está equipada con un barómetro que monitoriza la presión generada por la máquina.

Esto se debe a que la humedad se considera un parámetro crucial para operar dentro de los rangos que la empresa considera aceptables, basados en sus conocimientos empíricos.

Como resultado, el moldeado se adapta al tipo de molde asignado a lo largo de la operación o del proceso productivo. Sin embargo, es esencial subrayar que, debido a la variación de la presión en función de la humedad, es posible que se generen lotes con características físicas variables en el producto final.

Esta capacidad de ajustar el proceso de moldeado en función de la presión y su relación con la humedad refleja la habilidad del equipo para responder a condiciones cambiantes y para adaptar la producción de acuerdo a los estándares que han sido establecidos.

### **3.2.4 Dimensiones y pesos del ladrillo**

La Cerámica Narvárez SRL tiene definidas las dimensiones y pesos específicos para los ladrillos. No obstante, es importante señalar que no se lleva a cabo un control regular de estas variables.

El control meticuloso de las dimensiones y pesos de los ladrillos extruidos y cocidos resulta esencial, ya que permite identificar posibles problemas en el proceso productivo, como un exceso de humedad o el uso de materia prima inadecuada, entre otros factores.

Dada la relevancia de este control y su estrecha relación con las etapas previas del proceso, se ha decidido implementar la extracción de una a dos muestras de ladrillos inmediatamente después de su salida de la máquina extrusora. Estas muestras serán sometidas a un análisis detallado, incluyendo la medición de sus dimensiones (alto, ancho y largo) donde se señala que no se controla los pesos de los ladrillos antes y después de todo el proceso

En el caso de que las dimensiones de las muestras se encuentren fuera de los parámetros previamente establecidos, se llevará a cabo una evaluación minuciosa para determinar las posibles causas de estas variaciones. Esto permitirá tomar las medidas correctivas necesarias para asegurar la consistencia y calidad del producto final.

### **3.2.5 Etapa de secado**

La etapa de secado se lleva a cabo en un túnel de secado especializado. En este túnel, todos los vagones cargados con ladrillos después de la extrusión se someten a un proceso de secado que dura 24 horas. Durante este tiempo, los ladrillos primero descansan a temperatura ambiente y luego son expuestos a una temperatura controlada dentro del túnel, asegurando así su adecuado secado.

Es importante destacar que cuando existe una variabilidad considerable en el porcentaje de humedad en la mezcla, los ladrillos en la cámara de secado pueden presentar rajaduras. Estas rajaduras pueden originarse tanto en la variabilidad de la humedad durante la dosificación de la mezcla como en cambios abruptos de temperaturas o en el proceso de secado en sí.

La etapa de secado es considerada una de las fases más críticas, ya que se prioriza lograr un secado uniforme. Esto solo se logra si las temperaturas y humedades dentro de la cámara de secado se mantienen dentro de los parámetros ya establecidos. con el fin de reducir el contenido de humedad de las piezas tras su conformado hasta los niveles suficiente bajos (4 a 7%).

## **3.3 Análisis de las etapas del proceso**

### **3.3.1 Recepción de la arcilla y arena**

en la recepción de la arcilla y la arena, se lleva a cabo una inspección inicial de manera general. Luego, estos materiales son esparcidos y mezclados por un equipo pesado hasta lograr una mezcla homogénea. Este proceso es crucial para asegurar la uniformidad y calidad de la mezcla que se utilizará en las etapas posteriores de producción.

### **3.3.2 Humedad en la mezcla**

La humedad estará en función de la cantidad de agua en la mezcla, lo cual será reflejada en la presión de la maquina extrusora. Donde a menor a mayor plasticidad el barómetro presentara presiones bajas desde 9 kgF/ cm<sup>2</sup> hasta los 13 kgF/ cm<sup>2</sup>. Presiones que actualmente son parte del proceso de producción

Según la plasticidad vaya aumentando contendrá cantidades mayores de humedad obtenido después de la extrusión, y a menor plasticidad la concentración de humedad será más bajas y presentaran más cantidad de materia.

**Tabla III-1***Porcentaje de humedad en función de la presión operativa del extrusor*

<b>Serie de muestras en fusión de la presión</b>					
<b>n°</b>	<b>Muestra</b>	<b>Presión (kgF/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Peso después del moldeado (kg)</b>	<b>Peso después del secado (kg)</b>	<b>Humedad en la mezcla (%)</b>
1	1	9	4,270	3,665	17%
2	2	9	4,275	3,675	16%
3	3	9	4,280	3,625	18%
4	4	9	4,285	3,690	16%
5	5	9	4,270	3,650	17%
6	1	10	4,335	3,775	15%
7	2	10	4,285	3,760	14%
8	3	10	4,280	3,685	16%
9	4	10	4,275	3,685	16%
10	5	10	4,290	3,735	15%
11	1	11	4,330	3,710	17%
12	2	11	4,320	3,700	17%
13	3	11	4,335	3,785	15%
14	4	11	4,330	3,785	14%
15	5	11	4,320	3,770	15%
16	1	12	4,365	3,755	16%
17	2	12	4,355	3,765	16%
18	3	12	4,340	3,730	16%
19	4	12	4,335	3,725	16%
20	5	12	4,350	3,800	14%
21	1	13	4,375	3,800	15%
22	2	13	4,380	3,780	16%
23	3	13	4,365	3,865	13%
24	4	13	4,370	3,890	12%
25	5	13	4,385	3,885	13%

Fuente: Elaborado con datos tomados en la Cerámica Narváez SRI.

En la Tabla III-1 se presentan las masas en el estado seco y en el estado húmedo. A partir de estos datos, se calculó la cantidad de humedad presente en la mezcla.

Es evidente que a presiones a partir de 9 kgf/cm<sup>2</sup>, el porcentaje de humedad disminuye a medida que la presión del extrusor aumenta, alcanzando un mínimo del 12% y un máximo del 18% dependiendo del tipo de presión operativa de la máquina extrusora.

### 3.3.2.1 Diagnóstico de la humedad

Basándonos en los registros de producción, se ha determinado que el porcentaje de agua utilizado tiene a una notable variación. Sin embargo, una vez que la mezcla se moldea, pierde cierto porcentaje de humedad debido a que los ladrillos salen del extrusor a una temperatura elevada, lo que provoca una evaporación precoz. Por consiguiente, tiende a presentar un contenido de humedad del 18% al 13% al ingresar al secadero.

Después de analizar la humedad presente en el proceso y considerando los conocimientos teóricos, se ha establecido que el proceso debe funcionar con un parámetro de humedad que varíe entre el 18% y el 20%. Esto se tiene en cuenta teniendo en consideración la relación entre la humedad y la presión, tal como se muestra en las Tablas III. Estas tablas reflejan cómo la presión varía en función de la tasa de humedad, lo cual se correlaciona con el peso de las muestras.

### 3.3.2.2 Análisis del porcentaje de contracción húmedo a seco

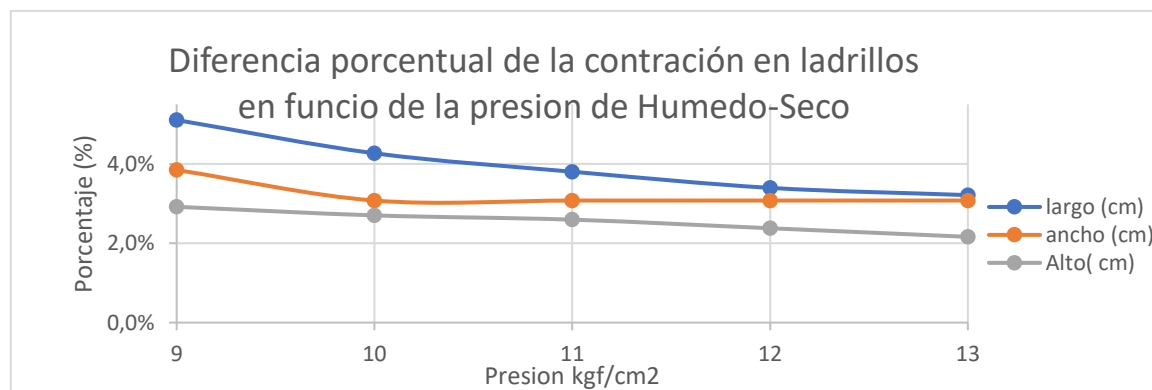
**Tabla III-2**

*Diferencia porcentual de contracción de húmedo a seco*

n°	(0-5)	(6-10)	(11-15)	(16-20)	(21-25)
<b>Muestra</b>	(1-5)	(1-5)	(1-5)	(1-5)	(1-5)
<b>Presión (kgF/ cm2)</b>	9	10	11	12	13
<b>Largo</b>	5,1%	4,3%	3,8%	3,4%	3,2%
<b>Ancho</b>	3,8%	3,1%	3,1%	3,1%	3,1%
<b>Alto</b>	2,9%	2,7%	2,6%	2,4%	2,2%

Fuente: Elaborado con datos tomados en la Cerámica Narváez Srl.

**Fig. 3-1 Grafica de variación porcentual en ladrillos húmedos-seco en función de la presión**



Fuente: Elaborado con datos tomados en la Cerámica Narváez SRI.

La gráfica muestra que en los extremos de 9 kgF/cm<sup>2</sup> de presión, hay una variación notable en las medidas en comparación con las demás presiones. Además, se observa cierta consistencia en las presiones de 10, 11 y 12 kgF/cm<sup>2</sup>, donde el cambio más significativo se presenta en la longitud de los ladrillos, mientras que el ancho y alto se mantienen estables dentro de ese rango de presión operativa.

**Tabla III-3**

*El porcentaje de contracción muestra*

n°	(0-5)	(6-10)	(11-15)	(16-20)	(21-25)	MEDIA	VAR.	DEstd.	OBSERVACIÓN
Muestra	(1-5)	(1-5)	(1-5)	(1-5)	(1-5)				
Presión (kgf/ cm2)	9	10	11	12	13				
<b>Largo</b>	5%	4%	4%	3%	3%	4,0%	0,0058%	0,76%	El porcentaje de contracción se mantiene en un 4%
<b>Ancho</b>	4%	3%	3%	3%	3%	3,2%	0,0012%	0,34%	El porcentaje de contracción se mantiene en un 3,2%
<b>Alto</b>	3%	3%	3%	2%	2%	2,6%	0,0009%	0,29%	El porcentaje de contracción se mantiene en un 2,6%

Fuente: Elaborado con datos tomados en la Cerámica Narváez Srl.

El valor medio del largo del ladrillo es del 4,0%. Esto indica que, en promedio, el largo del ladrillo cambia en un 4,0%, un 3.2% del ancho y un 2.6% del alto en respuesta a las variaciones de presión de extrusión.

La varianza es muy baja, con un valor de 0,0058%. A 0.0009% Esto sugiere que los datos tienen una dispersión mínima alrededor de la media. En otras palabras, los valores del largo del ladrillo son bastante consistentes a lo largo de las diferentes presiones de extrusión evaluadas.

La desviación estándar del 0,76% también confirma que la mayoría de las observaciones están cerca del valor medio. Esto respalda la idea de que los resultados son consistentes y predecibles.

En resumen, estos resultados indican que el largo, ancho y alto del ladrillo está influenciado por cambios en la presión de extrusión, esto se debe a que una muestra tiene una contracción más baja que la de los otros ladrillos debido al porcentaje de humedad al entrar a la etapa de secado. Además, la baja varianza y desviación estándar sugieren una alta precisión en la producción de ladrillos en relación con la longitud, independientemente de la presión de extrusión dentro del rango evaluado.

### 3.3.3 Presión de moldeado

La máquina extrusora está equipada con un medidor de presión que se utiliza para regular la presión de vacío aplicada a la mezcla. Esta presión tiene un impacto en la resistencia del producto final y en la cantidad de contracción que puede ocurrir durante el proceso de secado del producto. Esto se debe a la interacción entre la plasticidad del material, su contenido de humedad y la presión aplicada.

Los parámetros de presión están establecidos en valores operación desde 9 kgf/cm<sup>2</sup> hasta los 13 kgf/cm<sup>2</sup>. En condiciones de operación típicas, debemos tener en cuenta que existe una relación inversa entre el porcentaje de humedad y la presión de extrusión. A medida que aumenta el porcentaje de humedad, la presión de extrusión tiende a disminuir. Por otro lado, cuando se aumenta la presión, veremos un valor más alto en el manómetro.

**Tabla III-4**

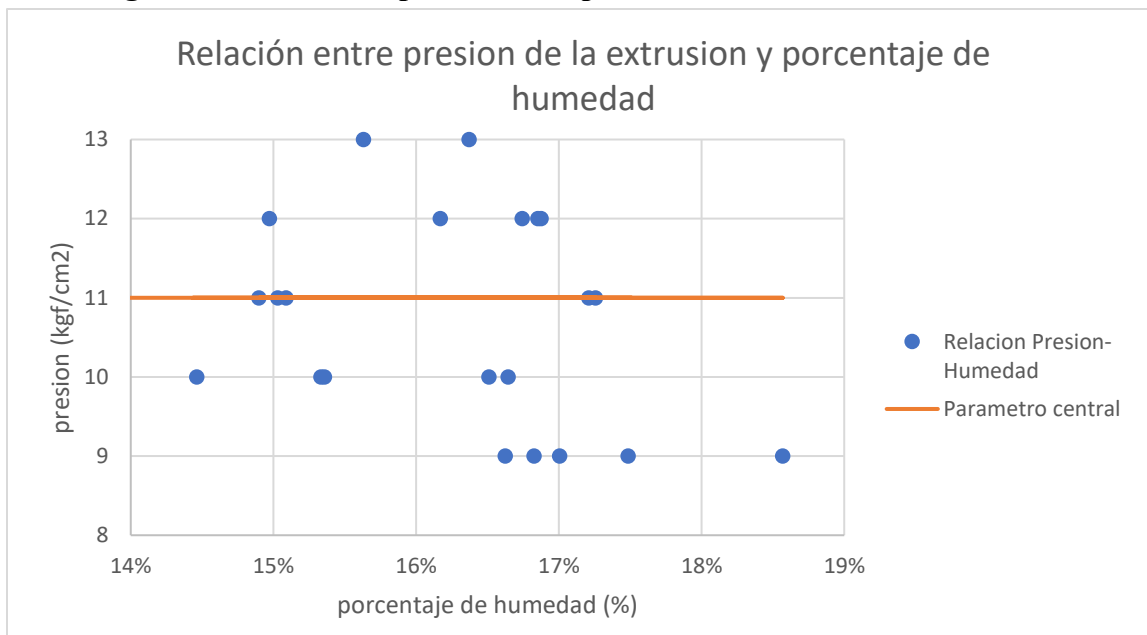
*Porcentaje de humedad en relación a la presión de extrusión*

nº	Muestra	Presión (kgF/ cm2)	Humedad (%)	nº	Muestra	Presión (kgF/ cm2)	H
1	1	9	17%	14	4	11	14%
2	2	9	16%	15	5	11	15%
3	3	9	18%	16	1	12	16%
4	4	9	16%	17	2	12	16%
5	5	9	17%	18	3	12	16%
6	1	10	15%	19	4	12	16%
7	2	10	14%	20	5	12	14%
8	3	10	16%	21	1	13	15%
9	4	10	16%	22	2	13	16%
10	5	10	15%	23	3	13	13%
11	1	11	17%	24	4	13	12%
12	2	11	17%	25	5	13	13%
13	3	11	15%				

Fuente: Elaborado con datos tomados en la Cerámica Narvárez SRL.



**Fig. 3-2 Gráfica de dispersión de la presión con relación a la humedad**



Fuente: Elaborado con datos tomados en la Cerámica Narváez SRI.

### 3.3.3.1 Análisis de la presión de moldeo

Al considerar el rango de variación de la presión en función de la humedad al final de la extrusión, revela una notable fluctuación en los niveles de humedad. De las 25 muestras analizadas, 10 de ellas presentan un contenido de humedad partiendo desde el 14% de humedad y que supera el 18%. Además, 6 de estas muestras superan el parámetro central de 11 kgf/cm<sup>2</sup>. En contraste, 6 de las muestras muestran un contenido de humedad inferior al 17% hasta el 12% de humedad en la mezcla.

A partir de estos resultados, es evidente que el proceso de extrusión está operando de manera inconsistente y fuera de control. Basándonos en los datos recopilados, podemos concluir que el parámetro de presión debe estar dentro del rango de 10 kgf/cm<sup>2</sup> a 12 kgf/cm<sup>2</sup> para mantener el proceso bajo control y reducir la variabilidad en el contenido de humedad en el producto final después de la extrusión.

En resumen, se hace necesario ajustar la presión de extrusión dentro del rango mencionado para garantizar que el proceso sea más consistente y se evite una alta variación en los niveles de humedad en el producto final.

### 3.3.4 Dimensiones y pesos ladrillo extruido

En el caso de Cerámica Narváez SRL, se utiliza un único molde para la producción de ladrillos cerámicos. Esta elección implica que todos los ladrillos que se extruyen siguen las medidas preestablecidas por el molde, considerando la relatividad en tanto el nivel de humedad como la presión de operación después del proceso de extrusión, además de mantener pesos uniformes.

Sin embargo, como se mencionó anteriormente, se enfrenta a una considerable variación en cuanto a la cantidad de humedad presente en la mezcla utilizada. Esta variabilidad tiene un impacto notable en la composición de los ladrillos. Aquellos ladrillos que poseen un mayor grado de plasticidad, debido a la mayor cantidad de humedad, presentan una menor cantidad de materia sólida y retienen una alta tasa de agua en la mezcla. Esta fluctuación en la humedad afecta significativamente las dimensiones y los pesos de los ladrillos resultantes.

En el proceso, se han definido parámetros específicos para las dimensiones y el peso de los ladrillos extruidos. Si en algún momento se identifica un ladrillo que muestra dimensiones que difieren significativamente de estos parámetros preestablecidos, esto podría ser una señal de un problema que genera que el proceso de fabricación se detenga por fallas fuera de control.

Para llevar a cabo este proyecto, se ha registrado meticulosamente la información relacionada con las dimensiones y pesos de los ladrillos extruidos antes de iniciar la fase de secado. Este registro proporciona una referencia valiosa para detectar cualquier desviación con respecto a los estándares establecidos y permite tomar medidas correctivas oportunas para garantizar la calidad del producto final

**Tabla III-5**

*Parámetros del ladrillo extruido 6 huecos*

<b>Parámetros a la salida de la extrusión</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Óptimo</b>	<b>Máximo</b>
<b>Peso (Kg)</b>	4,2	4,3	4,4
<b>Alto (cm)</b>	18	18,5	19
<b>Largo (cm)</b>	25	25,5	26
<b>Ancho (cm)</b>	12,9	13	13,2

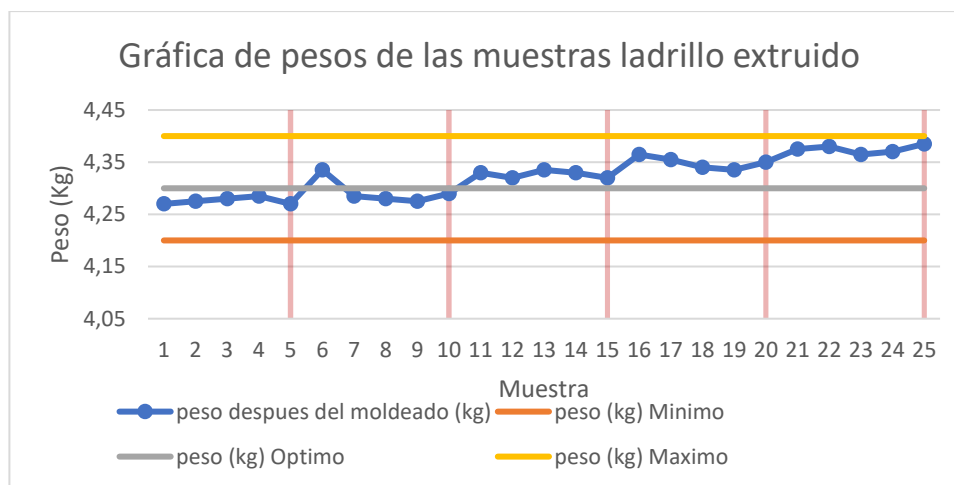
Fuente: Cerámica Narváez SRL.

### 3.3.4.1 Análisis de dimensiones

#### 3.3.4.1.1 Peso

En base al registro de datos se obtuvo la siguiente gráfica:

**Fig. 3-3 Grafica de la variación de los pesos de las muestras en función el tipo de extrusión**



Fuente: Elaborado con datos tomados en la Cerámica Narvéez SRL.

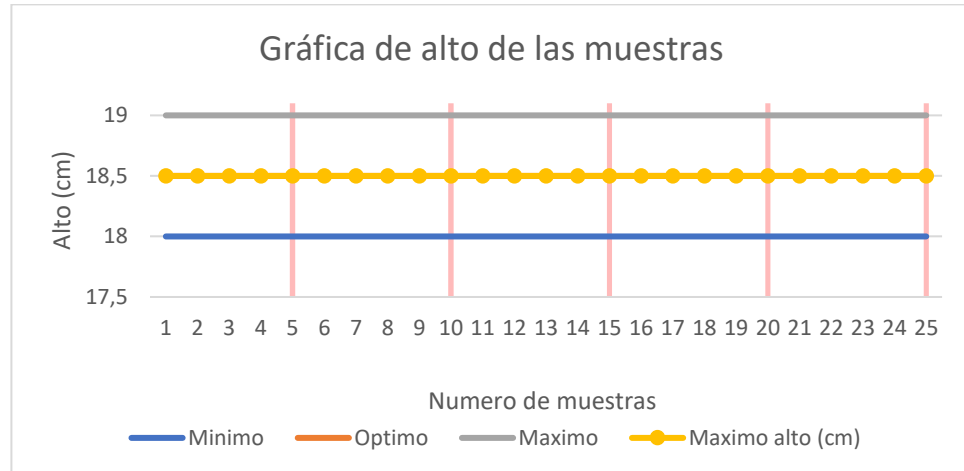
Según los datos recopilados, se ha observado que a partir de una presión de 9 kgf/cm<sup>2</sup>, la masa de los ladrillos a la salida del proceso de extrusión es menor en comparación con las presiones que se sitúan entre 10 y 13 kgf/cm<sup>2</sup>. De manera consecutiva, se aprecia un aumento en la masa a medida que se incrementa la presión en la extrusora. Esto sugiere que existe una menor cantidad de humedad en los ladrillos por ende son más pesados, ya que una mayor plasticidad indica una mayor concentración de humedad en la mezcla. Como resultado, el volumen de los ladrillos es igual al de los demás, independientemente de la presión, pero su peso es diferente y aumenta de manera consecutiva a medida que la plasticidad de la mezcla disminuye.

Este fenómeno implica una correlación inversa entre la presión aplicada y la masa de los ladrillos producidos. En otras palabras, a niveles de presión más bajos, se obtienen ladrillos más ligeros. Este comportamiento se puede explicar por la mayor presencia de humedad en los ladrillos más ligeros, lo que indica una mayor compactación del material durante el proceso de extrusión cuando se utilizan presiones altas en la máquina extrusora.

### 3.3.4.1.2 Alto

En base al registro de datos se obtuvo la siguiente gráfica:

**Fig. 3-4 Gráfica de alto de las muestras**



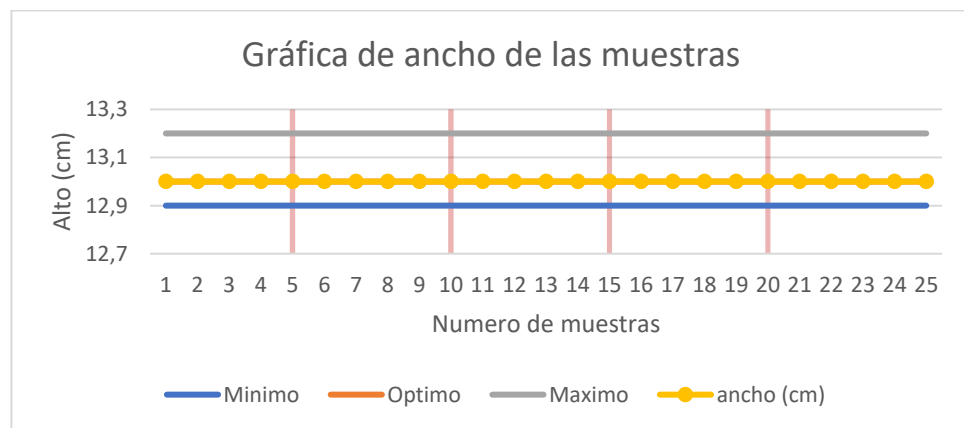
Fuente: Elaborado con datos tomados en la Cerámica Narvéez SRL.

La altura no varía y es relativa tanto a la presión como a la plasticidad de la mezcla, y solamente depende del tamaño del molde. Por lo tanto, no se observaron variaciones en las dimensiones después del proceso de extrusión.

### 3.3.4.1.3 Ancho

En base al registro de datos se obtuvo la siguiente gráfica:

**Fig. 3-5 Gráfica de ancho de las muestras**



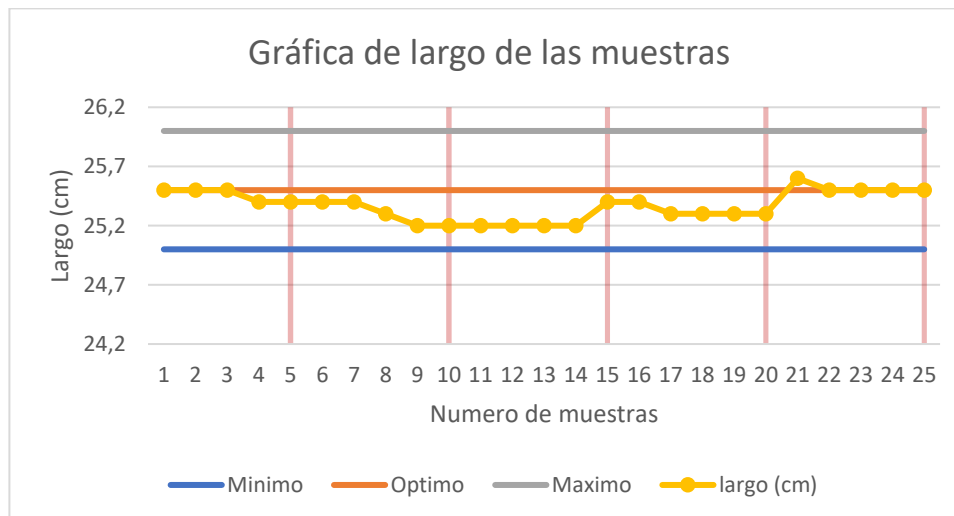
Fuente: Elaborado con datos tomados en la Cerámica Narvéez SRL.

El ancho no varía y es relativa tanto a la presión como a la plasticidad de la mezcla, y depende únicamente del tamaño del molde. Del mismo modo, no se observaron variaciones en el ancho de las dimensiones después del proceso de extrusión.

### 3.3.4.1.4 Largo

En base al registro de datos se obtuvo la siguiente gráfica:

**Fig. 3-6 Gráfica de largo de las muestras**



Fuente: Elaborado con datos tomados en la Cerámica Narvéez SRL.

Todas las muestras cumplen con los parámetros establecidos en cuanto a su longitud. Esta característica no solo se ve influenciada por un proceso previos al moldeo, sino también por un proceso de corte adecuado.

### 3.3.4.2 Secado

Los vagones son introducidos en la cámara de secado, donde se lleva a cabo el proceso de secado de 504 ladrillos distribuidos en siete peldaños, cada uno con 72 ladrillos, lo que facilita la organización del espacio.

La etapa de secado es crucial en todo el proceso, requiriendo un control meticuloso de las temperaturas. Por eso, en los secaderos se mantiene un rango de temperatura entre 50 °C y 65 °C, controlado por termostatos.

Además, se registra la hora de entrada y salida de la cámara de secado.

#### 3.3.4.2.1 Análisis del secado

En el cuadro se muestra el tiempo total incurrido para el tiempo requerido para alcanzar una humedad residual entre 4 a 7% en los ladrillos.

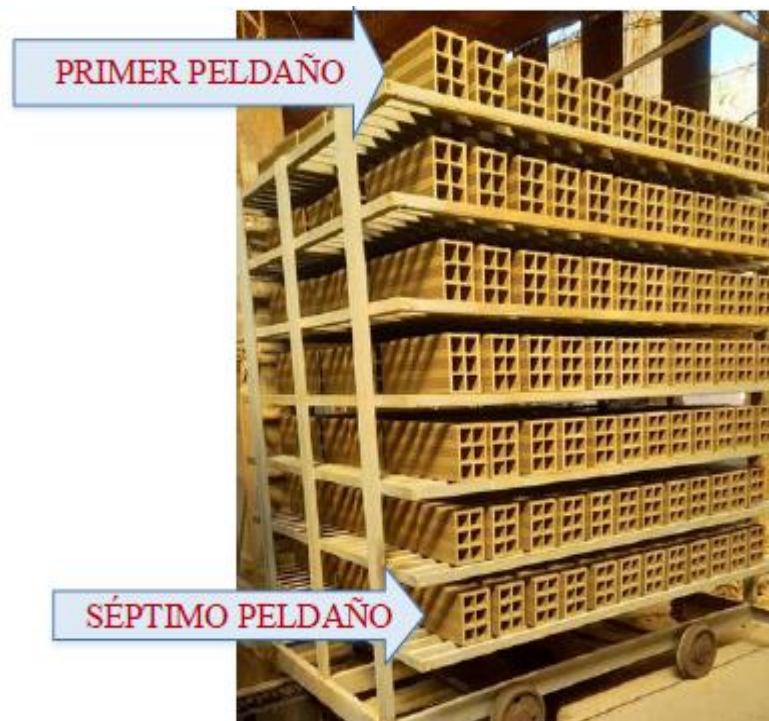
Se registro el tiempo desde inicio del momento del corte, hasta la salida de los ladrillos de la cámara de secado. Esta operación se realiza de manera consecutiva con todos los vagones durante la jornada laboral.

**Tabla III-6***Horas totales empleadas para el secado del ladrillo*

<b>Tiempo en la cámara de secado</b>				horas totales
fecha	hora de entrada	fecha	hora de salida	
14/09/2023	10:00 Am.	15/09/2023	8:00 Am	22 hrs.
<b>Tiempo en intemperie</b>				horas totales
fecha	hora inicial	fecha	hora final	
14/09/2023	8:00 Am.	14/09/2023	10:00 Am.	2 hrs.

Fuente: Elaborado con datos tomados en la Cerámica Narvéez Srl.

Este control meticuloso del tiempo en la cámara de secado y en la intemperie asegura que se cumplan los estándares de calidad requeridos, contribuyendo a la producción de ladrillos secos de manera uniforme y consistente.

**Fig. 3-7 Vagón con ladrillos**

Fuente: Imagen tomada en la Cerámica Narvéez SRL.

### 3.3.4.2.2 Productos no conformes actuales después del secado

En el cuadro se muestra la cantidad de productos no conformes después del proceso de secado, donde los ladrillos secos se clasifican como no conformes si presentan rajaduras o deformaciones que puedan afectar significativamente la calidad del ladrillo.

En base a los datos obtenidos durante la inspección se pudo evidenciar que en promedio existe 35 unidades de ladrillos no conformes por vagón

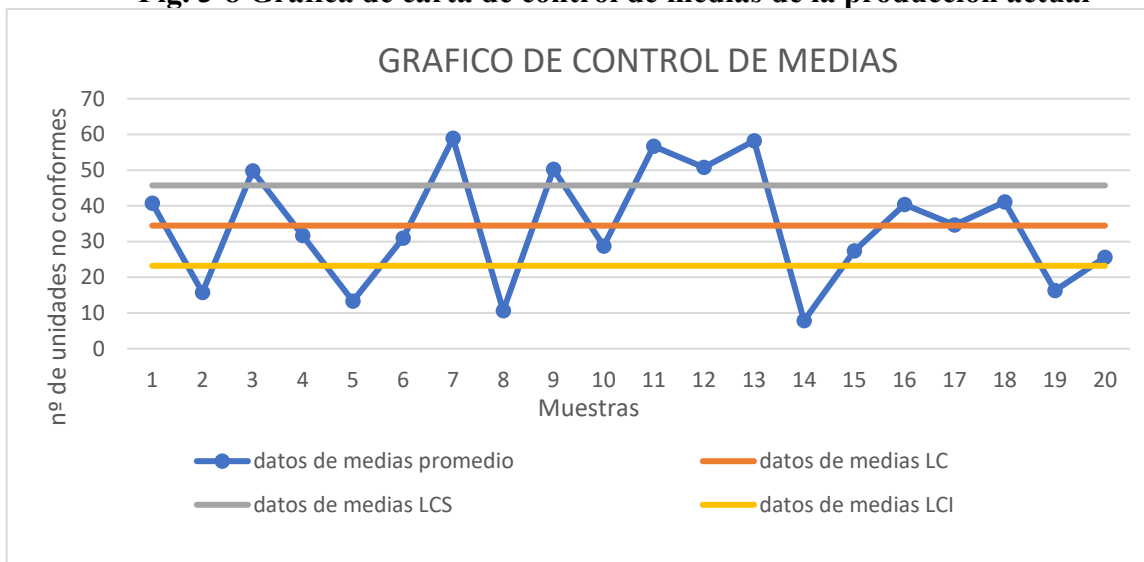
**Tabla III-7**

*No conformes en la producción actual*

DIA	DATO DE MEDIAS			DATO DE RANGOS		
	PROM./ VAGÓN	LC	LCS	LCI	R	LC R
día 1	41	35	46	23	79	63
día 2	16	35	46	23	78	63
día 3	50	35	46	23	94	63
día 4	32	35	46	23	57	63
día 5	13	35	46	23	18	63
día 6	31	35	46	23	70	63
día 7	59	35	46	23	66	63
día 8	11	35	46	23	36	63
día 9	50	35	46	23	59	63
día 10	29	35	46	23	56	63
día 11	57	35	46	23	82	63
día 12	51	35	46	23	80	63
día 13	58	35	46	23	80	63
día 14	8	35	46	23	19	63
día 15	27	35	46	23	73	63
día 16	40	35	46	23	66	63
día 17	35	35	46	23	36	63
día 18	41	35	46	23	82	63
día 19	16	35	46	23	39	63
día 20	26	35	46	23	80	63

Fuente: Elaborado con datos tomados en la Cerámica Narvárez SRL.

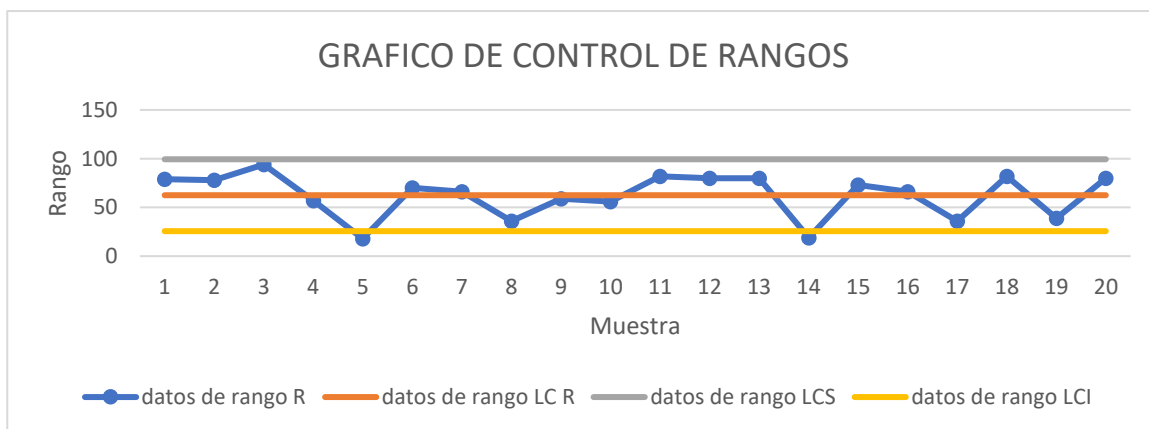
**Fig. 3-8 Grafica de carta de control de medias de la producción actual**



Fuente: Elaborado con datos tomados en la Cerámica Narváez SRL.

Se registró el número de no conformes en cada vagón durante un periodo de producción que incluyó 20 vagones con una frecuencia de 20 días, donde cada vagón está conformado por 504 ladrillos. Esta toma de datos se lleva a cabo de manera consecutiva de modo que a partir de la carta de control se puede observar un cambio brusco en los límites aceptables y que por lómenos la mitad de la muestra que incluyen las muestras 2,3,5,8,11,12,13 y 14 están fuera de control.

**Fig. 3-9 Grafica de carta de control de Rangos de la producción actual**



Fuente: Elaborado con datos tomados en la Cerámica Narváez SRL.

La carta de control de rangos permite evaluar la variabilidad de los no conformes de los ladrillos en función de los valores de rango. Los límites de control se utilizan para determinar si la variabilidad está dentro de los límites aceptables.



### 3.3.4.2.3 Análisis de la variación porcentual de los no conformes

La siguiente tabla es un resumen que muestra de manera porcentual del Anexo 2 del registro de ladrillos no conformes según la presión operativa de la extrusión. En la tabla se presenta el porcentaje de ladrillos no conformes en la producción actual de manera específica para cada presión, así como el porcentaje de no conformes en función del tipo de presión establecida por la máquina extrusora

**Tabla III-8**

*Variación de no conformes porcentual con relación a la producción*

Tipo	Porcentaje de no conforme
<b>Producción actual variable</b>	7,5%
presión 9 (kgf/ cm2)	4,0%
presión 10 (kgf/ cm2)	2,0%
presión 11 (kgf/ cm2)	2,3%
presión 12 (kgf/ cm2)	2,8%
presión 13 (kgf/ cm2)	5,2%

Fuente: Elaborado con datos tomados en la Cerámica Narváez SRL.

Los datos obtenidos representan el porcentaje de unidades crudas de ladrillos cerámicos que no cumplen con los estándares de calidad después del proceso de secado, categorizados por diferentes niveles de presión durante la producción. Aquí está una interpretación de estos datos:

Producción Actual (sin presión específica): El 7.5% de las unidades crudas de ladrillos cerámicos no cumplen con los estándares de calidad después del secado en condiciones normales de producción.

- Presión 9 (kgf/cm2): Bajo una presión de 9 kgf/cm2, el 4.0% de las unidades crudas de ladrillos cerámicos no son conformes. Esto sugiere que la calidad mejora en comparación con la producción actual sin presión específica.
- Presión 10 (kgf/cm2): Bajo una presión de 10 kgf/cm2, el porcentaje de unidades no conformes disminuye significativamente al 2.0%. Esto indica que aplicar una presión de 10 kgf/cm2 durante el proceso de secado tiene un impacto positivo en la calidad de los ladrillos cerámicos.
- Presión 11 (kgf/cm2): Bajo una presión de 11 kgf/cm2, el porcentaje de unidades no conformes aumenta ligeramente al 2.3%, pero aún se mantiene en un nivel relativamente bajo en comparación con la producción actual sin presión específica.

- Presión 12 (kgf/cm<sup>2</sup>): Bajo una presión de 12 kgf/cm<sup>2</sup>, el porcentaje de unidades no conformes aumenta aún más al 2.8%. Esto indica que, en este caso, aplicar una presión ligeramente más alta puede no ser tan beneficioso en términos de calidad como la presión de 10 kgf/cm<sup>2</sup>.
- Presión 13 (kgf/cm<sup>2</sup>): Bajo una presión de 13 kgf/cm<sup>2</sup>, el porcentaje de unidades no conformes aumenta significativamente al 5.2%. Esto sugiere que una presión más alta de 13 kgf/cm<sup>2</sup> durante el proceso de secado puede estar afectando negativamente la calidad de los ladrillos cerámicos.

Los datos indican que la aplicación de una presión de 10 kgf/cm<sup>2</sup> durante el proceso de secado parece ser la más efectiva en términos de reducir el porcentaje de unidades no conformes, con un 2.0% de unidades no conformes, en comparación con otras presiones

### 3.3.5 Dimensiones y pesos ladrillo seco

Es necesario analizar la situación actual del proceso por lo cual, se analizaron los dimensiones y pesos del ladrillo una vez que salen de los secaderos

**Tabla III-9**

*Datos de dimensiones y pesos*

Muestra	Peso después del secado (kg)	Dimensiones		
		Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)
Promedio	3,748	24,364	12,58	18,028
Máximo	3,890	24,700	12,600	18,100
Mínimo	3,625	24,100	12,500	17,900
Varianza	0,0047	0,0432	0,0017	0,0038
Desviación estándar	0,0688	0,2079	0,0408	0,0614

Fuente: Elaborado con datos tomados en la Cerámica Narváez SRL.

Estos valores indican que, en promedio, el peso de los ladrillos después del secado es de aproximadamente 3.748 kg, con un rango que va desde un mínimo de 3.625 kg hasta un máximo de 3.890 kg. La varianza y la desviación estándar son medidas de la dispersión de los datos. Una varianza baja y una desviación estándar pequeña sugieren que los pesos de los ladrillos están relativamente cerca del valor promedio

En cuanto a las dimensiones de los ladrillos, se observa que las dimensiones promedio son aproximadamente 24.364 cm de largo, 12.58 cm de ancho y 18.028 cm de alto.

### 3.3.6 Parámetros dimensiones y pesos ladrillo cocido

Cerámica Narváez tiene criterios predefinidos para los ladrillos cocidos, por lo tanto, se llevará a cabo un análisis para determinar si las muestras cumplen con estos criterios.

**Tabla III-10**

*Parámetros del producto terminado*

Parámetros en cocido			
Descripción	Mínimo	Optimo	Máximo
peso (Kg)	3,3		3,4
Alto (cm)	17,8	18	18,2
Largo (cm)	24	24	24,5
Ancho (cm)	12,3	12,5	12,6

Fuente: La Cerámica Narváez SRL.

#### 3.3.6.1 Peso. –

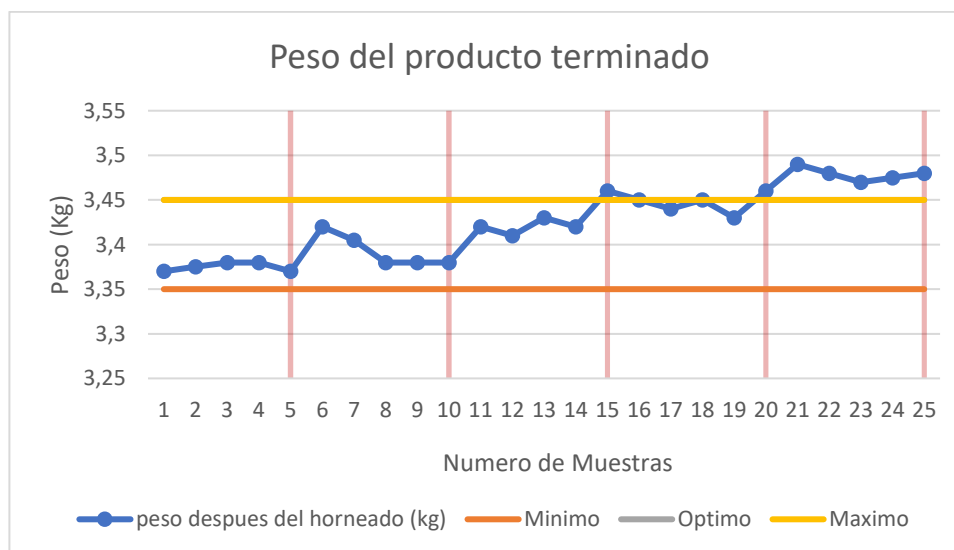
**Tabla III-11**

*Parámetros de peso del producto terminado*

Parámetros en cocido			
Descripción	Mínimo	Optimo	Máximo
Peso (Kg)	3,3	-	3,4

Fuente: La Cerámica Narváez SRL.

**Fig. 3-10 Grafica, carta de control de los pesos del producto terminado**



Fuente: Elaborado con datos tomados en la Cerámica Narváez SRL.

La gráfica muestra valores conservadores de las variaciones del peso de los ladrillos. A partir de la muestra 15, se puede notar que ya se están alejando de los límites establecidos por la empresa. Esto se hace evidente cuando la muestra se encuentra bajo una presión operativa de 12 kgF/cm<sup>2</sup>, y las muestras que están sometidas a una presión de 13 kgF/cm<sup>2</sup> están completamente fuera de control. Se puede concluir que estas últimas muestras presentan una mayor masa.

### 3.3.6.2 Alto

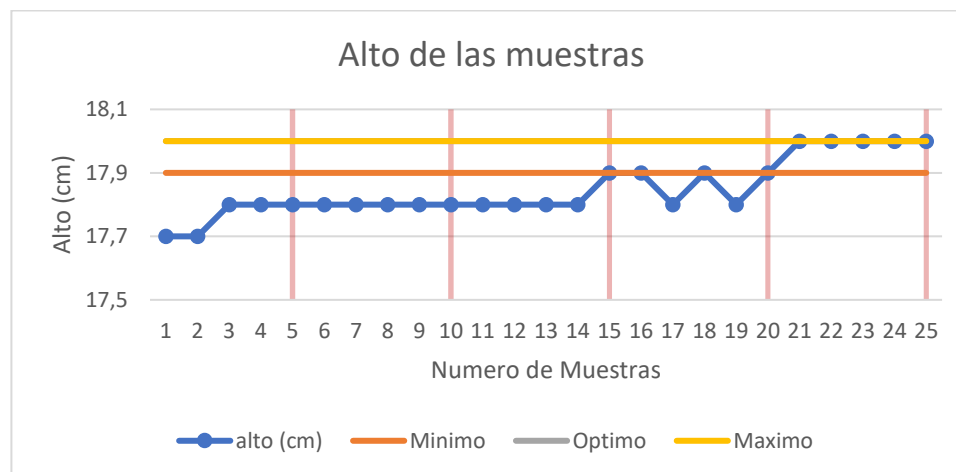
**Tabla III-12**

*Parámetros del alto del producto terminado*

Parámetros en cocido			
Descripción	Mínimo	Optimo	Máximo
Alto (cm)	17,8	18	18,2

Fuente: La Cerámica Narváez SRL.

**Fig. 3-11 Gráfica, carta de control del alto del producto terminado**



Fuente: Elaborado con datos tomados en la Cerámica Narváez SRL.

La gráfica revela que la altura de los ladrillos exhibe una variación significativa. A medida que las presiones disminuyen por debajo de los 12 kgf/cm<sup>2</sup>, la variabilidad tiende a situarse por debajo del límite establecido. Esto indica que la producción está operando fuera de los parámetros deseados en estos rangos de presión.

### 3.3.6.3 Ancho

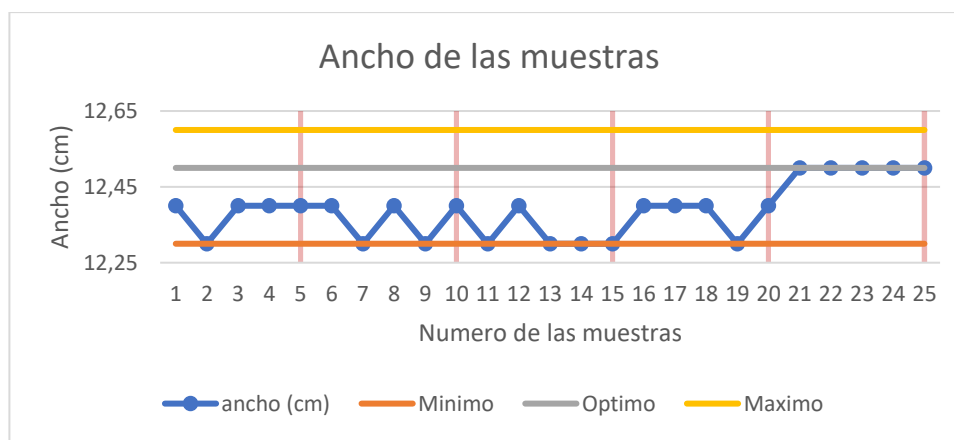
**Tabla III-13**

*Parámetros del alto del producto terminado*

Parámetros en cocido			
Descripción	Mínimo	Optimo	Máximo
Ancho (cm)	12,3	12,5	12,6

Fuente: La Cerámica Narváez SRL.

**Fig. 3-12 Gráfica, carta de control del ancho del producto terminado**



Fuente: Elaborado con datos tomados en la Cerámica Narváez SRL.

Ampliando la explicación: La gráfica indica una tendencia en la que el ancho de los ladrillos generalmente se encuentra por debajo del límite establecido. No obstante, es importante destacar que también se observan muestras que superan este límite. Esto sugiere que la dimensión del ancho de los ladrillos está al borde de salirse de control o de exceder los parámetros permisibles y aceptables para su comercialización. Además, a partir de una presión de 13 kgf/cm<sup>2</sup>, las unidades correspondientes muestran estar en el límite central, lo que significa que su ancho se encuentra en un punto crítico en términos de cumplir con las especificaciones establecidas dentro de la fábrica.

### 3.3.6.4 Largo

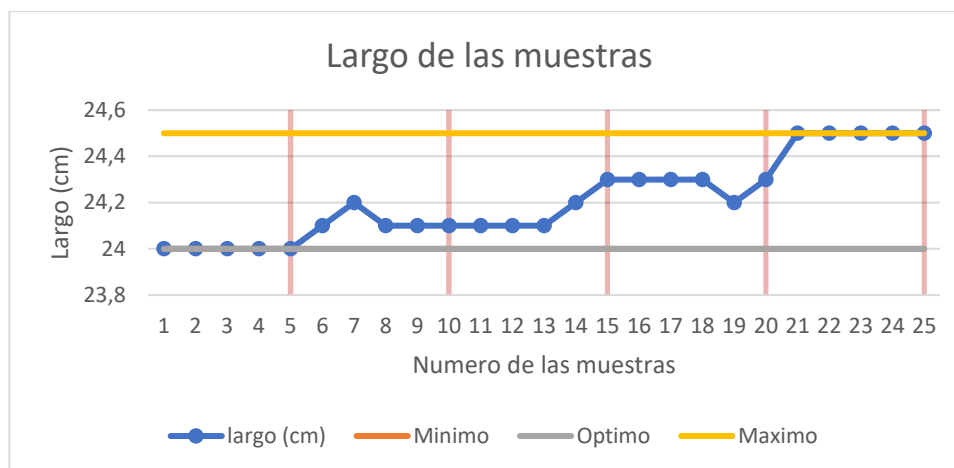
**Tabla III-14**

*Parámetros del largo del producto terminado*

Parámetros en cocido			
Descripción	Mínimo	Optimo	Máximo
Largo (cm)	24	24	24,5

Fuente: La Cerámica Narváez SRL.

**Fig. 3-13 Gráfica, carta de control del largo del producto terminado**



Fuente: Elaborado con datos tomados en la Cerámica Narvéez SRL.

La gráfica muestra dos extremos notables: en el primero, las muestras sometidas a 9 kgf/cm<sup>2</sup> superan los límites inferiores. Esto indica una fuerte relación con el nivel de humedad, que afecta directamente las dimensiones de los ladrillos terminados. Por otro lado, en el extremo opuesto, se observa una situación similar, pero esta vez con los límites superiores, específicamente para la presión de 13 kgf/cm<sup>2</sup>.

Es importante destacar que las muestras que tienen presiones de 10, 11 y 12 kgf/cm<sup>2</sup> parecen encontrarse en una condición aceptable o bajo control. En estas muestras, las dimensiones del largo no muestran una variabilidad significativa y se mantienen dentro del rango de los límites establecidos en la fábrica.

### 3.3.7 No conformes después del horneado

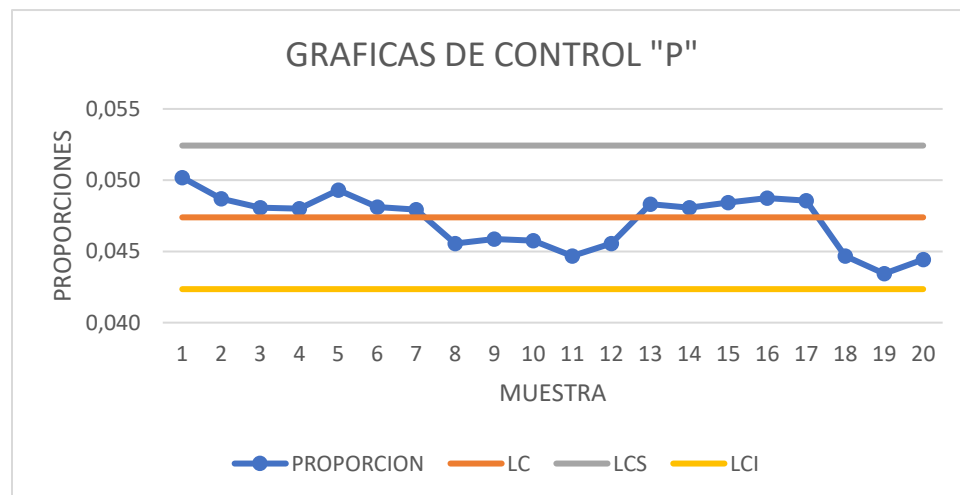
La Cerámica Narvéez está actualmente procesando 16,000 unidades de ladrillos en la cámara de horneado. Esto equivale a la producción de 16 vagones llenos de productos listos para ser horneados. Sin embargo, cada vagón contiene una cierta cantidad de ladrillos defectuosos que muestran rajaduras o se rompen directamente durante el proceso de enfriamiento o durante la cocción. La siguiente tabla muestra la suma de los ladrillos defectuosos durante la jornada laboral por día, donde en promedio existe 754 ladrillos no conformes por día de producción.

**Tabla III-15**

*No conformes de producto terminado después del horneado.*

DIA	TAMAÑO DE LOTE	PROMEDIO DE DEFECTUOSOS	SUMA DE DEFECTUOSOS
dia 1	16000	50	803
dia 2	16000	49	779
dia 3	16000	48	769
dia 4	16000	47	768
dia 5	16000	49	789
dia 6	16000	48	770
dia 7	16000	48	767
dia 8	16000	46	729
dia 9	16000	46	734
dia 10	16000	46	732
dia 11	16000	45	715
dia 12	16000	46	729
dia 13	16000	48	773
dia 14	16000	48	769
dia 15	16000	48	775
dia 16	16000	49	780
dia 17	16000	49	777
dia 18	16000	45	715
dia 19	16000	43	695
dia 20	16000	44	711

Fuente: Elaborado con datos tomados en la Cerámica Narváez SRL.

**Fig. 3-14 Gráfica, carta de control "p" para las proporciones de defectuosos**

Fuente: Elaborado con datos tomados en la Cerámica Narváez SRL.

De acuerdo con la carta de control "p", es evidente que hay un rendimiento deficiente tanto por encima como por debajo del límite central. Esto se debe a que los puntos consecutivos en el gráfico indican un rendimiento inestable y deficiente a lo largo del tiempo. Lo que es originado por causas dentro de los procesos de producción.

### 3.3.8 Parámetros de resistencia mecánica del ladrillo cerámico 6 hueco

Para el desarrollo de presente proyecto, se analizó cual es la resistencia de los ladrillos de la Cerámica Narvéez en ensayos realizados en el laboratorio de hormigón en los laboratorios de la UAJMS., obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla III-16**

*Resultados de los ensayos de resistencia de ladrillo cerámico 6 huecos*

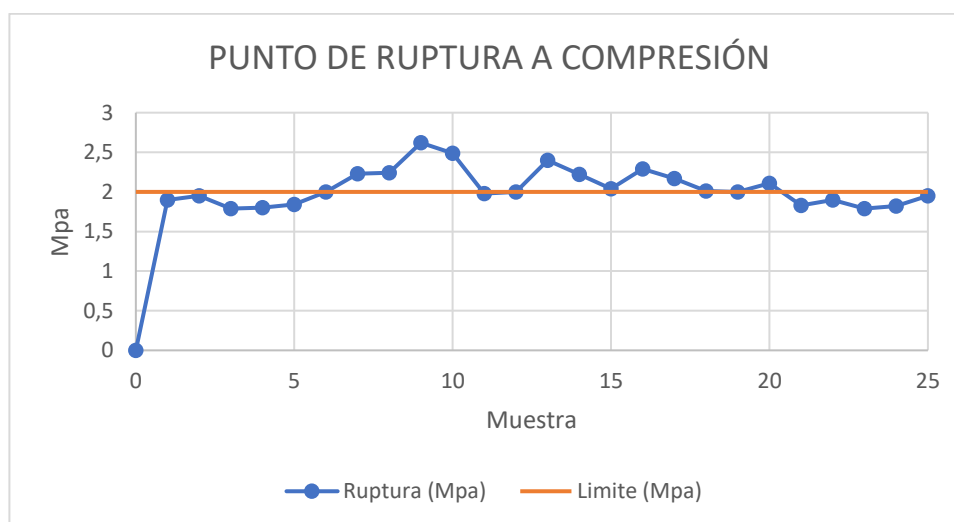
<b>DATOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO - LADRILLO CERÁMICO 6 HUECOS</b>								
Datos del ladrillo cerámico 6 huecos			Resultados de resistencia a compresión del ladrillo cerámico 6 huecos					
n°	Muestra	Presión (kgF/ cm2)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Peso (kg)	KN/ mm2	MPAS
1	1	9	24,00	12,40	17,70	3,37	19,00	1,90
2	2	9	24,00	12,30	17,70	3,38	19,50	1,95
3	3	9	24,00	12,40	17,80	3,38	17,90	1,79
4	4	9	24,00	12,40	17,80	3,38	18,00	1,80
5	5	9	24,00	12,40	17,80	3,37	18,40	1,84
6	1	10	24,10	12,40	17,80	3,42	20,00	2,00
7	2	10	24,20	12,30	17,80	3,41	22,30	2,23
8	3	10	24,10	12,40	17,80	3,38	22,40	2,24
9	4	10	24,10	12,30	17,80	3,38	26,20	2,62
10	5	10	24,10	12,40	17,80	3,38	24,90	2,49
11	1	11	24,10	12,30	17,80	3,42	19,80	1,98
12	2	11	24,10	12,40	17,80	3,41	20,00	2,00
13	3	11	24,10	12,30	17,80	3,43	24,00	2,40
14	4	11	24,20	12,30	17,80	3,42	22,20	2,22
15	5	11	24,30	12,30	17,90	3,46	20,40	2,04
16	1	12	24,30	12,40	17,90	3,45	22,90	2,29
17	2	12	24,30	12,40	17,80	3,44	21,70	2,17
18	3	12	24,30	12,40	17,90	3,45	20,10	2,01
19	4	12	24,20	12,30	17,80	3,43	20,00	2,00
20	5	12	24,30	12,40	17,90	3,46	21,10	2,11
21	1	13	24,50	12,50	18,00	3,49	18,30	1,83
22	2	13	24,50	12,50	18,00	3,48	19,00	1,90
23	3	13	24,50	12,50	18,00	3,47	17,90	1,79
24	4	13	24,50	12,50	18,00	3,48	18,20	1,82
25	5	13	24,50	12,50	18,00	3,48	19,50	1,95

Fuente: Elaborado con datos tomados en la Cerámica Narvéez SRL.



Para determinar en qué presiones se cumple con la norma boliviana 1211001, que establece un mínimo de 2 MPa de resistencia para los ladrillos cerámicos, podemos examinar los resultados de resistencia a compresión proporcionados en la tabla

**Fig. 3-15 Gráfica, punto de ruptura a compresión del ensayo**



Fuente: Elaborado con datos tomados en base al ensayo

De acuerdo con la norma boliviana 1211001, que establece un mínimo de 2 MPa de resistencia, se puede observar que este requisito se cumple en todas las muestras para las presiones de 10,11 y 12 kgF/cm<sup>2</sup>. En estas condiciones de producción, todos los ladrillos cerámicos tienen una resistencia a compresión superior a 2 MPa.

Sin embargo, para las presiones de 9 y 13 kgF/cm<sup>2</sup>, de las muestras no cumplen con el requisito mínimo de 2 MPa.

### 3.3.9 Absorción de humedad

La absorción es un indicador importante que nos ayuda a determinar si una pieza es demasiado porosa, lo cual podría afectar su durabilidad en aplicaciones de construcción. Según las normativas de Inborca, el parámetro adecuado para la absorción de ladrillos se encuentra en el rango del 8% al 15%. Si una pieza presenta una absorción por encima o por debajo de este rango, podría ser considerada menos adecuada para su uso en construcción debido a su nivel de porosidad. Mantenerse dentro de estos parámetros es fundamental para garantizar la resistencia y durabilidad de los ladrillos en diversas condiciones climáticas y ambientales.

**Tabla III-17**

*Porcentaje de absorción de humedad del producto terminado.*

Peso cocido (Kg)	Peso húmedo (kg)	Absorción (%)
3,380	3,750	9,9%
3,420	3,920	12,8%
3,410	3,800	10,3%
3,430	3,850	10,9%
3,420	3,950	13,4%

Fuente: Elaborado con datos tomados en la Cerámica Narvéez SRL.

De acuerdo con el análisis de los resultados, se observan que los ladrillos presentan una buena absorción de agua. Esto significa que se encuentran dentro del rango adecuado de absorción

### **3.4 Conclusión del capítulo**

Basándome en toda la información recolectada, aquí hay algunas conclusiones clave:

- Variabilidad en el proceso de producción: A lo largo del análisis, se observó que existen variaciones en diferentes aspectos del proceso de producción, como el contenido de humedad, la presión de extrusión, el peso, las dimensiones y la resistencia a la compresión de los ladrillos. Estas variaciones pueden ser atribuidas a factores del proceso lo que con lleva a una producción de productos de 2da y 3ra calidad dentro de la fábrica, y es crucial identificar y abordar las causas subyacentes para mejorar la consistencia y la calidad del producto final.
- Necesidad de ajustes y mejoras: Los datos proporcionados revelan áreas donde se pueden realizar ajustes y mejoras en el proceso de producción. Por ejemplo, se observa que ciertas presiones de extrusión y niveles de humedad están asociadas con una mayor variabilidad en la calidad de los ladrillos. Y los riesgos que conllevan al desperdicio de materiales en el proceso productivo. Realizar ajustes en estos parámetros puede ayudar a mejorar el rendimiento y la consistencia del proceso.

- Cumplimiento de estándares de calidad: Se evidencia que, en general, los ladrillos producidos cumplen con los estándares de calidad establecidos por las normativas y especificaciones relevantes. Sin embargo, existen áreas donde se observan desviaciones y mejoras potenciales, como en la resistencia a la compresión y la homogeneidad del producto final en su plena producción.
  
- Importancia de la monitorización continua: Es crucial que la fábrica Cerámica Narváez SRL. continúe monitoreando y evaluando de cerca su proceso de producción para garantizar la consistencia y la calidad del producto final. Esto incluye la implementación de sistemas de control de calidad efectivos, la realización de análisis e identificación de áreas de mejora continua.

**CAPÍTULO 4**  
**DESARROLLO DE LA**  
**PROPUESTA**

## 4 DESARROLLO DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD

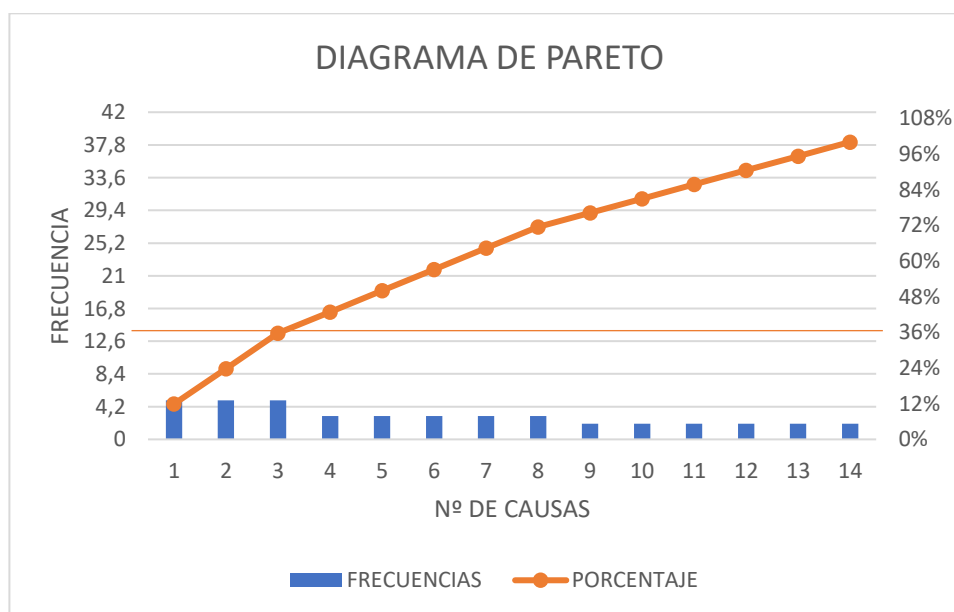
### 4.1 Fundamentos del sistema de calidad

#### 4.1.1 Diagrama de Pareto

En la tabla, las causas enumeradas como 1, 2 y 3 (AUSENCIA DE MONITOREO EN EL SISTEMA HIDRÁULICO, LADRILLO EXTRUIDO CON UNA INADECUADA HUMEDAD y VARIACIÓN DE LA PRESIÓN EN LA MÁQUINA EXTRUSORA) se destacan por su importancia, ya que en conjunto representan el 36% de los problemas. Estas tres causas, aunque constituyen solo una fracción de la lista, son responsables del 68% de los efectos de los problemas en el proceso productivo. Esto enfatiza la necesidad de asignar recursos y atención prioritaria a la resolución de estos problemas con el objetivo de mejorar la calidad de los ladrillos a la vez de homogenizar y estandarizar el producto.

El análisis del proceso productivo incluyó la elaboración de un diagrama de Pareto, el cual permitió identificar tanto las causas subyacentes de los problemas como sus efectos. Gracias a esta identificación, se establecen los puntos de control necesarios para abordar eficazmente las áreas críticas del proceso y mejorar la calidad general de la producción de ladrillos.

**Fig. 4-1 Diagrama de Pareto de las causas del problema**



*Nota. Análisis de las causas del problema. Fuente: elaboración propia.*

Se detalla las causas analizadas y valoradas en el diagrama de Pareto.

1. La falta de supervisión del sistema hidráulico puede provocar problemas graves al no identificar a tiempo posibles fallos.
2. El exceso de humedad en los ladrillos compromete su integridad y calidad.
3. La inconsistencia en el funcionamiento de la maquinaria de producción puede resultar en ladrillos defectuosos.
4. La dosificación incorrecta de agua en la mezcla puede afectar la formación adecuada de los ladrillos.
5. La falta de uniformidad en la contracción de los ladrillos secos los hace propensos a romperse durante el horneado.
6. La variabilidad de humedad en la mezcla conduce a ladrillos con características diferentes entre sí.
7. La ausencia de revisión de la mezcla de los ladrillos compromete su calidad final.
8. La escasez de personal capacitado afecta la producción adecuada de ladrillos.
9. Las fluctuaciones en la humedad en las unidades de ladrillos durante el secado pueden resultar en un secado inadecuado de los ladrillos.
10. La falta de revisión exhaustiva del proceso de secado puede influir en la calidad final de los ladrillos.
11. El reaprovechamiento de ladrillos defectuosos en lugar de desecharlos impacta negativamente en la calidad del producto.
12. La falta de medición precisa de la humedad en los materiales puede afectar la calidad de los ladrillos.
13. La sobre dependencia en la experiencia en lugar de utilizar métodos más precisos compromete la calidad y consistencia de los ladrillos.

## **4.2 Objetivo general del sistema de control de calidad**

Implementar un sistema de control de calidad en el proceso de fabricación de ladrillos cerámicos 6 huecos en la fábrica Cerámica Narváez SRL. Este sistema garantizará la uniformidad como de sus parámetros físicos y geométricos, estableciendo los controles específicos desde la recepción de materias primas hasta la distribución de productos terminados. Las metas de calidad serán alcanzables mediante prácticas efectivas de control, considerando los recursos disponibles, las capacidades técnicas de la empresa y estarán alineados con las expectativas y requisitos de los clientes, contribuyendo a la fidelización del cliente y fortaleciendo la reputación positiva de la empresa en el mercado cerámico Tarijeño.

## **4.3 Estructura del sistema de calidad**

### **4.3.1 Política de calidad**

A continuación, se presentan la política de la calidad planteada para la fábrica cerámica Narváez SRL.

*“En Cerámica Narváez S.R.L., reconocemos la importancia fundamental de ofrecer productos cerámicos de la más alta calidad a nuestros clientes. Nuestra Política de Calidad está diseñada para reflejar nuestro compromiso inquebrantable con la excelencia, la satisfacción del cliente y la mejora continua en todos los aspectos de nuestras operaciones.”*

Por otro lado, se consideran las siguientes acciones para dar cumplimiento a la Política y a la Política de la Calidad que se presentan a continuación:

1. Cumplimiento de especificaciones: Nos comprometemos a cumplir con todas las especificaciones y requisitos acordados con nuestros clientes, asegurando la conformidad de nuestros productos cerámicos con los estándares establecidos.
2. Liderazgo en calidad: Buscamos ser líderes en calidad en el mercado de cerámica, destacándonos por la excelencia en nuestros productos y procesos de fabricación.
3. Integración de calidad en todas las actividades: Consideramos la calidad como un aspecto integral de todas nuestras actividades, desde el diseño y la producción hasta la entrega del producto final. No permitimos la parcialización o delegación de responsabilidades en cuanto a la calidad.

4. Enfoque dinámico y evolutivo: Practicamos el control de calidad como un proceso dinámico y en constante evolución. Buscamos la mejora continua mediante la retroalimentación constante y la adaptación a los avances tecnológicos y las mejores prácticas de la industria cerámica.
5. Compromiso de todas las partes interesadas: Comprometemos a todo el personal de la empresa, así como a nuestros proveedores y socios comerciales, a mantener elevados estándares de calidad en los servicios y productos relacionados con la cerámica.
6. Capacitación y desarrollo del personal: Mantenemos programas de capacitación y perfeccionamiento para todos los empleados involucrados en la producción y control de calidad de la cerámica. Esto se realiza de manera coordinada con las partes interesadas para garantizar la competencia del personal y la mejora continua de nuestras prácticas.

#### 4.3.2 Determinación de los parámetros y requisitos

**Tabla IV-1**

*Parámetros de puntos de control*

n°	Ubicación	Descripción	Valor optimo	Valor mínimo	Valor máximo
0	Área de almacenamiento de materia prima	Inspección de la materia prima	-	-	-
1	Salida del misturado	Humedad de la mezcla	19%	18%	20%
2	Extrusora	Presión de extrusión	11kgf/cm <sup>2</sup>	10 kgf/cm <sup>2</sup>	12kgf/cm <sup>2</sup>
3	Salida de extrusora	Humedad de moldeo	16%	15%	18%
4	Salida de extrusora	Peso ladrillo extruido	4,3 kg	4,2 kg	4,4 kg.
		Ancho ladrillo extruido	13 cm.	12,9 cm.	13,2 cm.
		Alto ladrillo extruido	18,5 cm.	18 cm.	19 cm.
		Largo ladrillo extruido	25,5 cm.	25 cm.	26 cm.
Control de porcentaje de no conformes (moldeo)			90%	80%	100%



5	Entrada de cámaras de secado	Temperaturas	-	50°C	65°C
6	Salida de cámaras de secado	Peso ladrillo seco	3,748 kg	3,625 kg.	3,890 kg.
		Ancho ladrillo seco	12,5 kg.	12,5 kg.	12,6 kg
		Alto ladrillo seco	18 kg.	17,9 kg.	18,1 kg.
		Largo ladrillo seco	24,4 kg.	24,1 kg.	24,7 kg.
Control de porcentaje de no conformes (secado)			100%	-	-
7	Salida de horno	Peso ladrillo cocido	-	3.3 kg.	3.4 kg.
		Ancho ladrillo cocido	12,3 cm.	12.5 cm.	12.6 cm.
		Alto ladrillo cocido	18 cm.	17.8 cm.	18.2 cm.
		Largo ladrillo cocido	-	24 kg.	24.5 kg.
8	Salida de horno	Resistencia de producto terminado	2 MPas.	-	-
		Absorción de humedad del producto terminado	-	8%	15%
Control de porcentaje de no conformes (producto terminado)			90%	80%	100%

Fuente: Elaborado en base a los resultados del diagnóstico.

Es importante destacar que los parámetros de la tabla se basan en los criterios definidos por Cerámica Narvéez SRL, sin embargo, algunos puntos importantes, como la resistencia del producto terminado y ciertos parámetros de control y muestreo, están elaborados considerando la referencia a normas específicas, como la NB 1211001:2013 y NB/ISO 2859-10:2009.

#### **4.4 Normativas y certificaciones aplicables de calidad relevantes para la industria cerámica**

En el caso de la línea de productos cerámicos no metálicos, la fábrica Narváez SRL. debe cumplir con las normativas vigentes en sector para las buenas prácticas de calidad, sistemas de control y gestión de la calidad:

- NB 1211001:2013. - Ladrillos cerámicos - Ladrillos huecos - Clasificación y requisitos (Quinta revisión)
- NB 1211002:2013. - Ladrillos cerámicos - Métodos de ensayo (Cuarta revisión)
- NB/ISO 2859-10:2009. - Procedimientos de muestreo para inspección por atributos - Parte 10: Introducción a la serie de normas NB/ISO 2859 sobre el muestreo para inspección por atributos (Correspondiente a la norma de la ISO 2859-10:2006)

#### **4.5 Procesos documentados para producción, inspección y control de calidad**

##### **4.5.1 Proceso productivo**

##### **4.5.1.1 Materia prima**

##### **4.5.1.1.1 Recepción de la materia prima**

La materia prima se obtiene de yacimientos propios y se recibe por la mañana. La mezcla y molienda de terrones de tierra es esencial en el proceso, y la humedad de la materia prima puede afectar la calidad.

Un operario con experiencia supervisa este proceso. La producción comienza con la mezcla de materias primas, principalmente de arcilla con arena, junto con la adición de agua. Esta fase el operario se desempeña su rol con maquinaria pesada y a la vez controla el sistema hidráulico, en la primera etapa de mezclado. Estos aspectos son cruciales en el proceso productivo y pueden ser objeto de estudio para mejorar la eficiencia y calidad de los productos cerámicos.

#### **4.5.1.2 Porcentaje de humedad**

El porcentaje de agua utilizado en la máquina extrusora oscila entre el 18% y el 20%. Sin embargo, debido a la alta temperatura a la que los ladrillos salen del extrusor, experimentan una pérdida de humedad, lo que los lleva a tener un contenido de humedad del 18% al 15% al entrar al secadero.

Se destaca la importancia de analizar y controlar la humedad en el proceso de producción donde la humedad influye en las dimensiones de los ladrillos, ya que ladrillos con menor humedad al entrar a la etapa de secado tienden a contraerse menos que otros.

Se observa que a partir de una presión de 9 kgf/cm<sup>2</sup>, la masa de los ladrillos a la salida del proceso de extrusión es menor en comparación con las presiones que se sitúan entre 10 y 13 kgf/cm<sup>2</sup>. Esto indica que existe una menor cantidad de humedad en los ladrillos más pesados, ya que una mayor plasticidad indica una mayor concentración de humedad en la mezcla. Como resultado, el volumen de los ladrillos se mantiene constante, independientemente de la presión, pero su peso aumenta de manera consecutiva a medida que la plasticidad de la mezcla disminuye.

#### **4.5.1.3 Moldeado**

La calidad del proceso de moldeado depende en gran medida de la máquina extrusora, la cual está equipada con un medidor de presión utilizado para monitorizar la presión de vacío aplicada a la mezcla que se está procesando en ese momento.

Se resalta que existe una relación inversa entre el porcentaje de humedad y la presión de extrusión. A medida que aumenta la humedad, la presión de extrusión tiende a disminuir, y viceversa. Al analizar la variación de la presión en función de la humedad al final del proceso de extrusión, se evidencia una fluctuación significativa en los niveles de humedad en las muestras.

Los parámetros de presión están configurados en un rango operativo que va desde 9 kgf/cm<sup>2</sup> hasta 13 kgf/cm<sup>2</sup>. En condiciones operativas típicas, es crucial tener en cuenta que existe una relación inversa entre el porcentaje de humedad y la presión de extrusión.

Se ha observado que dentro del rango de 10 kgf/cm<sup>2</sup> a 12 kgf/cm<sup>2</sup> se reduce la variabilidad en el proceso de moldeo, lo que a su vez disminuye la variabilidad en el contenido de humedad en el producto final después de la extrusión.

#### **4.5.1.4 Dimensiones**

Se resalta que las muestras con presiones de 10, 11 y 12 kgf/cm<sup>2</sup> parecen estar en una condición aceptable o bajo control. En estas muestras, las dimensiones del largo, alto y ancho no muestran una variabilidad significativa y se mantienen dentro de los límites establecidos en la fábrica. Esto sugiere que estas presiones de extrusión están produciendo ladrillos consistentes y dentro de las especificaciones deseadas.

la importancia de verificar que las dimensiones y pesos de los ladrillos, tanto en su estado extruido como cocido, estén dentro de ciertos parámetros. Esto es esencial para asegurar que el producto final cumple con las expectativas del cliente y para detectar posibles problemas, como un exceso de humedad, dificultades con la materia prima o problemas en el proceso de secado.

#### **4.5.1.5 Secado**

En la etapa de secado interviene la humedad de moldeo como se menciona anteriormente y su importancia radica en que es sensible a la cantidad de humedad presente en los ladrillos tras la etapa de moldeo. Para asegurar que los ladrillos resultantes sean de alta calidad y mantengan uniformidad, es necesario mantener un control preciso de las temperaturas de la cámara de secado. Estas temperaturas deben mantenerse dentro de un rango específico, que varía entre los 50 °C y los 65 °C

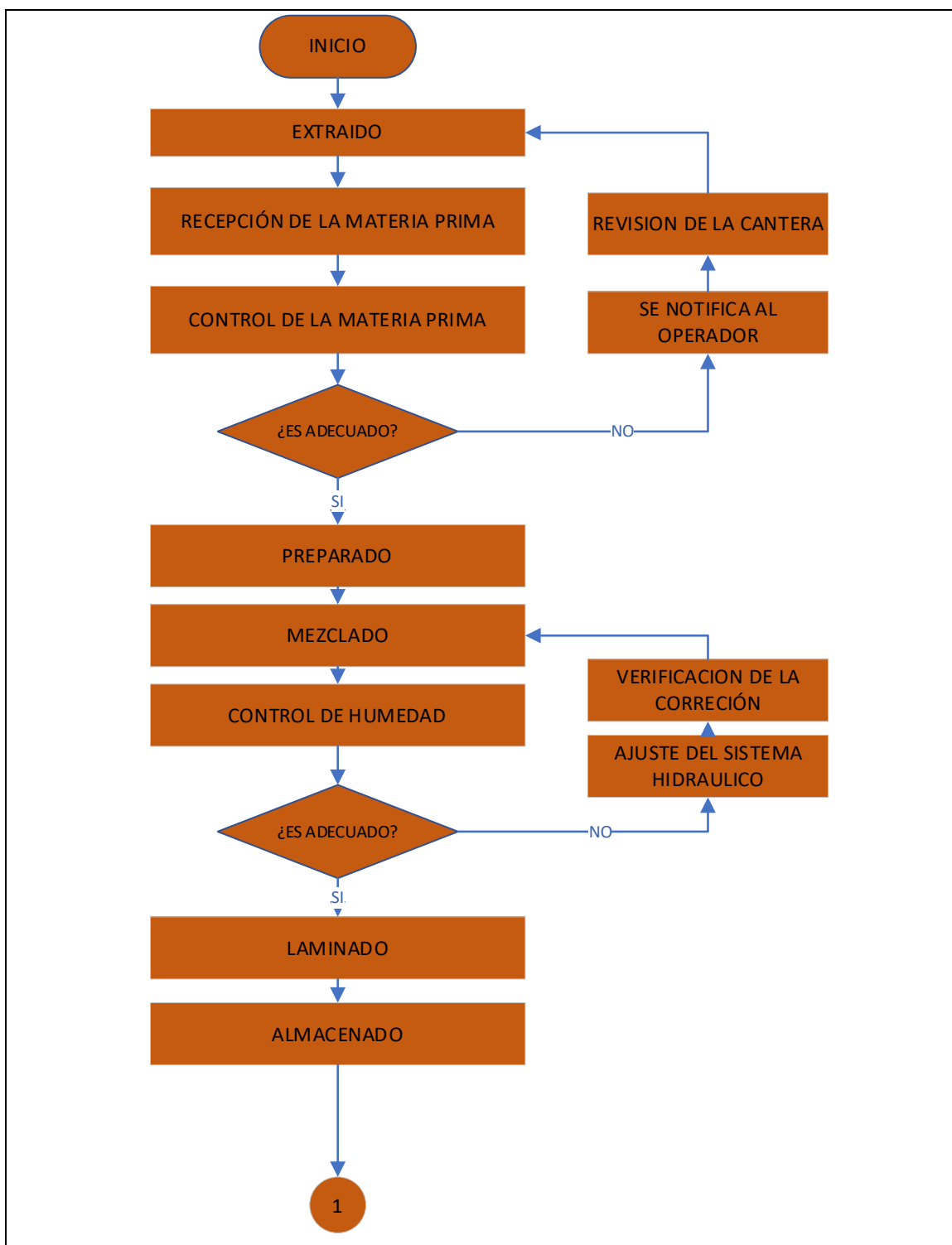
Se resalta que, debido a las variaciones en el porcentaje de humedad de los ladrillos, los vagones presentan ladrillos con diferentes niveles de humedad. Esta variación conduce a un número significativo de ladrillos no conformes.

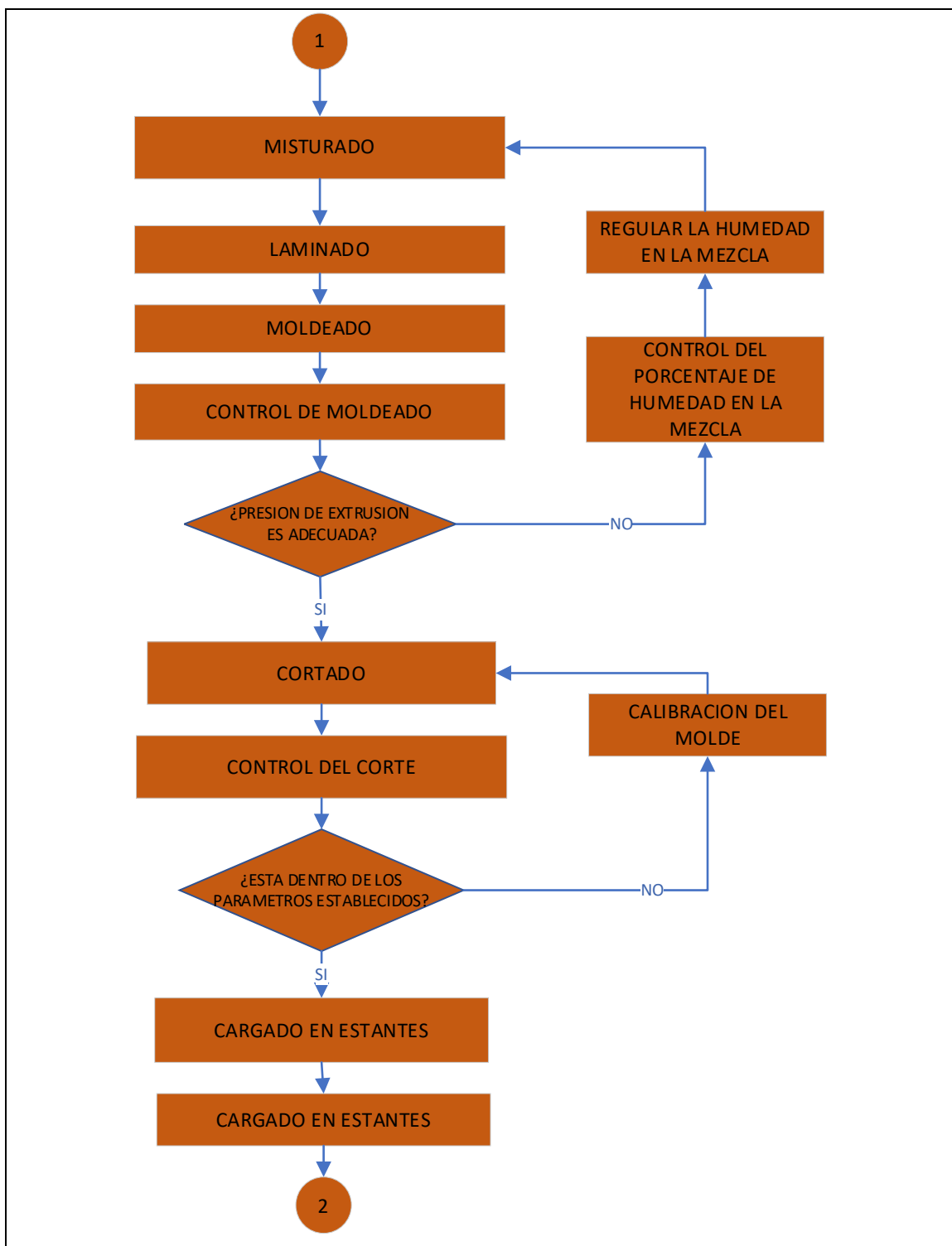
#### **4.5.1.6 Cocido**

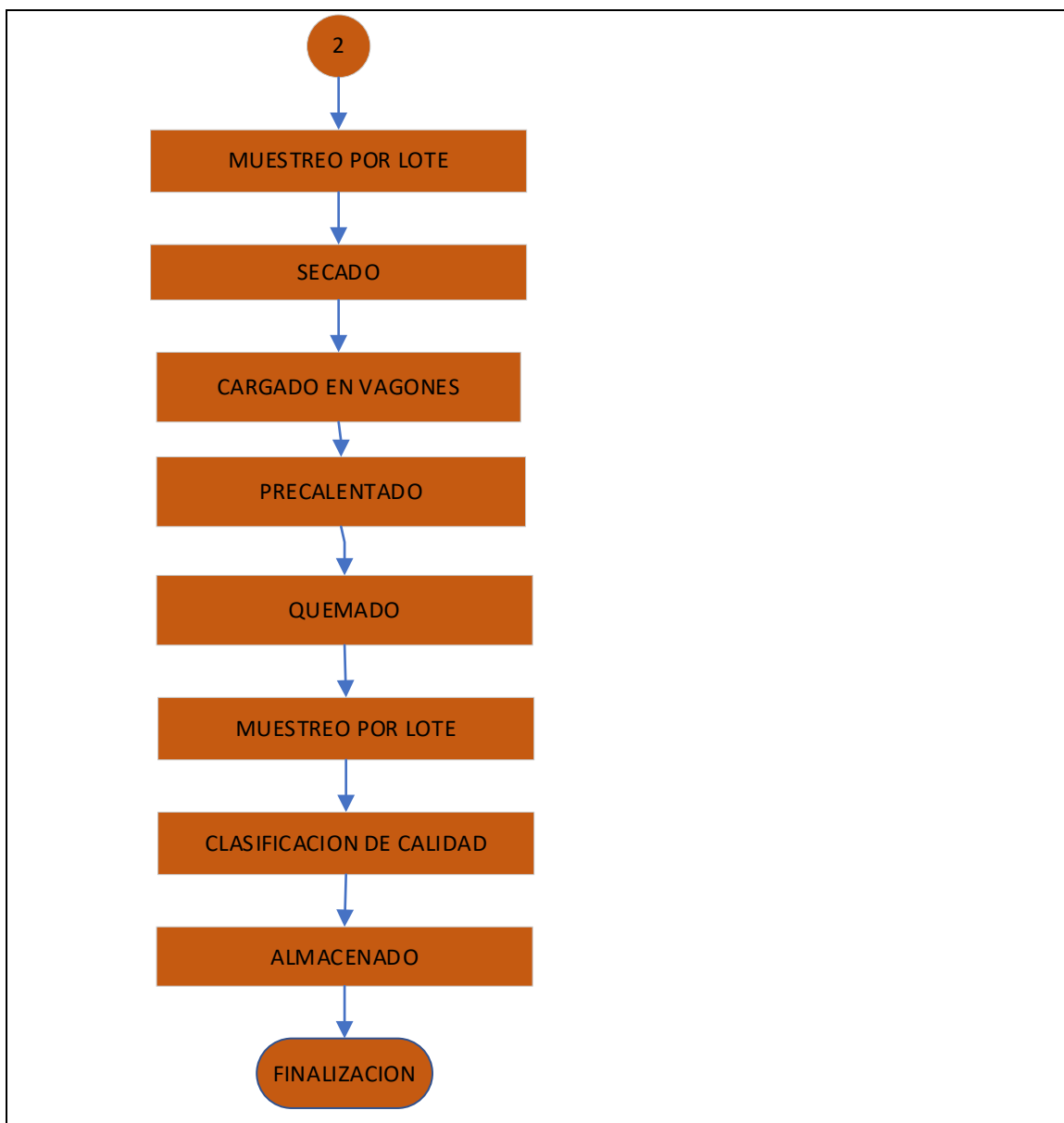
La etapa de cocido en la producción de ladrillos es crítica, ya que en este punto se ponen a prueba todas las variables mencionadas anteriormente. Es el momento decisivo en el que se determina si todo el proceso productivo se llevó a cabo de manera correcta. Cada variable, desde la humedad de moldeo, la presión de extrusión, las temperaturas de secado, hasta el control del tiempo de entrada y salida en el horno, tiene un impacto directo en el resultado final.

#### 4.5.2 Diagrama de flujo propuesto

Fig. 4-2 Diagrama de flujo propuesto







Nota. Actividades propuestas conforme al análisis realizado

Fuente: Elaboración propia.

### **4.5.3 Puntos de control**

#### **4.5.3.1 Análisis de recepción de la materia prima**

**Punto de control 1.** - Aunque sería ideal realizar un análisis completo de los componentes en la mezcla de arena y arcilla para asegurar la calidad de la producción, comprendemos que no podemos llevar a cabo esta prueba en cada volqueta debido a restricciones de tiempo y costos. Por tanto, concluimos que debemos conservar y mejorar el procedimiento actual mediante un registro adecuado de la arcilla y arena hacer empleadas en manera más controlada la dosificación En este sentido, sugerimos la creación de un manual de procedimientos y funciones que se incluirá en los Anexos 3.2 Y Anexo 3.2.1. y las instrucciones que se incluye en el Anexo 4.1.

Los formularios tienen como objetivo controlar el movimiento y la cantidad de materia prima utilizada, así como registrar la actividad en la sección de la cantera. Proporcionará un resumen que facilitará la toma de decisiones en caso de anomalías relacionadas con la materia prima.

#### **4.5.3.2 Análisis del control de nivel de humedad**

**Punto de control 2.** - Este punto de control se enfoca en supervisar y regular el contenido de humedad en la mezcla hasta el proceso de moldeado. La humedad está directamente relacionada con la plasticidad y la presión de la máquina extrusora, lo que influye en la calidad y las dimensiones de los ladrillos.

El objetivo es mantener un rango óptimo de humedad en la mezcla que permita una presión de extrusión consistente. Se busca minimizar las variaciones en las tasas de humedad para obtener ladrillos con dimensiones uniformes y garantizar un menor número de productos no conformes después del secado.

Además, se propone la implementación de un manual de funciones y procedimientos que incluya planillas de registro para el nivel de humedad que se incluirá en los Anexos 3.3. Esto permitirá un monitoreo y seguimiento precisos de las condiciones de humedad a lo largo del proceso.



**Tabla IV-2***Parámetros de porcentaje de humedad aceptable*

Porcentaje de humedad aceptable antes de la extrusión	
Mínima humedad en la mezcla	Máxima humedad en la mezcla
15%	18%

Fuente: Elaboración a base de datos tomados en la Cerámica Narváez SRL.

También se proporciona el instructivo de trabajo que especifica las actividades para determinar el porcentaje de humedad, detallado en el Anexo 4.2.

#### **4.5.3.3 Análisis de control del moldeo de la mezcla**

**Punto de control 3.** - El análisis de los datos registrados sobre la presión, el porcentaje de humedad de la mezcla y la dureza de los ladrillos revela una relación significativa entre estas variables. Es evidente que la dureza de los ladrillos está estrechamente relacionada con la variabilidad de la presión de la extrusora de la máquina. Se establece que los valores de presión operativos actuales oscilan entre 9 kgf/cm<sup>2</sup> y 13 kgf/cm<sup>2</sup>.

De los cuales en la tabla III-16 se observa que para las presiones de 9 y 13 kgf/cm<sup>2</sup>, son las que presentan menor dureza respecto al tipo de presión de la extrusora

En este contexto, una pieza de mayor dureza se considera ideal para la producción, y la presión es un indicador clave de esta dureza. Una mayor dureza sugiere una mayor compactación de la mezcla, lo que a su vez minimiza la presencia de aire en el ladrillo. Esto significa que, a medida que aumenta la dureza, la presión también aumenta, y al mismo tiempo, disminuye el porcentaje de humedad de la mezcla.

Se puede respaldar la idea de que mantener un nivel de humedad entre el 15% al 18% es una elección adecuada para alcanzar las presiones óptimas. Esto se basa en la información de la "Tabla III-4" y los datos recolectados que muestran una relación clara entre la humedad y la presión en la máquina extrusora

Se ha observado que a presiones operativas entre 10 kgf/cm<sup>2</sup> a 12 kgf/cm<sup>2</sup>, el porcentaje de humedad es adecuado para obtener ladrillos de calidad.

**Tabla IV-3***Parámetros de presión de la extrusora aceptable*

Rango de presión de la maquina extrusora	
Mínima presión	Máxima presión
10 kgf/cm <sup>2</sup>	12 kgf/cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración a base de datos tomados en la Cerámica Narvéez SRL.

#### **4.5.3.4 Punto de control de dimensiones y peso del ladrillo húmedo**

**Punto de control 4.** - Es esencial contar con un conocimiento detallado de las dimensiones y el peso de los ladrillos recién moldeados. Esto desempeña un papel crucial, no solo para identificar posibles problemas en la máquina de extrusión o el molde, sino también para asegurarnos de que la máquina de corte funcione de manera óptima.

Las dimensiones y el peso de los ladrillos recién moldeados son indicadores fundamentales de la calidad y el buen funcionamiento de todo el proceso de producción. Cualquier desviación con respecto a las dimensiones planificadas puede ser una señal de posibles inconvenientes con el nivel de humedad de la mezcla como también en el molde, como obstrucciones o un desgaste de las maquinas. Además, si observamos rajaduras o fisuras en los ladrillos recién moldeados, esto nos indica la necesidad de realizar una evaluación más detallada para identificar las causas subyacentes y tomar medidas para corregir cualquier falla en el proceso. Por lo cual se propone el manual de procedimiento en el Anexo 3.4

#### **4.5.3.5 Control de defectuosos tras la etapa de moldeo**

**Punto de control 5.** - Después de la etapa de moldeo, es posible que se produzcan ladrillos extruidos defectuosos debido a la falta de un control adecuado de los parámetros mencionados anteriormente o debido a otros factores relacionados con la maquinaria. Por esta razón, se propone la implementación de un control de ladrillos extruidos defectuosos como una medida importante para evaluar la eficacia del sistema de control de calidad después de la etapa de moldeo.

Este control de ladrillos defectuosos servirá como un indicador clave que permitirá medir la efectividad del sistema de control de calidad. En el Anexo 3.5 se encuentra el maula de procedimientos como también el formulario de control.

#### **4.5.3.6 Punto de control de calidad en secaderos**

**Punto de control 6.** - Es crucial llevar un control constante de las temperaturas, registrándolas a intervalos regulares. Esto nos permite detectar cambios abruptos en la temperatura y abordarlos antes de que tengan un impacto negativo en la producción.

Mantener un monitoreo periódico de estas variables es esencial para garantizar que el ambiente de trabajo se mantenga dentro de los parámetros necesarios para un proceso de producción eficiente y de alta calidad. Cuando se detectan cambios significativos en la temperatura, se pueden tomar medidas correctivas de manera oportuna para prevenir posibles problemas y mantener la consistencia en la producción. Por lo cual se propone el manual de procedimiento en el Anexo 3.6

#### **4.5.3.7 Control de dimensiones y peso del ladrillo seco**

**Punto de control 7.** - Es esencial seleccionar aleatoriamente ladrillos húmedos y medirlos y pesarlos. Esto nos permite determinar tanto el porcentaje de humedad en los ladrillos como el porcentaje de contracción que se refleja en sus dimensiones finales y sus condiciones generales. A partir de esta información, se puede crear una base de datos que registre estas variables de manera sistemática.

Este enfoque no solo es valioso para el control de calidad, sino que también garantiza que la humedad de los ladrillos en el vagón sea inferior al 4% una vez que salen del túnel de secado. Mantener un registro detallado de estas mediciones es esencial para evaluar la calidad del producto y asegurarse de que cumple con los estándares de humedad requeridos para ser trasladados para ser horneados. Por lo cual se propone el manual de procedimiento en el Anexo 3.7

#### **4.5.3.8 Control del número de no conformes tras la etapa de secado**

**Punto de control 8.** - Para esta parte del proceso se plantea el manual adjunto como Anexo 3.7 está diseñado para garantizar que los ladrillos secos cumplan con los estándares de calidad necesarios. Proporciona instrucciones detalladas sobre cómo realizar un control de calidad efectivo, incluyendo el muestreo, registro y verificación del porcentaje de humedad. Si se detectan problemas de humedad, se toman medidas para corregirlos y mantener la consistencia en la producción.

#### **4.5.3.9 Control de cocido en el proceso de fabricación de ladrillos**

**Punto de control 9.** - La etapa de cocido de los ladrillos es una de las más críticas en el proceso de fabricación, ya que es aquí donde se adquieren las propiedades deseadas para el producto final. Además, esta fase nos permite evaluar si las etapas anteriores se han llevado a cabo de manera correcta.

Cualquier problema que se presente durante el cocido de los ladrillos puede resultar en productos defectuosos, como ladrillos de baja resistencia, fisurados, desconchados o partidos, entre otros. Para evitar esto, el proceso de cocido se divide en varias etapas, comenzando con un precalentamiento, seguido de altas temperaturas y finalizando con un enfriamiento gradual.

Es fundamental controlar las temperaturas en cada área del túnel horno, garantizando que se mantengan dentro de los rangos de operación (800°C a 900°C). Esto evita cambios bruscos de temperatura que podrían causar choques térmicos y, como resultado, ladrillos partidos o defectuosos.

El personal encargado de monitorear las temperaturas debe asegurarse de que los termómetros indiquen valores acordes a los estándares de operación. La creación de registros de las temperaturas es una práctica recomendable. Por lo cual se propone el manual de procedimiento en el Anexo 3.8, ya que permite corroborar si se han presentado problemas al final del proceso de producción y facilita la identificación de posibles desviaciones en el control de calidad.

#### **4.5.3.10 Resistencia del producto terminado**

**Punto de control 11.** - La resistencia de los ladrillos es una característica fundamental que influye en su durabilidad y, por lo tanto, en la calidad que se ofrece a los clientes. En la Cerámica Narvárez SRL, actualmente no se dispone del equipo necesario para evaluar la resistencia de los ladrillos. Sin embargo, es esencial considerar la adquisición de este equipo para asegurarse de que los ladrillos cumplan con los estándares de resistencia requeridos.

La resistencia mínima exigida para los ladrillos cerámicos de 6 huecos es de 2 MPa según la NB 1211001. Los ladrillos fabricados por la Cerámica Narvárez SRL han demostrado que pueden alcanzar esta resistencia siempre y cuando se mantengan condiciones adecuadas durante el proceso de extrusión en el moldeado, como también en

el funcionamiento del horno. Por lo cual se propone el manual de procedimiento en el Anexo 3.9.

#### **4.5.3.11 Control de porcentaje de no conformes del producto**

**Punto de control 12.** - Para mejorar este proceso y garantizar su efectividad, se propone lo siguiente:

**Registro del Producto No Conforme:** Se debe llevar un registro detallado de la cantidad de productos no conformes o desechados debido a problemas de resistencia. Esto ayudará a identificar las tendencias y áreas de mejora en el proceso de producción.

**Clasificación de calidad:** Se debe realizar una clasificación de los productos restantes en función de su calidad, dividiéndolos en categorías como 1ra, 2da y 3ra calidad. Esto permite una mejor gestión de inventario y una comprensión más clara de la calidad del producto final.

**Indicador clave:** La información recopilada, incluyendo el porcentaje de productos no conformes y la clasificación por calidad, actúa como un indicador clave de la efectividad del sistema de control de calidad en todas las etapas del proceso. Esto proporciona información valiosa sobre el desempeño y la eficiencia de la producción. El registro y seguimiento de esta información son esenciales para garantizar que el proceso de producción esté operando de manera óptima y que se estén tomando las medidas necesarias para mantener la calidad de los productos.

Por lo cual se propone el manual de procedimiento en el Anexo 3.13

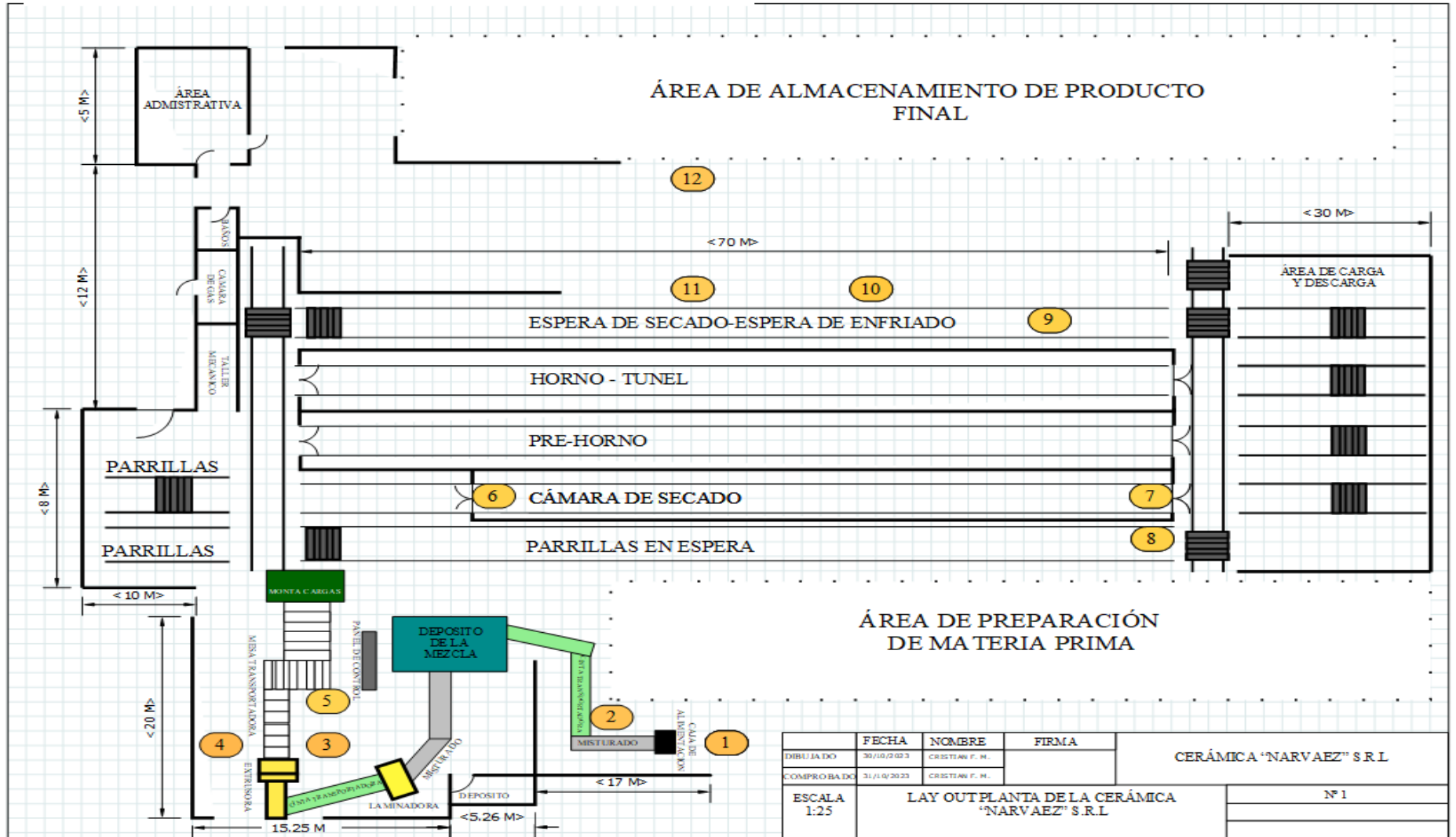
#### **4.5.3.12 Absorción de agua**

La absorción es un indicador clave que permite evaluar la permeabilidad de los ladrillos, es decir, cuánta agua pueden retener. De acuerdo con la normativa boliviana Inhorca NB 1211001, se establece que los ladrillos deben tener un porcentaje de absorción que esté en el rango del 8% al 15%. Si los valores de absorción se encuentran por encima de este rango, significa que los ladrillos son más porosos y, por lo tanto, menos resistentes a la intemperie.

En nuestro análisis de los ladrillos de seguimiento, se ha determinado que el porcentaje de absorción se encuentra dentro de los parámetros establecidos. Esto es una buena señal, ya que indica que cumplen con los estándares de resistencia a la intemperie. Por lo cual se propone el manual de procedimiento en el Anexo 3.10

4.5.4. Puntos de control lay out

Fig. 4-3 Lay – out con puntos de control



Fuente: Elaboración propia

## **4.6 Desarrollo del plan de inspección**

### **4.6.1 Muestreo**

La norma NB/ISO 2859-1 establece un sistema de muestreo de aceptación para la inspección por atributos. Este sistema se define en función de tres aspectos clave:

- **Tamaño del lote:** Se refiere al número de unidades de productos en un lote específico que se someterán a inspección.
- **Nivel de inspección:** Indica el grado de inspección que se llevará a cabo en el lote. Puede variar según el nivel de riesgo o la importancia del producto.
- **Nivel Aceptable de Calidad (NAC):** Representa el nivel de calidad que se considera aceptable para los productos. Establece los criterios de aceptación o rechazo.

Es importante destacar que este sistema de muestreo está diseñado para una serie continua de lotes, y se recomienda que esta serie incluya al menos 10 lotes de tamaño similar. Esto se hace para asegurar que las reglas de cambio tengan un efecto adecuado en la evaluación de la calidad de los lotes a lo largo del tiempo.

#### **4.6.1.1 Tamaño del muestreo por lote**

La norma boliviana de la Iborca NB 1211001 establece que los lotes de productos son aceptados si pasan el proceso de muestreo correspondiente. Para determinar el tipo de muestreo a aplicar y el número de muestras a tomar, se siguen las siguientes reglas:

- **Normal-Reducida:** Si se realizan 10 ensayos y todos son aceptados según los requisitos, es posible pasar al muestreo reducido.
- **Normal-Rigurosa:** Si de 5 ensayos realizados, más de 1 es rechazado, se debe cambiar al muestreo riguroso.
- **Reducido-Normal:** Si el último ensayo realizado en el muestreo reducido no es aceptado, se debe volver al muestreo normal.
- **Rigurosa-Normal:** Si se realizan 5 ensayos en el muestreo riguroso y todos son aceptados según los requisitos, se debe regresar al muestreo normal.

#### **4.6.1.2 Criterios de aceptación o rechazo de los lotes de inspección**

Las reglas de aceptación y rechazo establecidas son las siguientes:

- Cuando el número de unidades en la muestra sea igual al número de aceptación  $Ac_1$ , de la tabla IV-3, el lote será aceptado.

- Cuando el número de unidades defectuosas en la muestra sea mayor o igual que el número de rechazo  $Re_1$ , de la tabla IV-3, el lote será rechazado.
- Si el número de unidades defectuosas en la muestra se encuentra entre el número de aceptación  $Ac_1$  y el número de rechazo  $Re_1$ , se tomará una segunda muestra del mismo tamaño que la inicial y se realizarán pruebas en las que, en la primera muestra, se encontraron ladrillos defectuosos.
- Las unidades defectuosas encontradas en la muestra inicial y en la segunda de reensayo se sumarán.
- Si el número total de unidades defectuosas es igual o menor que el número de aceptación  $Ac_2$ , el lote será aceptado.
- Si el número total de unidades defectuosas es mayor o igual que el número de rechazo  $Re_2$ , el lote será rechazado.

Estas reglas permiten determinar si un lote de productos cumple con los estándares de calidad requeridos. Si el lote pasa las pruebas de aceptación, se aceptará; de lo contrario, si no cumple con los criterios de aceptación, se rechazará. Además, se prevé la posibilidad de realizar un segundo muestreo en caso de resultados intermedios en la primera muestra.

**Tabla IV-4**

*Criterio de aceptación y rechazo de los lotes de inspección*

Tamaño del lote	Número de unidades	Número de unidades para métodos de ensayo		Ac1	Re1	Ac2	Re2
Hasta 1.200	3	Dimensiones	3	0	2	1	2
		Compresión	2				
		Absorción	1				
De 1.201 hasta 35.000	5	Dimensiones	5	0	2	1	2
		Compresión	3				
		Absorción	2				
Mas de 35.000	8	Dimensiones	8	0	3	3	4
		Compresión	5				
		Absorción	3				

Fuente: Norma boliviana 1211001



## 4.7 Asignación de responsables, cronogramas y rutina de control de calidad

### 4.7.1 Asignación de responsables

#### 4.7.1.1 Matriz RACI

La Matriz RACI definirá los roles y responsabilidades del sistema de control de calidad:

**Tabla IV-5**

*Matriz RACI, asignación de responsables*

R	A		C			I	
Responsible	Accountable		Consulted			Informed	
ACTIVIDAD	JEFE DE PRODUCCIÓN	ENCARGADO DE CONTROL	1ER AUXILIAR	2DO AUXILIAR	3RO AUXILIAR	GERENTE GENERAL	
Inspección de la materia prima	A	C	R			I	
Determinación del porcentaje de humedad	A	C	R			I	
Control de parámetros ladrillos extruidos de prueba para secado	A	C	R			I	
Control de ladrillos defectuosos tras la etapa de moldeo	A	C		R		I	
Control de temperaturas y humedad en la cámara de secado	A	C			R	I	
Control de vagones secos	A	C		R		I	
Control de cocido en el proceso de fabricación de ladrillos	A	C		R		I	
Control de resistencia del producto terminado	A	C			R	I	
Control de absorción de humedad	A	C			R	I	

Fuente: Elaboración propia

Esta matriz RACI detalla las responsabilidades de los diversos roles dentro del proceso de producción. Además, clarifica quién es el responsable, quién debe ser consultado y quién debe ser informado en cada actividad específica del proceso. Es importante tener en cuenta que el rol de cada individuo está sujeto al manual de funciones, donde se detallan los cargos y responsabilidades, así como al organigrama del sistema de calidad, que se encuentra en el Anexo 3.1 del documento.

#### 4.7.1.2 Cronogramas de control de calidad

El cronograma de manera grafica muestra la frecuencia diaria con la que se debe realizar cada actividad:

**Tabla IV-6**

*Cronograma de actividades para el control del proceso productivo*

ACTIVIDAD	COD. DE COLOR						
Inspección de la materia prima	[Yellow]						
Determinación del porcentaje de humedad	[Red]						
Control de parámetros ladrillos extruidos de prueba para secado	[Light Green]						
Control de ladrillos defectuosos tras la etapa de moldeo	[Green]						
Control de temperaturas y humedad en la cámara de secado	[Light Blue]						
Control de vagones secos	[Blue]						
Control de cocido en el proceso de fabricación de ladrillos	[Dark Blue]						
Control de resistencia del producto terminado	[Purple]						
Control de absorción de humedad	[Black]						

Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
7:00:00 - 7:30:00	[Yellow]	[Yellow]	[Yellow]	[Yellow]	[Yellow]	[Yellow]	[Blue]
7:30:00 - 8:00:00	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	
8:00:00 - 8:30:00	[Light Green]	[Light Green]	[Light Green]	[Light Green]	[Light Green]	[Light Green]	
8:30:00 - 9:00:00	[Green]	[Green]	[Green]	[Green]	[Green]	[Green]	
9:00:00 - 10:00:00	[Green]	[Green]	[Green]	[Green]	[Green]	[Green]	
10:00:00 - 10:15:00	Descansó						
10:15:00 - 10:30:00	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	
10:30:00 - 11:00:00	[Light Green]	[Light Green]	[Light Green]	[Light Green]	[Light Green]	[Light Green]	
11:00:00 - 12:00:00	[Green]	[Green]	[Green]	[Green]	[Green]	[Dark Blue]	
12:00:00 - 12:30:00	[Green]	[Green]	[Green]	[Green]	[Green]	[Purple]	
12:30:00 - 13:00:00	[Green]	[Green]	[Green]	[Green]	[Green]	[Black]	
12:00:00 - 14:00:00	Receso laboral						
14:00:00 - 14:30:00	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	
14:30:00 - 15:00:00	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	
15:00:00 - 15:30:00	[Light Green]	[Light Green]	[Light Green]	[Light Green]	[Light Green]	[Light Green]	
15:30:00 - 16:00:00	[Green]	[Green]	[Green]	[Green]	[Green]	[Green]	
16:00:00 - 16:15:00	Descansó						
16:15:00 - 16:30:00	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	
16:30:00 - 17:00:00	[Light Green]	[Light Green]	[Light Green]	[Light Green]	[Light Green]	[Light Green]	
17:00:00 - 17:30:00	[Green]	[Green]	[Green]	[Green]	[Green]	[Green]	
17:30:00 - 18:00:00	[Green]	[Green]	[Green]	[Green]	[Green]	[Blue]	[Blue]
18:00:00 - 18:30:00	[Dark Blue]	[Dark Blue]	[Dark Blue]	[Dark Blue]	[Dark Blue]	[Dark Blue]	[Dark Blue]

Fuente: Elaboración propia

El cronograma establece un marco temporal para las actividades según las necesidades específicas adaptables al sistema de control de calidad y eventualidades excepcionales de acuerdo como a la marcha del proceso productivo.

#### 4.7.1.3 Rutina de control de calidad

El cuadro resumen de la rutina de control de calidad:

**Tabla IV-7**

*Rutinas de control de las actividades basado en el manual de instructivos*

<b>Actividad</b>	<b>Responsable</b>	<b>Formulario</b>
<b>Recepción de materia prima e insumos</b>	Operador 1	CC-PRD-M-01
1. Inspección visual.		
2. Verificación de documentación.		
3. Toma de muestras representativas.		
4. Registro de información.		CC-PRD-FR-01
5. Notificación de discrepancias.		
6. Conformidad/rechazo y entrega de copia.		
<b>Determinación del porcentaje de humedad</b>	Operador 1	CC-PRD-FR-02
1. Secado de muestra.		
2. Pesado de muestra seca.		
3. Toma de nueva muestra.		
4. Compactación y pesado de ambas muestras.		
5. Cálculo del porcentaje de humedad.		
6. Notificación y acciones correctivas.		
7. Registro del porcentaje de humedad.		
<b>Extracción y medición de ladrillos moldeados</b>	Operador 1	CC-PRD-FR-03
1. Extracción de ladrillos recién moldeados.		
2. Medición y pesaje de los ladrillos.		
3. Registro de medidas, pesos, presión, fecha/hr		CC-PRD-FR-03
4. Determinación de presión de extrusión.		
5. Evaluación de parámetros.		
6. Control de parámetros y acciones correctivas.		
<b>Control de vagones secos</b>	Operador 2	CC-PRD-M-03
1. Muestreo simple aleatorio.		
2. Registro de medidas, pesos y porcentaje de humedad.		CC-PRD-M-03
3. Verificación de porcentaje de humedad.		
4. Registro de resultados del muestreo.		
5. Verificación de presencia de vagones secos.		
6. Evaluación de contracción.		
7. Verificación de contracción bajo estándares.		

Fuente: Elaboración propia

Este resumen proporciona una visión general de las actividades, responsabilidades y formularios asociados con cada etapa del control de calidad según el manual de instructivos en el Anexo 4.

**Tabla IV-8***Rutinas de control de las actividades basado en el manual de procedimientos*

<b>Procedimiento</b>	<b>Responsable</b>	<b>Actividades</b>	<b>Documento de trabajo</b>
Inspección de la materia prima	Encargado del área de producción	1. Inspeccionar la materia prima. 2. Verificar cumplimiento de requisitos de calidad. 3. Registrar información.	Formulario para la inspección de la materia prima (CC-FR-001)
Determinación del Porcentaje de Humedad	Encargado del área de producción	1. Tomar muestras y realizar pruebas de humedad. 2. Verificar porcentaje de humedad. 3. Tomar acciones correctivas si es necesario.	-
Control de parámetros de ladrillos extruidos	Auxiliar de supervisor (Moldeo y Secado)	1. Controlar parámetros de ladrillos recién moldeados. 2. Inspeccionar para detectar no conformidades. 3. Tomar acciones correctivas.	Formulario para control de parámetros de ladrillos extruidos para secado (CC-FR-003)
Control de ladrillos defectuosos	2do Auxiliar de supervisor (Moldeo y Secado)	1. Inspeccionar visualmente ladrillos extruidos. 2. Clasificar y retirar ladrillos defectuosos. 3. Registrar.	-
Control de temperaturas y humedad en la cámara de secado	2do Auxiliar de supervisor (Moldeo y Secado)	1. Inspeccionar y controlar temperaturas y humedad. 2. Corregir desviaciones 3. Registrar.	Formulario para control de temperaturas y humedad en los secaderos (CC-FR-003)
Control de vagones secos	3er Auxiliar de supervisor (Carga y Descarga)	1. Realizar muestreo y verificar humedad en ladrillos. 2. Informar y registrar vagones con ladrillos secos.	Formulario para control de vagones secos (CC-FR-006)
Control de cocido en el proceso de fabricación	2do Auxiliar de supervisor (Moldeo y Secado)	1. Supervisar y registrar temperaturas del proceso. 2. Trasladar vagones cocidos a área de descarga.	-
Control de resistencia del producto terminado	3er Auxiliar de supervisor (Carga y Descarga)	1. Realizar pruebas de resistencia en muestras. 2. Informar desviaciones y tomar medidas correctivas.	Formulario para control de resistencia del producto terminado (CC-FR-008)
Control de absorción de humedad	3er Auxiliar de supervisor (Carga y Descarga)	1. Realizar pruebas de absorción de humedad. 2. Informar desviaciones y tomar medidas correctivas.	Formulario para el control de absorción del ladrillo cerámico 6 huecos (CC-FR-009)

Fuente: Elaboración propia

Este cuadro resume los procedimientos de control de calidad, identificando responsables, actividades y documentos de trabajo asociados a cada proceso.

#### 4.8 Inversión

Considerando la solución propuesta se da a conocer el costo que estimaría conllevar la solución:

**Tabla IV-9**

*Inversión de la propuesta de control de calidad*

N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P/UNITARIO (bs)	PRECIO TOTAL (bs)
<b>1. Costos de materiales y equipo</b>					
1.1	balanza analítica	Glb	1	3446	3446
1.2	balanza granera	Glb	1	250	250
1.3	calibrador	Glb	1	170	170
1.4	flexo metro	Glb	3	150	450
1.5	recipientes	Glb	6	80	480
1.6	cocinilla	Glb	1	350	350
subtotal de costos de materiales y equipos					5146
<b>2. costos auxiliares</b>					
2.1	tablero	Glb	10	15	150
2.2	linterna	Glb	1	100	100
2.3	termómetro	Glb	2	150	300
subtotal de costos de auxiliares					550
<b>3. costos auxiliares mensuales</b>					
3,1	papel	mes	12	30	360
Subtotal de costos auxiliares mensuales					360
<b>4. Costos de personal</b>					
4.1	Auxiliar 1	mes	1	2362	2362
4.2	Auxiliar 2 Y 3	mes	2	2362	4424
4.3	Encargado de control	mes	1	2362	2362
Subtotal de costos de personal					7086
total					13142

Fuente: elaboración propia.

El costo de implementar la presente propuesta es de 13.142 Bs, considerando que parte del costo de implementación son gastos mensuales de 7.446 Bs

#### 4.9 Indicador financiero del Retorno de la Inversión (ROI)

Para calcular el ROI, primero evaluaremos las pérdidas económicas asociadas con los productos no conformes durante los procesos de secado y horneado. Los productos no conformes después del secado se convierten en materia prima que puede triturarse y procesarse nuevamente. La empresa estima una pérdida de Bs. 0,4 por cada ladrillo no conforme debido a rajaduras en esta etapa.

Asimismo, los productos no conformes después del horneado incurren en un costo adicional de Bs. 0,5 por ladrillo rajado o no conforme. Para cuantificar estas pérdidas, consideraremos un promedio de 35 no conformes por vagón después del secado y 754 unidades diarias de ladrillos no conformes después del horneado.

Es importante tener en cuenta que la empresa opera 6 días a la semana durante 11 meses consecutivos al año, excluyendo el secado los domingos. A pesar de que no se realiza el secado los domingos, los ladrillos deben ingresar al horno. En total, para cumplir con la producción, se requiere secar 36 vagones en la cámara de secado y 16 vagones para el túnel horno. Esta información destaca la constancia operativa de la empresa.

$$\text{Secado actual} = 35 \frac{\text{no conformes}}{\text{parrilla}} \times 36 \frac{\text{vagones}}{\text{dia}} \times 0.4 \frac{\text{Bs}}{\text{no conforme}}$$

$$\text{Secado actual} = 504 \text{ Bs.}$$

En consideración a lo anterior el secado actual genera en promedio, pérdidas por día de Bs. 504

$$\text{Secado actual/mes} = 504 \frac{\text{Bs}}{\text{dia}} \times 26 \frac{\text{Dia}}{\text{mes}}$$

$$\text{Secado actual/mes} = 13.104 \text{ Bs.}$$

En un mes, después del proceso de secado genera pérdidas de Bs. 13.104

$$\text{Secado actual/año} = 13.104 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}} \times 12 \frac{\text{mes}}{\text{año}}$$

$$\text{Secado actual/año} = 157.248 \text{ Bs.}$$

En un año el proceso de secado genera pérdidas de Bs. 157.248

$$\text{Horneado actual} = 754 \frac{\text{no conformes}}{\text{dia}} \times 0.5 \frac{\text{Bs}}{\text{no conforme}}$$

$$\text{Horneado actual} = 377 \text{ Bs.}$$

En consideración a lo anterior el horneado actual genera en promedio, pérdidas por día de Bs. 377

$$\text{Secado actual/mes} = 377 \frac{\text{Bs}}{\text{dia}} \times 26 \frac{\text{Dia}}{\text{mes}}$$

$$\text{Secado actual/mes} = 9.802 \text{ Bs.}$$

En un mes, después del proceso de horneado genera pérdidas de Bs. 9.802

$$\text{Secado actual/año} = 9.802 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}} \times 11 \frac{\text{mes}}{\text{año}}$$

$$\text{Secado actual/año} = 107.822 \text{ Bs.}$$

En un año el proceso de horneado genera pérdidas de Bs. 107.822

La suma de las pérdidas generadas por el proceso de secado y horneado en un año es de Bs. 265.070. Esta cantidad representa una consideración significativa en términos de costos para la empresa, lo que destaca la importancia de analizar y mejorar la eficiencia de este proceso para reducir estas pérdidas

Tras examinar la situación actual, notamos que ajustar adecuadamente el rango operativo en la extrusión puede llevar a una disminución considerable, alcanzando un 2.3% de productos no conformes, como se detalla en la Tabla III-8, de no conformes. En consecuencia, se estima de manera optimista una reducción progresiva de hasta un 20% en las pérdidas durante el proceso de horneado. Esto se debe a la correlación existente entre el horno y la etapa de secado, ya que las rajaduras en los ladrillos tienden a manifestarse por completo después del secado durante el horneado. Este análisis respalda la importancia de ajustar el proceso de extrusión para mejorar la calidad general del producto y reducir las pérdidas en etapas posteriores.

En consecuencia, se anticipa que las medidas propuestas reducirán la cantidad de ladrillos no conformes de 35 unidades a 11 unidades. Además, en relación con las pérdidas anuales de Bs. 107.822 generadas durante el proceso de horneado, se espera lograr una reducción del 20%, alcanzando así un monto de Bs. 86.257 de pérdidas económicas.

Con la propuesta:

$$\text{Secado} = 11 \frac{\text{no conformes}}{\text{parrilla}} \times 36 \frac{\text{vagonas}}{\text{dia}} \times 0.4 \frac{\text{Bs}}{\text{no conforme}}$$

$$\text{Secado} = 158 \text{ Bs.}$$

En consideración a lo anterior con la propuesta se espera genera en promedio, pérdidas por día de Bs. 496.5 después de la etapa de secado

$$\text{Secado /mes} = 158 \frac{\text{Bs}}{\text{dia}} \times 26 \frac{\text{Dia}}{\text{mes}}$$

$$\text{Secado /mes} = 4.108 \text{ Bs.}$$

En un mes, después del proceso de secado genera pérdidas de Bs. 4.108 con la propuesta

$$\text{Secado /año} = 4.108 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}} \times 12 \frac{\text{mes}}{\text{año}}$$

$$\text{Secado /año} = 49.296 \text{ Bs.}$$

En un año el proceso de secado generara pérdidas de Bs. 49.296 con la propuesta.

Con la propuesta, se prevé una reducción sustancial en las pérdidas anuales. En el proceso de secado, se estima que disminuirán a Bs. 49.296, y después del horneado, se proyecta una reducción a Bs. 86.257. En conjunto, estas cifras suman Bs. 135.533 en pérdidas anuales, evidenciando el impacto positivo que se espera alcanzar con las medidas propuestas. Estos resultados refuerzan la efectividad de las acciones planeadas para mejorar la eficiencia y minimizar las pérdidas económicas en ambos procesos.

También es crucial considerar los costos operativos anuales asociados con el proceso de fabricación, que actualmente ascienden a Bs. 110.000. Este aspecto es fundamental para obtener una imagen completa de los gastos involucrados en la producción.



#### 4.9.1 Cálculo del ROI

Para calcular el Retorno de la Inversión (ROI), restamos las pérdidas proyectadas con la propuesta del costo total de implementación y luego dividimos ese resultado entre los costos operativos anuales.

Pérdidas con la propuesta:

- Pérdidas después del secado: Bs. 49.296
- Pérdidas después del horneado: Bs. 86.257
- Total, de pérdidas anuales con la propuesta: Bs. 135.533

Costo de implementación de la propuesta:

- Costo único de implementación: Bs. 13.142
- Gastos mensuales: Bs. 7.446 x 12 meses = Bs. 89.352 (costo anual)
- Total, de costo de implementación anual: Bs. 13.142 + Bs. 89.352 = Bs. 102.494

Cálculo del ROI:

$$\text{ROI} = \frac{(\text{Pérdidas sin la propuesta} - \text{Pérdidas con la propuesta})}{\text{Costo de implementación}}$$

$$\text{ROI} = \frac{(\text{Bs.}265.070 - \text{Bs.}135.533)}{\text{Bs.}102.494}$$

$$\text{ROI} = 1.26$$

El ROI calculado es aproximadamente 1.26, lo que indica que la propuesta tiene el potencial de generar un rendimiento positivo en la inversión. Este valor sugiere que por cada unidad monetaria invertida en la implementación de la propuesta, se espera obtener un rendimiento adicional de 1.26 unidades monetarias en términos de reducción de pérdidas.

**CAPÍTULO 5**  
**CONCLUSIONES Y**  
**RECOMENDACIONES**

## **5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 Conclusiones**

- Las fases del proceso que necesitan un punto de control incluyen la recepción de la materia prima, la preparación de la mezcla, el amasado (hidratación de la mezcla), la extrusión, el moldeo, el secado, el cocido y la clasificación del producto final.
- La empresa Cerámica Narvéez SRL tiene establecido los parámetros para sus medidas geométricas, temperaturas de secado, humedad residual y temperaturas de cocido.
- En el análisis exhaustivo del proceso de fabricación de ladrillos cerámicos de 6 huecos, se ha logrado identificar y establecer parámetros clave. Este análisis abarcó diversos aspectos, desde medidas geométricas hasta pesos, temperaturas de secado y cocido, así como factores críticos como la presión de extrusión, la humedad de la mezcla, la absorción de humedad y la resistencia del producto terminado. Estos hallazgos proporcionan una base sólida para mejorar la calidad y eficiencia en la producción de ladrillos cerámicos.
- En conclusión, Cerámica Narvéez SRL tiene como etapa crítica la extrusión para la fabricación de ladrillos cerámicos. A partir de este punto, se puede realizar una verificación detallada y control preciso de la humedad, reconociendo su importancia fundamental. El control meticuloso de la humedad durante la extrusión se revela como un factor esencial para evitar la producción de productos defectuosos
- En conclusión, sobre la rentabilidad del sistema de control de calidad es positiva. El cálculo del Retorno de la Inversión (ROI) de aproximadamente 1.26 indica que la propuesta tiene el potencial de generar un rendimiento positivo en la inversión realizada para el desarrollo de un sistema de control de calidad

## 5.2 Recomendaciones

- Se sugiere la habilitación de un laboratorio en Cerámica Narváez S.R.L. para agilizar la obtención de datos, permitiendo así procedimientos más eficientes y resultados más precisos.
- La determinación de la resistencia del producto final es crucial para el adecuado desarrollo del proceso. Se recomienda considerar la subcontratación del servicio o adquirir una prensa de compresión para garantizar una evaluación precisa.
- Es esencial contar con personal dedicado exclusivamente a las actividades establecidas para el control de calidad, asegurando así un enfoque especializado en esta área crucial.
- La implementación de un sistema de control de calidad implica la necesidad de concientizar a todo el personal sobre la importancia de su participación en este proceso. Se destaca la vital importancia de la comunicación efectiva entre el personal como un elemento clave para el éxito del sistema.

