

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE TECNOLOGÍA

CARRERA DE ELECTROMECAÁNICA



DISEÑO DE UN HORNO CONTINUO DE COCCIÓN
DE LADRILLO, EMPRESA “CERÁMICA COPACABANA”

Proyecto de Grado Presentado para la Obtención del Título de Licenciatura

POR: JULIAN MATEO MACUCHAPI APAZA

TUTOR: ING. VICTOR HUGO CISNEROS ESPINOSA

LA PAZ-BOLIVIA

2018

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE TECNOLOGÍA

CARRERA DE ELECTROMECAÁNICA

Proyecto de grado:

**DISEÑO DE UN HORNO CONTINUO DE COCCIÓN DE LADRILLO,
EMPRESA “CERÁMICA COPACABANA”**

Presentado por: Univ. Julian Mateo Macuchapi Apaza

Para optar el grado académico de *Licenciado en Electromecánica*

Nota numeral:

Nota literal:

Ha sido

Director de la carrera de Electromecánica: Ing. Marco A. Romay Ossio

Tutor: Ing. Víctor Hugo Cisneros Espinosa

Tribunal: Ing. José Luis Hernández Quisbert

Tribunal: Lic. Simón Layme Velasco

Tribunal: Ing. Pedro Javier Sánchez Quiroz



DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado a mis padres: Macedonio, Juana, a mi hermano Edwin, y a mis compañeros por haber realizado todos los esfuerzos para lograr mi superación como persona e influenciado en mi vida y compartiendo los mejores consejos.



AGRADECIMIENTO

Agradezco al director de carrera y a mi tutor: Ing. Víctor Hugo Cisneros Espinoza, por aceptarme para la realización de este proyecto bajo su orientación. Su paciencia y conocimiento fueron fundamentales en el desarrollo del presente trabajo. A todos los docentes de la carrera de ELECTROMECHANICA, dedico este presente trabajo, porque han fomentado el deseo de superación y de triunfo.

RESUMEN

El siguiente trabajo trata de una propuesta de diseño de un horno continuo a utilizar para fabricar ladrillos. El objetivo general es “Diseñar un horno continuo para el quemado de ladrillos que mejore la capacidad productiva y la calidad del producto final, que reduzca la contaminación ambiental y sea fácil y seguro de operar”. Para ejecutar la propuesta, el plan metodológico plantea un proceso secuencial de realización de actividades, donde inicialmente se han realizado visita a una fábrica artesanales en municipios de (Achocalla), que poseen hornos que obtienen el calor de la quema de leña aserrín, plásticos y gas, lo que representa un alto impacto ambiental negativo. Circundante por efecto de lluvias ácidas y afectaciones a la flora y fauna.

El diseño conceptual plantea una mejora a los sistemas tradicionales, consistente en construir una cámara a utilizar en forma secuencial de tal manera que se minimice la pérdida actual de calor en los sistemas tradicionales de un horno grande. El esquema operacional plantea que los calores de la cámara se utilicen para precalentar y se puedan usar seis quemadores para todas las cámaras, por lo que los mismos son portátiles, lo que se facilita por el peso y tamaño de los finalmente seleccionados.

**DISEÑO DE UN HORNO CONTINUO DE COCCIÓN DE LADRILLO,
EMPRESA “CERÁMICA COPACABANA”**

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
RESUMEN	IV
ÍNDICE DEL PROYECTO	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABLA	XIII

**DISEÑO DE UN HORNO CONTINUO DE COCCIÓN DE LADRILLO,
EMPRESA “CERÁMICA COPACABANA”**

ÍNDICE DEL PROYECTO

CAPÍTULO I

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Antecedentes	2
1.2	Planteamiento del problema.....	4
1.2.1	Identificación del problema	4
1.2.2	Formulación del problema.....	6
1.3	Objetivos y justificación	6
1.3.1	Objetivo general.....	6
1.3.2	Objetivo específico	6
1.3.3	Justificación	7
1.3.3.1	Justificación técnica.....	7
1.3.3.2	Justificación ambiental.....	7
1.3.3.3	Justificación social.....	7
1.3.3.4	Justificación económica.....	7
1.4	Límites y alcances.....	7

CAPÍTULO II

2	MARCO TEÓRICO	8
2.1	Hornos de fabricación de ladrillos tipo por lotes	8
2.2	Hornos de fabricación de ladrillos tipo semicontinuos	13
2.3	Hornos de fabricación de ladrillos continuos.....	14
2.4	Elección de la clase de horno	15
2.5	Balance de energía en hornos tradicionales con ventilador	20
2.5.1	Calor transmitido por los gases.....	21
2.5.1	Análisis del combustible y de la combustión.....	22
2.5.1	Temperatura de los gases de combustión	22
2.6	Proceso de cocción.....	24
2.7	Tiempo de cocción.....	24
2.8	Zona de cocción	24
2.9	Zona de enfriamiento	25

CAPÍTULO III

3	INGENIERÍA DEL PROYECTO	26
3.1	Parámetros del diseño	26
3.1.1	Producción de ladrillos	27
3.2	Cálculo de la energía requerida.....	27
3.2.1	Cálculo de los volúmenes de los ladrillos.....	27

3.2.2	Cálculo del volumen total de producción cada 2 días	27
3.2.3	Características físicas del producto.....	28
3.2.4	Calculo en la zona de precalentamiento	29
3.2.4.1	Calor requerido por los ladrillos	30
3.2.4.2	Calor transmitido a través de las paredes.....	31
3.2.5	Zona de cocción.....	46
3.2.5.1	Cantidad de calor que absorbe el horno	48
3.2.5.2	Consumo teórico de combustible.....	49
3.2.5.3	Cantidad de aire para quemar combustible	50
3.2.5.4	Cálculo de flujo de aire y flujo de los productos de combustión 52	
3.2.5.5	Termopar tipo K.....	54
3.2.6	Zona de enfriamiento	55
3.2.6.1	Determinar grosor de la mezcla con el ladrillo refractario	56
3.3	Determinación de la potencia de los quemadores	58
3.3.1	Selección y especificación	59
3.4	Determinación de la potencia de los ventiladores.....	64
3.5	Selección y especificación	67
3.6	Determinación de N° y dimensionamiento de los vagones.....	67
3.6.1	Determinación de la longitud del horno túnel	67
3.6.2	Cálculo de las vagonetas.....	67
3.6.2.1	Selección de las vagonetas.....	70
3.6.3	Longitud del horno túnel.....	70

3.6.4	Determinación de la longitud de las tres zonas del horno túnel	71
3.6.5	Número de vagones	72
3.6.6	El accionamiento de las vagonetas mediante sistema hidráulico ..	73
3.7	Hojas de proceso	73
3.8	Operación y mantenimiento	89
3.8.1	Operación.....	89
3.8.2	Mantenimiento.....	91
3.8.2.1	Elementos de mantenimiento de frecuencia	91
3.8.2.2	Mantenimiento por inspección.....	93

CAPÍTULO IV

4	COSTOS DEL PROYECTO.....	94
4.1	Costo mano de obra.....	94
4.2	Costo de instalación y montaje	94
4.3	Costo para la puesta en marcha.....	94
4.4	Otros costos.....	95
4.5	Costo total	95

CAPÍTULO V

5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	96
5.1	CONCLUSIÓN	96
5.2	RECOMENDACIÓN.....	97

6	BIBLIOGRAFÍA.....	98
7	ANEXOS I.....	100
8	ANEXOS II.....	109



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura: 1 El número de productores de ladrillos en Bolivia.....	3
Figura: 2 Diagrama Ishikawa de identificación del problema.....	5
Figura: 3 Horno para quemado de ladrillo tipo lote de carga y tiro directo	9
Figura: 4 Esquema del actual horno artesanal de quemado.....	10
Figura: 5 Horno tipo lote con tiro invertido.	12
Figura: 6 Horno tipo lote con tiro invertido.	12
Figura: 7 Horno de tipo semicontinuos para fabricar ladrillos.....	13
Figura: 8 Esquema de Horno para fabricación de ladrillos del tipo	15
Figura: 9 El horno túnel.....	17
Figura: 10 Vagonetas del horno túnel.....	18
Figura: 11 Ingreso de ladrillos al horno túnel.....	25
Figura: 12 Ladrillo de 6 huecos	28
Figura: 13 Ladrillo destinado para los cascotes.....	28
Figura: 14 Mitad de los ladrillos de 6 huecos.....	29
Figura: 15 Zona de precalentamiento	30
Figura: 16 Resistencia térmicas a través de dos paredes	32
Figura: 17 Pared frontal de la zona de cocción.....	43

Figura: 18 La Zona de cocción.....	46
Figura: 19 Termopar colocado en carcasa de protección	55
Figura: 20 Zona de enfriamiento	55
Figura: 21 Dimensiones del ladrillo refractario en (cm)	56
Figura: 22 Área de cemento refractario (cm)	57
Figura: 23 Quemador Rub10, hasta 1.500.000 Kcal/h	60
Figura: 24 Alimentación de gas con presión regulable	60
Figura: 25 Tren de válvulas de alimentación de gas.	61
Figura: 26 Colector de gas y aire fijo	62
Figura: 27 Ventilador de aire.....	62
Figura: 28 Tablero eléctrico para controlar los quemadores	64
Figura: 29 Vagoneta con ladrillos.....	68
Figura: 30 Bomba hidráulica acoplada a un motor.....	73
Figura: 31 Esquema de un horno túnel ladrillero	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla: 1 Red de información de productores de ladrillo	3
Tabla: 2 Balance energético.....	20
Tabla: 3 Consumo y precios de combustible.....	21
Tabla: 4 Descripción de los ladrillos para el ladrillo de 6 huecos	27
Tabla: 5 Conductividad térmica de los ladrillos refractarios.....	34
Tabla: 6 Conductividad térmica de algunos materiales.....	49
Tabla: 7 Densidades de productos de combustión.....	53
Tabla: 8 Datos generales del quemador.....	59
Tabla: 9 Longitud de la zona que constituyen del horno.....	71
Tabla: 10 Longitudes específicas de cada una de las zonas del horno túnel	72

INTRODUCCIÓN

La Electromecánica, desarrolla conocimientos para aprovechar de manera útil los sistemas de conversión energética. Una de las áreas de mayor utilización de recursos energéticos como el, el gas natural y otros en la industria de fabricación de ladrillos.

Los proyectos de vivienda de cualquier índole, desde las de casas individuales, hasta los conjuntos residenciales de amplios edificios, tienen en la actualidad como unidad estructural este tipo de elementos, por sus evidentes ventajas de peso ligero, capacidad aislante térmica y acústica, entre otros.

La fabricación de ladrillos de forma artesanal, se ha convertido en un problema ecológico en muchas ciudades de nuestro país, debido al tipo de combustibles que se utilizan para la cocción de esos productos: leña, llantas, madera, plásticos o textiles, entre otros, al ser quemados, emiten una gran cantidad de gases a la atmósfera, como monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre y partículas sólidas, es por esto que se requieren otros combustibles que puedan cubrir los requerimientos de energía necesarios para la cocción de los productos y que sustituyan a los que hasta ahora se han empleado para la elaboración de ladrillos.

En este proyecto se pretende entregar una solución, concreta como el mejoramiento de un horno operando con gas natural a una empresa de fabricación artesanal de ladrillos, que (R. Lide, 2008) actualmente utiliza como horno de quemado para los ladrillos uno que utiliza como combustible leña y aserrín de madera y gas. Con lo que se pretenden mejorar aspectos como menor impacto ambiental, mejorar la rentabilidad y seguridad operativa, ampliar la diversidad de productos y posicionar en la región de La Paz - Achocalla.

1.1 Antecedentes

Los hornos utilizados actualmente en el sector ladrillero en Achocalla La Paz, poseen básicamente un formato geométrico y es: El cúbico de base rectangular.

Estos hornos se caracterizan por tener dos cámaras una de combustión que se encuentra en la parte inferior cuya altura máxima es de 1 m. aproximadamente y seguida de otra cámara que es la de cocción cuya altura varía de 2 a 3 m. Existe una parrilla que divide ambas cámaras y sirve como base para cargar los productos a quemarse.

La cámara de cocción tiene generalmente una compuerta de carga y descarga cuyas dimensiones varía entre 0,80 a 1,0 m a 1,20 a 1,50 m. de altura.

La compuerta de la cámara de combustión tiene una forma de bóveda catenaria, por donde se suministra el combustible (aserrín, ramas de eucalipto, plásticos y gas.) (GUTIERRES, 2008)

El sector industrial de nuestro país se encuentra repartido principalmente en cuatro ciudades, que llegan a constituir el eje de la producción boliviana¹. Estas ciudades son: Santa Cruz, Cochabamba, La Paz y El Alto.

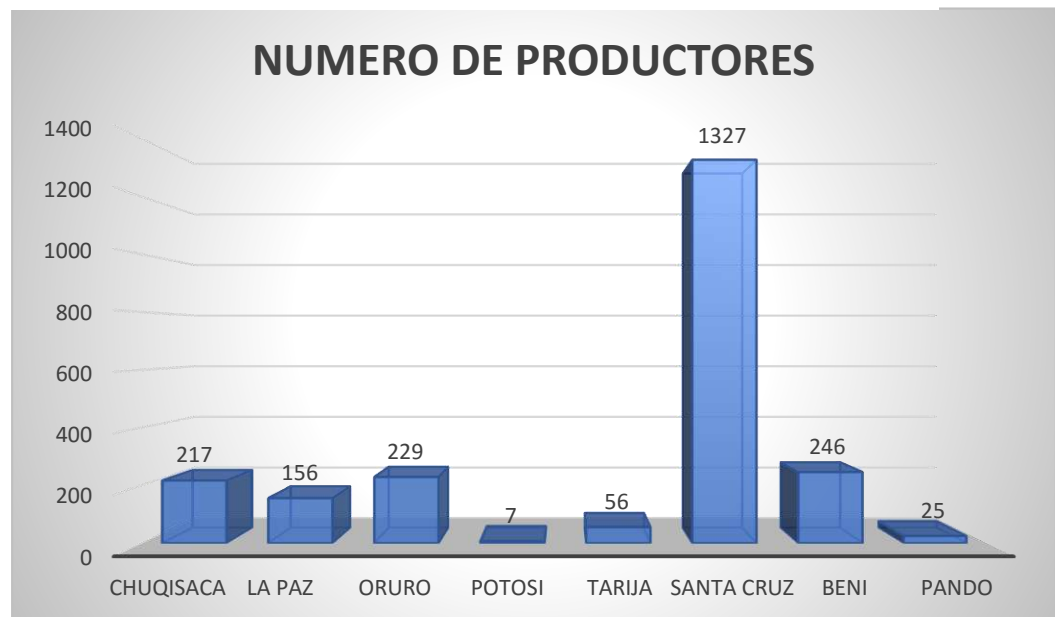
¹ <http://www.redladrilleras.net/apps/estadisticas/stats.php>

Tabla: 1 Red de información de productores de ladrillo

RESULTADOS	
Número de productores	2317 productos
Número de hornos	2527 unidades
Capacidad promedio de horno	18.,0 millares
Producción Prim anual empresa	4675,7 millares
Producto más vendido	Gambote tubulares
Tipo de combustible	leña, leña y aserrín, estiércol, llantas
Gasto combustible promedio por quema	246,38 dólares

Fuente: Fuente: <http://www.redladrilleras.net/apps/estadisticas/stats.php>

Figura: 1 El número de productores de ladrillos en Bolivia.



Fuente: <http://www.redladrilleras.net/apps/estadisticas/stats.php>

Se han tomado distintas posibilidades en cuanto al horno de propuesta, escogiendo en primer lugar el horno multicámaras por su similitud a los hornos verticales actuales, y menor coste, pero siendo este descartado, ya que los hornos

continuos como el horno túnel², poseen un mejor rendimiento energético, y se obtiene como producto ladrillos de alta calidad capaz de competir en el mercado.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Identificación del problema

La empresa “Cerámica Copacabana” enfrenta muchos desafíos, como ser el retraso de entrega de pedido de ladrillos. La empresa no cuenta con la cantidad, productividad de su actual negocio de fabricación de ladrillos que es de tipo artesanal.

La línea artesanal en el momento utiliza un horno de quemado de ladrillos de tipo rudimentario que genera el calor mediante los combustibles sólidos como ser: arcilla, leña, llantas y gas.

Actualmente Se identifica una situación problemática en la empresa, debido a la producción artesanal de ladrillos genera altos niveles de contaminación y la falta de información respecto a nuevas tecnologías de cocción del ladrillo³ y la emisión de gases invernadero

La modalidad artesanal de quemado de ladrillo se necesitan dos personas en el día y la noche de manera permanente, alimentando de aserrín, leña neumático y gas al horno. Exponiendo su salud por los cambios de temperatura⁴ que ocurren entre el día y la noche. (Solano Tavera, 2012)

Otro efecto indeseable la baja velocidad de quemado, que en dos días alcanza a producir 4000 ladrillos, lo que representa una baja productividad mensual y en total del tiempo para posterior enfriamiento y extracción.

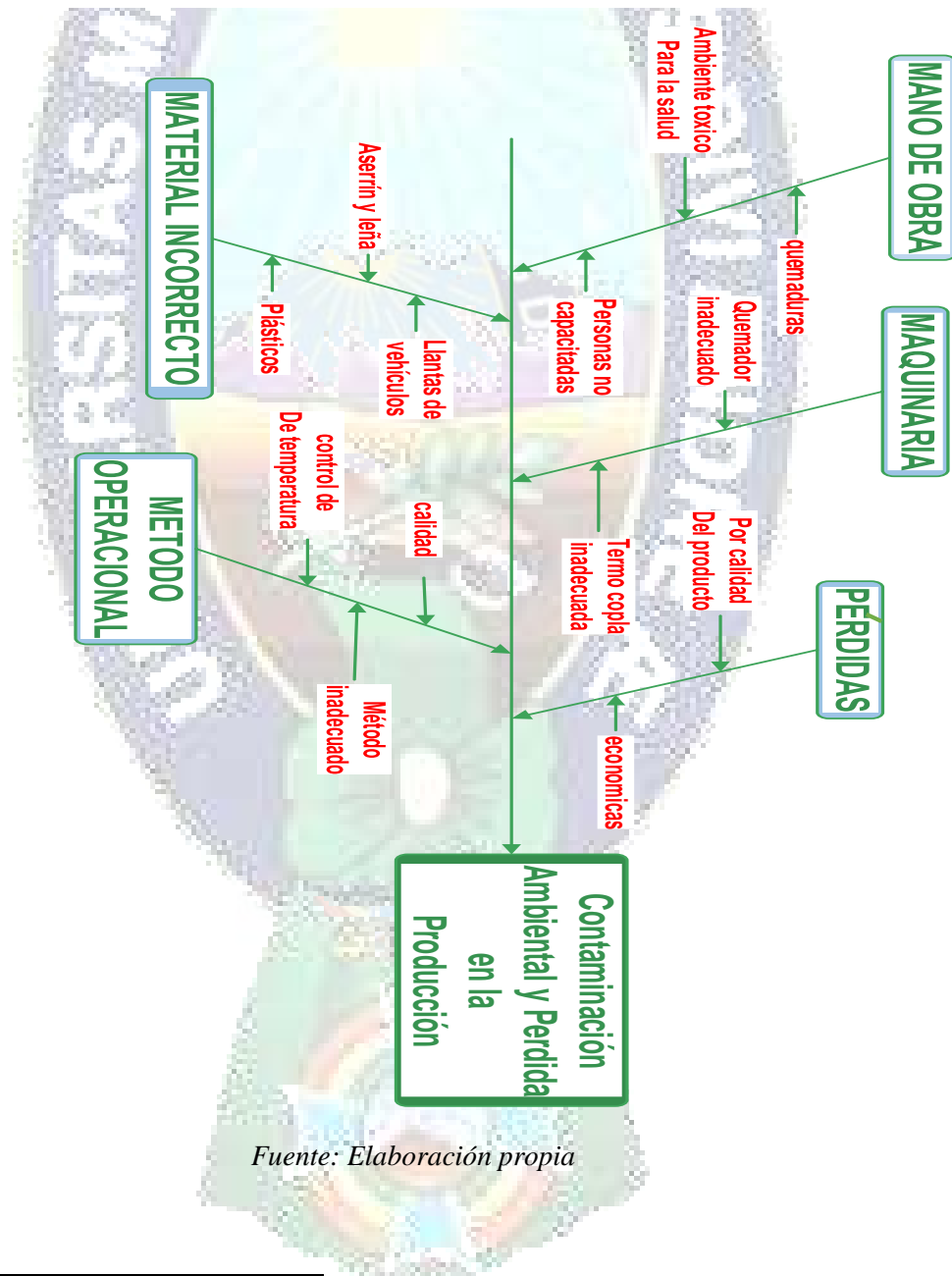
² Estudio de definición de hornos RODORFO GUTIERRES (2018)

³ Análisis económico de la implementación de tecnología alternativas en los ladrillos en la mitigación del medio ambiente del factor aire 2016 FERNANDES BENGOLEA

⁴ Planteamiento de nuevas variables de producción de ladrillo 2012 SOLANO TAVERA

Actualmente de un cúmulo de 4000 ladrillos/quema, se tiene que en promedio 150 ladrillos se verifica (recalentados).250 quedan crudos (color amarillo) y 50 ladrillos se rompen para arrojar una pérdida promedio total de 450 ladrillos/quema⁵, lo cual representa una pérdida de calidad de 11%. (Arnais, 2009)

Figura: 2 Diagrama Ishikawa de identificación del problema.



Fuente: Elaboración propia

⁵ Operaciones básicas de ladrilleras 2018 ARNAIS FRANCO

1.2.2 Formulación del problema

¿Cómo puede la empresa resolver las necesidades de tener un horno para cocción de ladrillos, que mejoren la calidad, la productividad de su línea de negocios y aminore el impacto ambiental actual?

1.3 Objetivos y justificación

El objeto de este proyecto parte del análisis energético de la etapa de cocción de ladrillos en el horno situado en la región de Achocalla.

Abarca el estudio del proceso de producción de ladrillos tanto artesanal, como automatizado. El proyecto se centra en la etapa de cocción, justificando como propuesta de mejora el horno.

Se analizan las mejoras energéticas que supone la implantación del horno túnel, como quemadores, ventiladores, vagonetas etc.

1.3.1 Objetivo general

Diseñar un horno para la cocción de ladrillos que mejore la capacidad productiva y la calidad del producto final, reduzca la contaminación ambiental, sea fácil y seguro de operar.

1.3.2 Objetivo específico

- Definir los requerimientos y restricciones del sistema a desarrollar para establecer los criterios de diseño a aplicar.
- Desarrollar las fases conceptuales, básicas para definir los modelos de cálculo y la información necesaria para su construcción.
- Determinar los beneficios técnicos y económicos del proyecto.

1.3.3 Justificación

1.3.3.1 Justificación técnica

Se mejora la competitividad de la empresa en el sector ladrillero de la región, dado que se satisface una mayor parte del mercado cuya oferta excede ampliamente la actual demanda y los clientes pueden construir casas con calidad en mayor número.

1.3.3.2 Justificación ambiental

Se espera una mejora en el impacto ambiental, dado que el diseño considera sistema de quemado de combustible eficiente y material y condiciones de aislamiento mejores a las tradicionales.

1.3.3.3 Justificación social

Se mejora las condiciones del trabajo de los artesanos de ladrillos y se evita la peligrosa exposición de gases con alta temperatura que ocasionan molestias hasta graves daño al organismo con el tiempo de exposición.

1.3.3.4 Justificación económica

Se incrementará la producción de ladrillos de manera significativa, disminuyendo las pérdidas en un 10%, con esto consiguiendo menos ladrillos recalentados, menos ladrillos crudos, gracias a la combustión uniforme y considerar las variables como la temperatura y tiempo controlado.

1.4 Límites y alcances

En este trabajo académico se realizará el diseño de un horno continuo ladrillero para evaluar el proceso de cocción de ladrillo mediante un seguimiento detallado del mismo, desde que la pieza conformada ingresa al horno hasta la obtención del ladrillo.

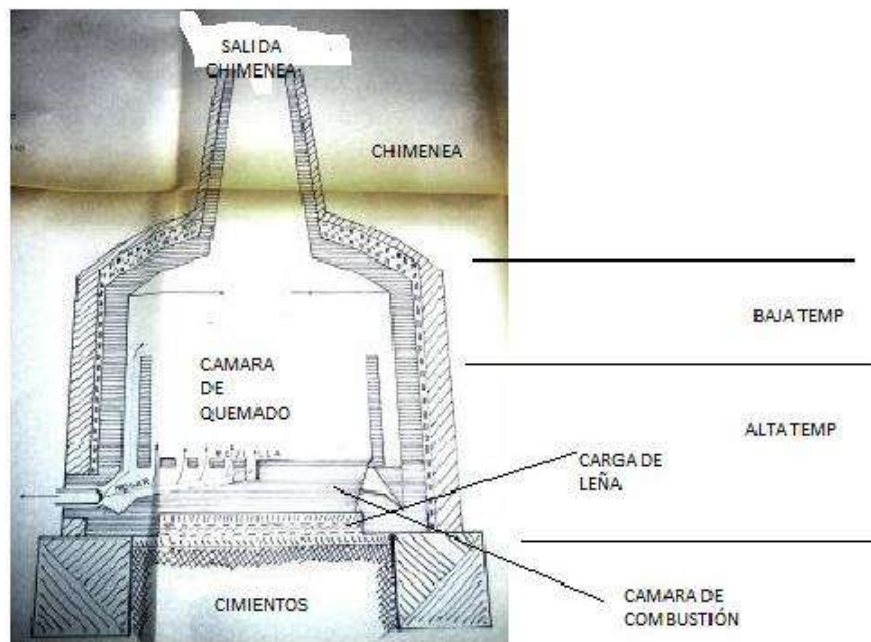
MARCO TEÓRICO

2.1 Hornos de fabricación de ladrillos tipo por lotes

En este tipo de hornos, la configuración que se tiene es variada, sin embargo, es común que exista una cámara o espacio donde se colocan los ladrillos a quemar sea en forma manual o mecanizada, de tal manera que los gases de combustión puedan fluir a través de los ladrillos y realizar la cocción de estos. La Figura 3 y la figura 4, muestran dos tipos de hornos tipo lote de carga.

En la figura 3, la carga de leña o carbón se ingresa por la parte inferior, quemándose encima de los cimientos, los gases calientes fluyen desde abajo, elevándose para salir por la chimenea. Algunos hornos de este tipo no poseen chimenea o esta es deficiente en altura con lo cual el efecto de tiro y suministro de oxígeno no es adecuado y se tienen bajas eficiencias térmicas y alta concentración de contaminantes, debido al mal proceso de combustión, lo que se evidencia por el alto volumen de humo negro. En su configuración geométrica, existen de tipo cilíndrico y artesanal, construidos los más rudimentarios con arcilla, seguidos por los de tipo adobe y los de mejor desempeño los de ladrillos refractarios de desecho que se utilizan para su elaboración.

Figura: 3 Horno para quemado de ladrillo tipo lote de carga y tiro directo



Fuente: JONES, T., 1996, *the Basics of Brick Kiln Technology*,

En la parte inferior encima de los cimientos, se encuentra la cámara de combustión donde es quemado el combustible. Por la parrilla encima de la carga de leña salen expulsados calientes y con altas velocidades los gases de combustión, elevándose y fluyendo por los espacios dejados en la carga de ladrillos que se encuentran en la cámara de quemado, para finalmente salir expulsados del horno por el túnel de la chimenea, mediante convección natural. Observe que la función de la chimenea es crear un efecto de tiro o succión que facilite la salida de los gases de combustión por medio de mejorar el flujo por convección natural, los cuales al salir tiran del aire fresco que ingresa a la cámara de combustión. Para minimizar la altura de la chimenea, modernamente se utilizan ventiladores que presurizan el aire de admisión que ingresa a la combustión, el cual preferiblemente debe estar precalentado para

mejorar la eficiencia térmica⁶ del sistema. En la figura 4, se presenta el esquema del actual horno tipo lote, donde se visualiza la no existencia de chimenea.

Figura: 4 Esquema del actual horno artesanal de quemado



Fuente: Adaptado de consultoría del gobierno peruano. “Estudio de definición de tipo de horno apropiado para el sector ladrillero”.

Este tipo de construcciones, aunque sencilla y barata presenta las siguientes desventajas

- Debido al amplio gradiente interno de temperaturas se generan grietas que pueden poner en riesgo la integridad estructural. Lo anterior requiere frecuentes trabajos de mantenimiento para reparar las grietas creadas.
- Debido a altas temperaturas en la parte inferior, ocurre la fusión de ladrillos en la base y en algunos casos de ladrillos en los cimientos y estos deben repararse continuamente.
- Baja eficiencia en la combustión con lo cual se utiliza mayor cantidad de combustible, lo que incrementa los costos de operación, pero además crea alto impacto ambiental por combustible y gases inquemados. Gases de efecto invernadero como el **CO₂** y de lluvias acidas como los **NO_x** y **SO_x**, son de alta cantidad en este tipo de hornos. Además, material articulado como cenizas e inquemados sale expulsados, aumentando

⁶ Estudio de definición de tipo de horno apropiado para el sector ladrillero 2006

el riesgo en la salud del personal operativo y de vecinos a la fábrica, con enfermedades de tipo bronco – respiratorias, silicosis y otras más peligrosas para la salud humana, animal y vegetal.

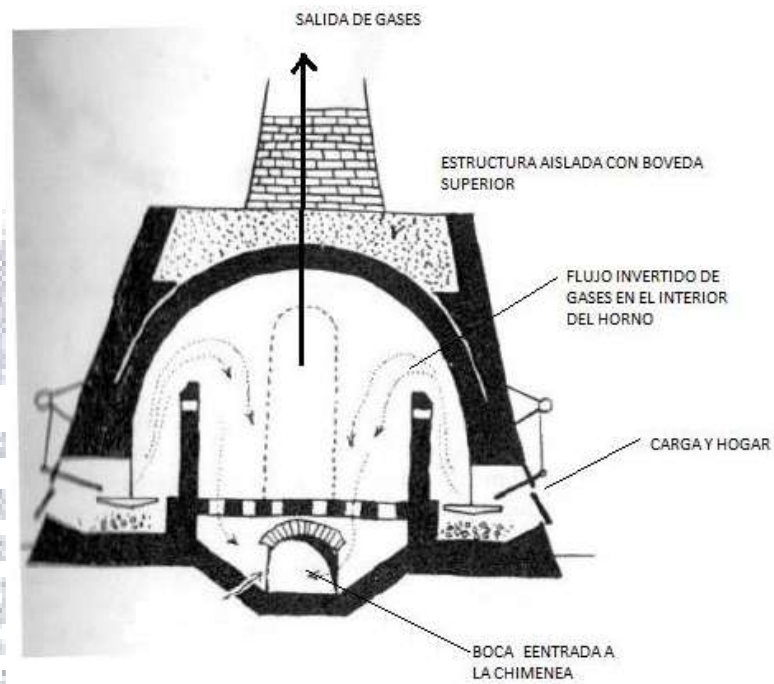
- Al no tener bóveda en la parte superior, las pérdidas de calor son altas, quemando mayor combustible y alargando los tiempos de quemado por las altas ineficiencias del sistema.
- Mediciones de temperatura en la entrada, arrojan valores promedio cercanos a los 1000 °C y en la parte superior a los 450 °C lo que indica un alto gradiente térmico, que afecta la calidad del producto ubicado en las partes superiores que no se quema correctamente y no sirven o deben comercializarse como productos de segunda categoría. Para el horno artesanal analizado, las pérdidas promedian un 25 %, lo que crean un problema de manejo de residuos sólidos y se ven altas montañas de este material, contaminando visualmente el entorno.
- Debido a la necesidad de proteger a los alimentadores de leña y/o carbón al horno, se debe construir una cabaña encima del horno, lo cual ha resultado en incendios que ponen en riesgo la salud de los trabajadores.

Una mejora notable, aunque más compleja de construir y más costosa de instalar, es mostrada en la figura 5, puede verse que el flujo de gases calientes provenientes de la combustión en el hogar, se dirigen a la parte inferior del horno, con lo cual se homogeniza la temperatura interna y se controlan los problemas de agrietamiento, fusiones y de mala calidad del producto final.

La figura 6, muestra un horno de este tipo, pero alimentado mecánicamente para pequeñas producciones, lo que facilita el cargue y descargue de los ladrillos en proceso.

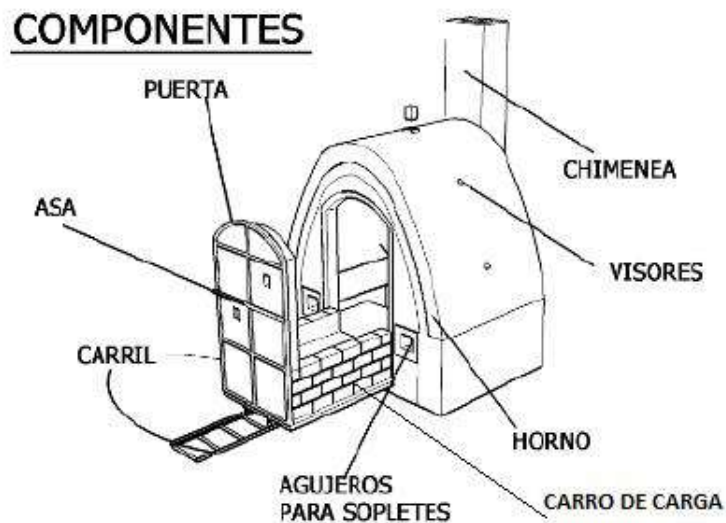
Resumiendo, este tipo de hornos es apropiado para cantidades promedio de hasta 5000 ladrillos / quema. Donde el tiempo promedio de quemado oscila según tamaño y cantidad de quema entre 48 y 72 horas (1), por lo cual son clasificados como de pequeña producción.

Figura: 5 Horno tipo lote con tiro invertido.



Fuente: JONES, T., 1996, *the Basics of Brick Kiln Technology*, GATE, Germany

Figura: 6 Horno tipo lote con tiro invertido.

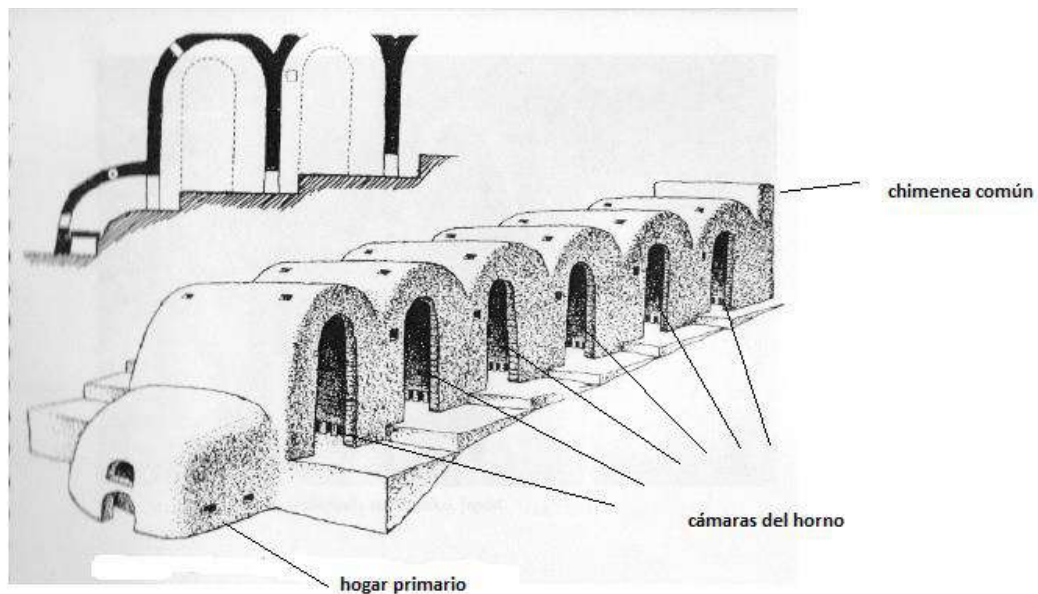


Fuente: "Estudio de definición de tipo de horno apropiado para el sector ladrillero".

2.2 Hornos de fabricación de ladrillos tipo semicontinuos

En este tipo de configuración, se tienen varias cámaras, por donde circulan los gases quemados a alta temperatura, mejorando la eficiencia térmica y la capacidad de producción. Se denominan semicontinuos, porque al tener varias cámaras cargadas en la modalidad tipo lote, sin embargo, permiten tener flujos de lote cada cierto tiempo, con lo que se mejora el flujo de la producción, aunque requieren amplios espacios para su construcción. La figura 7, presenta uno de estos tipos.

Figura: 7 Horno de tipo semicontinuos para fabricar ladrillos.



Fuente: Moreno, Franco. EL LADRILLO EN LA CONSTRUCCIÓN. España.

El encendido inicia en el hogar primario, donde los gases queman los ladrillos cargados en ese sitio y el calor residual precalienta las demás cámaras, esto uniforma las temperaturas y controla los gradientes térmicos con lo que se consigue alta calidad y alta productividad. Al alcanzarse los 1000 °C en la cámara primaria las otras estarán en rangos promedio de 400 °C (2), con lo cual una vez quemada la carga de la cámara primaria, se procede a encender la cámara siguiente para lograr el quemado, repitiendo sucesivamente el proceso a través de las demás cámaras hasta finalizar con la próxima a la chimenea. Las cargas de estos hornos pueden mecanizarse usando carros rodando

sobre rieles. Se mejora la producción y la calidad, pero son costosos de fabricar y deben justificarse económicamente según las necesidades propias.

También puede adaptarse el sistema de tiro invertido, pero se aumenta apreciablemente el costo de construcción.

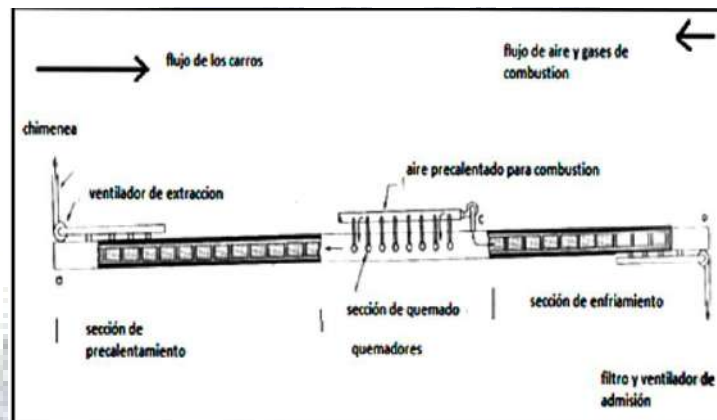
Existe una variante del horno de túnel, que es el de tipo anillo, en este se tienen los tres procesos de precalentamiento, quemado y enfriamiento, pero en una configuración geométrica tipo elíptica, lo que permite ahorrar espacio longitudinal para el caso que existan restricciones geométricas de esta dimensión.

2.3 Hornos de fabricación de ladrillos continuos

Se denominan así porque pueden operar las 24 horas del día, 365 días al año. Este tipo de hornos es apropiado para altas producciones, con corridas de hasta 200.000 ladrillos / día.⁷ Son costosos de fabricar y requieren algún grado de automatización y operaciones altamente mecanizadas. La figura 8 muestra un esquema del horno tipo túnel. La carga de ladrillos se ingresa al túnel moviéndose continuamente de manera uniforme. Internamente el horno posee tres secciones. La sección de precalentamiento, la de quemado y la de enfriamiento. El largo mínimo aceptable se establece según experiencia en 100 metros lineales.

⁷ Arias C.T. 2007 producción de ladrillos refractarios en hornos de ladrillos, manual tecnológico para cubrir necesidades de capacitación a productores. CONAFOR. México

Figura: 8 Esquema de Horno para fabricación de ladrillos del tipo continuo



Fuente: Moreno, Franco. *el ladrillo en la construcción. España.*

Con estos hornos se procesa una gran variedad de productos y materiales, que requieren un conocimiento preciso para aplicar un control automático, que maximiza la calidad y productividad, requisitos a cumplir para recuperar el alto costo inicial de este tipo de instalaciones, que además requieren arduo trabajo de mantenimiento preventivo y correctivo, dada la gran cantidad de componentes que lo constituyen. La alta eficiencia de este tipo de hornos⁸ proviene de que se utiliza la mayor parte del calor de los gases de combustión en el interior del horno y que el proceso de precalentamiento del aire de admisión mejora la eficiencia de la combustión. Debido al control automático con el que deben operar solo puede procesarse carga uniforme, de tal manera que para nuevos productos debe ajustarse el software de control y poseer datos e información precisa, que garantizan la máxima calidad y productividad con este tipo de sistemas.

2.4 Elección de la clase de horno

Horno túnel

⁸ Arias C.T. 2007 producción de ladrillos refractarios en hornos de ladrillos, manual tecnológico para cubrir necesidades de capacitación a productores. CONAFOR. México

Los hornos ladrilleros del tipo túnel son empleados desde hace décadas, aunque en una proporción bastante restringida por el alto costo de inversión y de la escala de producción que exige (> 2 mil toneladas/mes), muchas veces fuera de la realidad de las empresas. Aun así, las barreras a la construcción de este tipo de horno vienen reduciéndose en la medida que sus ventajas vienen mostrándose mucho más atractivas.

En Brasil, la proyección actual es que la cantidad de hornos del tipo túnel de capacidad adecuada (>2,000 toneladas/mes) se duplique en los próximos diez años, teniendo en cuenta la existencia de más de diez fabricantes en el país con un considerable número de pedidos, principalmente en regiones productivas donde el control ambiental de emisiones gaseosas y de partículas es más rígido y la oferta de biomasa es más difícil y costosa, así como la mano de obra empleada; motivos que hacen considerarlo como una alternativa interesante. Se tienen algunos datos estimados del uso de este horno en Brasil y Perú. (LADRILLOS, septiembre-2015)

El horno túnel⁹ presenta considerables ventajas técnicas, económicas y ambientales, promoviendo una reducción en la demanda de energía térmica, aumento de la proporción de producto de primera calidad, reducción del costo de mano de obra, aumento de la velocidad de producción, reducción de las emisiones, posibilidad de producción de teja, baldosa o ladrillo, entre otras.

⁹ canal de eficiencia energética gas natural 1997 CASTELLANOS MARLENA

Figura: 9 El horno túnel



Fuente: eficiencia energética de los ladrillos página 43

El horno ¹⁰Túnel es un horno ladrillero constituido de un cuerpo fijo único, con longitud variable de 50 a 120 m, y con dos paredes laterales (altura de 2 m a 3 m) y un techo recto o con bóveda interna. En su parte interna, el túnel es recorrido por vagonetas con los productos a sinterizarse.

El horno puede dividirse en 3 zonas – precalentamiento, cocción y enfriamiento. El producto crudo entra por el extremo de la zona de precalentamiento y abandona el horno en la salida opuesta, en la zona de enfriamiento.

En la primera zona, los productos montados en vagonetas o carritos son sometidos a un precalentamiento, recorriendo una curva de temperatura hasta unos 300°C. El precalentamiento de la carga cruda se da por el paso en contracorriente de los gases de combustión provenientes de la quema en la parte central del horno. ¹¹Estos

¹⁰ Programa de eficiencia energética en ladrilleras de América Latina para mitigar el cambio climático página 43

¹¹ Manual de hornos eficientes en la industria ladrillera.

gases calientes intercambian calor con la carga y van hacia la chimenea, generalmente localizada sobre el techo al lado de la entrada del horno (zona de precalentamiento).

A continuación, las vagonetas entran en la zona de cocción, donde están ubicados los quemadores (dispuestos lateralmente o en el techo). En esta fase, la temperatura del producto pasa de 300°C a 750/950°C, según el tipo de arcilla procesada. Finalmente, en la tercera y última zona, los productos comienzan el ciclo de enfriamiento hasta la salida del horno. En este trecho se inyecta aire frío del ambiente, como también ocurre la extracción de aire caliente que puede alimentar al secador y/o servir como aire de combustión en la zona de cocción.

Toda esta configuración, de operación continua, y con varias recuperaciones de calor, proporciona al horno un alto rendimiento energético y alta productividad.

Figura: 10 Vagonetas del horno túnel



Fuente: Eficiencia energética de los ladrillos página 45

Desempeño

Los hornos túnel permiten una producción a gran escala con menor requerimiento de energía térmica (0,4 a 0,43 toneladas de biomasa por millar de ladrillos de 1,8 kg por unidad – 9 cm x 19 cm x 19 cm), considerando el aprovechamiento del aire caliente de la zona de enfriamiento para su uso en los secadores o en la zona de combustión (quema). En función de su automatización, los hornos Túnel necesitan menor insumo de mano de obra para la operación y mantenimiento.

El control de la cocción se da a partir de la señal de temperatura de los termopares instalados en la parte superior del horno, de modo que se controle la alimentación del aire de combustión y del combustible (válvulas rotativas o alimentadores tipo tornillo sinfín para el caso de combustibles sólidos, o diversos tipos de válvulas para los combustibles líquidos y gaseosos).

La construcción de los hornos túnel suele hacerse en albañilería con un refuerzo de estructura metálica para anclar el techo, generalmente recto. En la parte interna, la zona de quema suele recibir un revestimiento de material aislante refractario (ladrillo cerámico refractario o fibra cerámica) buscando limitar la pérdida de calor.

El horno túnel tiene consumo específico de energía situado en el rango de 341 a 422 Kcal/kg (1,4 a 1,7 MJ/kg) y posee una eficiencia térmica promedio de 66%. Los hornos Túnel modernos con aislamiento de fibra de cerámica pueden llegar a consumos de energía cerca de 1,0 MJ/kg)¹²

Ventajas

- Reducción drástica en la demanda de energía térmica y de emisión de carbono;
- El horno puede adecuarse a la demanda de la empresa, aunque siempre por encima de 2 000 toneladas/mes;
- Puede usar varios tipos de combustible
- Posibilidad total de recuperación de calor;

¹² Eficiencia energética de los ladrillos 2010

- Menor insumo de mano de obra;
- Mejores condiciones de salubridad en el ambiente de la producción
- Mayor productividad;
- Mayor velocidad de producción;
- Quema homogénea (> 95% de material de primera calidad);
- Menor manipulación del producto (menos pérdidas);
- Procesamiento de todo tipo de productos (ladrillos, baldosas y tejas).

2.5 Balance de energía en hornos tradicionales con ventilador

Base de cálculo: 3 ,0 millares de ladrillos tipo pandereta,

- Masa del ladrillo seco: 3,50 Kg.
- Humedad: 14 %.

Tabla: 2 Balance energético.

Rubro	Cantidad Kcal.
Calor requerido para cocción del producto	2 025 000
Calor proporcionado por combustibles	7 457 500

Fuente: Anales económico de la implementación de tecnología alternativa en la producción de ladrillos página 103

Eficiencia térmica: 25%

La tabla nos muestra que solo con incorporar un ventilado para forzar el aire de combustión, mejora su eficiencia térmica, es decir, está aprovechando mejor el combustible porque se está quemando completamente el poder de los combustibles¹³.

¹³ Recursos energéticos (1999) MARISCAL JUAN

Tabla: 3 Consumo y precios de combustible.

combustible	cantidad	precio (Bol)
aserrín	04m. Cúbicos	62
energía eléctrica	18Kw	3
total		65

Fuente: Anales económico de la implementación de tecnología alternativa en la producción de ladrillos página 105

La incorporación de un ventilador implica el uso de energía eléctrica cuyo Costo no es muy significativo como se puede apreciar en la tabla anterior.

El balance energético del proceso de cocción en el horno vertical responde a la siguiente ecuación:

$$Q_{gases} = Q_{ladrillo} + Q_{paredes T} + Q_{techo T}$$

Donde:

Q_{gases} Calor cedido por los gases. $[k_j]$

$Q_{ladrillo}$ Calor requerido para la cocción de los ladrillos. $[k_j]$

$Q_{paredes T}$ Calor transferido a través de las paredes del horno al exterior. $[k_j]$

$Q_{techo T}$ Calor transferido a través del techo del horno al exterior. $[k_j]$

2.5.1 Calor transmitido por los gases

Q_{gases} ¹⁴Este término hace referencia a la entalpía que aportan los gases de combustión sobre el proceso de cocción ya que por la acción del calor que ellos transmiten al sólido se consigue culminar el proceso de fabricación de los ladrillos.

¹⁴ Transferencia de calor <http://libros.redsauce.net/>

2.5.1 Análisis del combustible y de la combustión

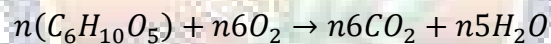
El combustible utilizado en la actualidad en los hornos tipo volcán es leña eucalipto, combustible sólido de origen vegetal,

Se caracteriza por poseer un P.C. $I = 4500 k_{cal}/k_g$

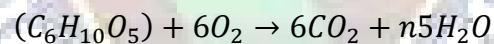
Para el análisis de la combustión se ha considerado que la leña está constituido totalmente por celulosa. $(n(C_6H_{10}O_5))^1$.

La celulosa, un polisacárido constituido totalmente por moléculas de glucosa, (β -glucopiranososa) mediante enlaces β -1,4-0-glucosídico, formado así una larga cadena polimérica con formula empírica $n(C_6H_{10}O_5)$.

Por tanto, esto, podemos expresar la reacción de combustión de la siguiente forma:



Simplificándose en:



2.5.1 Temperatura de los gases de combustión

Para el estudio teórico de la combustión se ha considerado que esta tiene lugar con un exceso de aire del 20% garantizando así una combustión completa.

Para calcular la temperatura de los gases de combustión se toma como base de cálculo una mol de combustible y con un índice de exceso de aire $\lambda=1,2$ la combustión obtiene como producto:

66,2 mol gases combustión/ mol cble

A continuación, se toma como referencia un *kg* de combustible equivalente a 6.17 moles, ya que $PM(C_6H_{10}O_5) = 162 \text{ g/mol}$

El valor de esta temperatura es proporcional al poder calorífico del combustible, por lo que, a partir de la siguiente ecuación, se obtiene el valor de los gases de combustión de leña de algarrobo en la condición anteriormente especificada.

$$Q_{G.c} = Q_{comb} + Q_c + Q_{a.c} = m_{G.c} * (C_{p(T_{G.c})} * T_{G.c} - C_{p(T_0)} * T_0)$$

Correspondiente cada término a:

$$\text{Calor de combustion } Q_{comb} = P.C.I. * m$$

$$\text{Calor sensible del combustion } Q_c = n * (C_{p(T)} * T - C_{p(T_0)} * T_0)$$

$$\text{calor sensible del aire carburante } Q_{a.c} = n_{a.c} * (C_{p(T)} * T - C_{p(T_0)} * T_0)$$

Al encontrarse el aire de combustión y el combustible a temperatura ambiente, el calor sensible aportada por ambos componentes al calor de los gases de combustión es nulo, por lo que la ecuación anterior se simplifica en:

$$Q_{G.c} = Q_{comb} = n_{G.c} * (C_{p(T_{G.c})} * T_{G.c} - C_{p(T_0)} * T_0)$$

Cada término de la ecuación anterior hace referencia a:

$Q_{G.c}$ Calor de gases de combustión. [kJ]

$n_{G.c}$ Numero de moles de los gases de combustión. [mol]

$C_{p(T_{G.c})}$ Capacidad calorífica molar media de los gases de combustión a $T_{G.c}$. [kJ/mol°C]

$T_{G.c}$ Temperatura de los gases de combustión. [°C]

$C_{p(T_0)}$ Capacidad calorífica molar media de los gases de combustión a T_0 . [kJ/mol°C]

T_0 Temperatura de referencia. [$^{\circ}C$]

Se aplica el método por tanteo, ya que la capacidad calorífica de los gases de combustión depende de la temperatura, por lo que después de realizar varias iteraciones, se conoce el valor de la temperatura de los gases de combustión, ajustándose su valor a:

$$T_{G.c} = 1361^{\circ}C$$

2.6 Proceso de cocción

Las distintas zonas son:

- Zona de precalentamiento.
- Zona de cocción
- Zona de enfriamiento.

2.7 Tiempo de cocción

La cocción es la fase más importante y delicada del proceso de fabricación de ladrillos y tejas.

En este proceso se confiere a la pieza las propiedades deseadas al mismo tiempo que se muestra si las fases precedentes (amasado, moldeado y secado). Se han llevado a cabo correctamente o no.¹⁵ Las piezas se cuecen en el horno, a una temperatura que va desde 950 $^{\circ}C$ hasta 1000 $^{\circ}C$ por un tiempo aproximado de 24 horas.

2.8 Zona de cocción

Los quemadores de combustible se ocupan de conseguir la curva de cocción óptima central del horno.

¹⁵ Elaboración de sistemas de control para la cocción de ladrillos en un horno de combustión
página 17

Los quemadores se deben situar perpendicularmente sobre su base, de forma tal que la llama no se desvíe de la vertical, sin acercarse demasiado a la pared del paquete

2.9 Zona de enfriamiento

El material se somete a enfriamiento progresivo, con el objetivo de evitar grietas en las piezas por un constante brusco de la ¹⁶temperatura.

Figura: 11 Ingreso de ladrillos al horno túnel



Fuente: <http://cprac.org/pdf/estudios/sectoriales/ceramicae east>

¹⁶ <http://www.cprac.org/pdf/estudios/sectorial/seramicasestr.cast.pdf>

INGENIERÍA DEL PROYECTO

3.1 Parámetros del diseño

Para el diseño del horno de cocción, se tiene que identificar las temperaturas con las que funcionarían las zonas de cocción¹⁷.

- Temperatura de la zona de cocción = 1000°C

Esta temperatura de cocción de la arcilla fluctúa entre los 900 a 950 °C, pero a modo de expandirse la empresa, el proyecto considera también para la cocción de tejas que exigen una temperatura aproximado de 1000 °C.

La temperatura de la zona de cocción se obtuvo en base a la norma boliviana NB 69005 el cual recomienda, si se considera tomar una temperatura mayor dañaría el material refractario.

También se debe tomar la variable de la temperatura del medio ambiente, en este caso se tomará un promedio de la temperatura.

- Temperatura¹⁸ promedio anual de Achocalla = 9°C
- Para ladrillos de 6 huecos

El combustible empleado en el horno túnel es Gas Natural¹⁹. Para el caso que nos ocupa se ha establecido el poder calorífico del combustible en $P.C.I = 8458 \left[\frac{Kcal}{h} \right]$

¹⁷ Materiales cerámicos industriales de pieza página 4

¹⁸ Servicio nacional de meteorología e hidrología SENAMHI en (ACHOCALLA)

¹⁹ Planteamiento de nuevas operacionales de ladrillos 2012 página 42 (Bolivia)

3.1.1 Producción de ladrillos

Al iniciar el diseño propiamente dicho del horno, partiremos de los requerimientos de producción, necesitando que albergue 13000 ladrillos en la quema cada 2 días con este dato se va a diseñar las dimensiones que tendrá el horno continuó tomando como punto de partida el ladrillo más grande que produce la fábrica acorde a la norma NTP 331.040:2006 para la fabricación de ladrillos de 6 huecos.

3.2 Cálculo de la energía requerida

3.2.1 Cálculo de los volúmenes de los ladrillos

Tabla: 4 Descripción de los ladrillos para el ladrillo de 6 huecos.

Dimensiones	Tamaño
Ladrillo Entero	25 x 15 x 10 1 ^{ra}
Ladrillo Entero	25 x 15 x 10 2 ^{da}
Ladrillo Entero	25 x 15 x 10 2 ^{da} (amarillo)

Fuente: Guía de buenas prácticas para ladrillos.

Con las características del ladrillo más grande calculamos con la siguiente ecuación del volumen de los ladrillos.

$$V_{\text{ladrillos}} = h_{\text{altura}} \times S_{\text{ancho}} \times L_{\text{longitud del ladrillo}}$$

$$V_{\text{ladrillo}} = 15 \times 10 \times 25 \text{ (cm)}$$

$$V_{\text{ladrillo}} = 3750 \text{ (cm}^3\text{)}$$

$$V_{\text{ladrillo}} = 0.00375 \text{ (m}^3\text{)}$$

3.2.2 Cálculo del volumen total de producción cada 2 días

$$V_{\text{produccion}} = V_{\text{ladrillos}} \times \text{produccion}$$

$$V_{\text{produccion}} = 0.00375 \times 13000$$

$$V_{produccion} = 48.75 m^3$$

3.2.3 Características físicas del producto

Figura: 12 Ladrillo de 6 huecos.



Fuente: Elaboración propia.

Este tipo de ladrillo se caracteriza por un desportillamiento leve en alguna de la parte de la pieza y por un color variante en toda la pieza.

- Cascote

Figura: 13 Ladrillo destinado para los cascotes.



Fuente: Elaboración propia.

Este ladrillo se lo destina a cascote cuando ya no cumple con las características de los de 1era y 2da calidad, por ende, este se vuelve subproducto.

- Mitades

Figura: 14 Mitad de los ladrillos de 6 huecos.

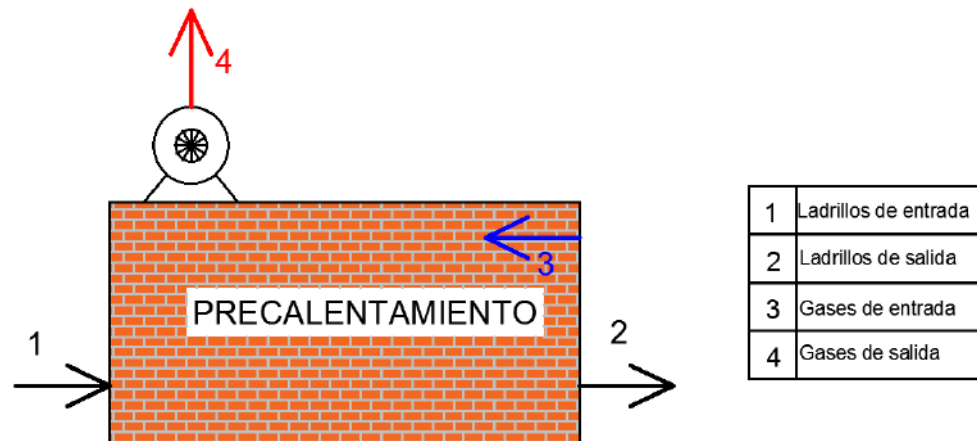


Fuente: Elaboración propia.

3.2.4 Calculo en la zona de precalentamiento

La masa de sólido arcilloso después de haber pasado por la etapa de secado y haber eliminado casi en su totalidad el agua presente en la mezcla se encuentra en condiciones de comenzar la etapa de cocción. En la zona de precalentamiento del horno túnel se inicia la etapa de cocción. La finalidad de esta etapa es conseguir un calentamiento progresivo y uniforme del ladrillo de manera que el producto adquiera características óptimas de trabajo ya que es en esta zona del horno túnel, donde la masa de arcilla va a sufrir alteraciones químicas.

Figura: 15 Zona de precalentamiento.



Fuente: Elaboración propia.

$$Q_{Gases} = Q_{Ladrillo} + Q_{Paredes} \quad (1)$$

Datos:

Q_{Gases} Calor cedido por los gases. [kJ/h]

$Q_{Ladrillo}$ Calor requerido por los ladrillos. [kJ/h]

$Q_{Paredes}$ Calor transferido a través de las paredes al exterior. [kJ/h]

3.2.4.1 Calor requerido por los ladrillos

$$Q_{Ladrillo} = Q_{\Delta T} + Q_{agua} \quad (2)$$

Donde:

Q_{agua} : Calor necesario para evaporar la humedad del producto. [kcal]

m_{agua} : Masa de agua contenida en el producto. [kg]

Cp_{agua} : Calor específico del fluido. [kcal/kg °C]

T_2 : Temperatura máxima de secado. [°C]

T_1 : Temperatura del agua contenida en el producto. [°C]

$$Cp_{Agua} = 1 [kcal/kg \text{ } ^\circ C]$$

El porcentaje de humedad presente en los ladrillos al comenzar la etapa de cocción en el horno túnel²⁰ es de: $agua=2\%$

$$Q_{agua} = m_{agua} \times Cp_{agua} \times (T_2 - T_1)$$

Reemplazando datos.

$$Q_{agua} = 0.03 \times 1 \times (600 - 9)$$

$$Q_{agua} = 17.73 \text{ [kcal]}$$

$$Q_{agua} = 24.74 \text{ [KJ/h]}$$

Para evaporar 35.4 gr de agua \rightarrow 17.73 [kcal] valor por ladrillo, para 13000 ladrillos será:

$$Q_{\Delta T} = 17.73 \text{ [kcal]} \times 13000$$

$$Q_{\Delta T} = 2.3 \times 10^5 \text{ [KJ/h]}$$

Reemplazando en la ecuación (1)

$$Q_{Ladrillo} = Q_{\Delta T} + Q_{agua}$$

$$Q_{Ladrillo} = 2.3 \times 10^5 + 24.74$$

$$Q_{Ladrillo} = 2.3 \times 10^5 \text{ [KJ/h]}$$

3.2.4.2 Calor transmitido a través de las paredes

1) Pérdida de calor a través de las paredes del horno

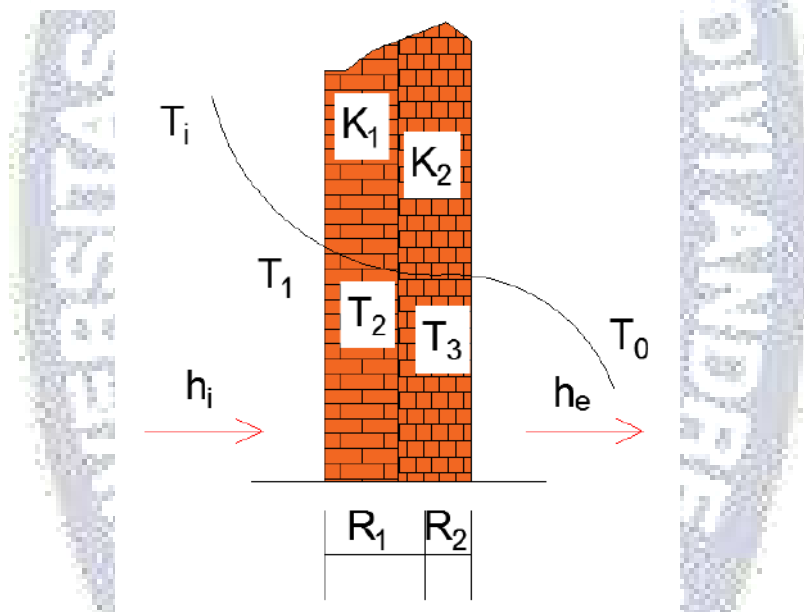
²⁰ Calor específico CALOR Y CANTIDAD DE CALOR

Para el cálculo de las pérdidas de calor a través de las paredes del horno, se calcularon por convección y radiación.

2) Pérdida de calor por convección

Para el cálculo de las pérdidas de calor por convección primero se determinará las temperaturas en las paredes externas e internas:

Figura: 16 Resistencia térmica a través de dos paredes.



Fuente: Elaboración propia.

Para los coeficientes de convección natural para los gases, los cuales se encuentran en un rango de 6 a 20 [$kcal/hm^2\text{°C}$], de tablas se tomaron los siguientes valores.

$$h_i = 10[kcal/hm^2\text{°C}]$$

$$h_e = 5[kcal/hm^2\text{°C}]$$

Se sabe que la pared de ladrillo será de 0.50 (m) de espesor y la pared de ladrillos refractario sea de 0.20 (m).

$$T_{Wi} = T_H - \Delta T \quad (3)$$

$$T_{We} = T_{amb} - \Delta T$$

Donde:

T_{Wi} : Temperatura de la pared interna. [°C]

T_{We} : Temperatura de la pared externa. [°C]

Para la diferencial de temperatura tenemos la siguiente ecuación²¹:

$$\Delta T = \frac{\frac{1}{h_i}}{\frac{1}{h_i} + \frac{X_1}{K_1} + \frac{X_2}{K_2} + \frac{1}{h_e}} \times (T_H - T_{amb}) \quad (4)$$

Donde:

ΔT : Diferencia de temperatura. (°C)

h_i : Coeficiente de convección en la pared interna. [Kcal/hm²°C]

h_e : Coeficiente de convección en la pared externa. [Kcal/hm²°C]

X: Espesor de la pared. [m]

K: Conductividad térmica del material. [Kcal/hm °C]

T_H : Temperatura del horno en la zona de combustión. (°C)

T_{amb} : Temperatura del ambiente. (°C)

Para determinar ΔT reemplazando datos:

²¹ Intercambiador de calor

Tabla: 5 Conductividad térmica de los ladrillos refractarios.

MATERIAL	Conductividad térmica
Ladrillo para exteriores	0.77 [W/m°C]
Ladrillo para interiores	0.56 [W/m°C]

Fuente: [http://\(1979\) manual de ingeniero](http://(1979) manual de ingeniero).

$$K_2 = 0.48[\text{Kcal}/\text{hm}^\circ\text{C}]$$

$$K_1 = 0.66[\text{Kcal}/\text{hm}^\circ\text{C}]$$

Remplazando datos (4)

$$\Delta T = \frac{\frac{1}{10}}{\frac{1}{10} + \frac{0.50}{0.66} + \frac{0.20}{0.48} + \frac{1}{5}} \times (1000 - 9)$$

$$\Delta T = 67.22[^\circ\text{C}]$$

Para las temperaturas de las paredes internas del horno:

$$T_{W_i} = T_H - \Delta T$$

$$T_{W_i} = 1000 - 67.22$$

$$T_{W_i} = 932.78[^\circ\text{C}]$$

Para las temperaturas de las paredes de las paredes externas del horno:

$$T_{W_e} = T_{amb} + \Delta T$$

$$T_{W_e} = 9 + 67.22$$

$$T_{W_e} = 76.22[^\circ\text{C}]$$

Para calcular las propiedades del aire atmosférico a la temperatura de las paredes internas son:

$$T_{P_i} = \frac{T_H + T_{W_i}}{2} \quad (6)$$

Donde:

T_{P_i} : Temperatura de la película de la pared interior. [$^{\circ}K$]

T_H : Temperatura del horno en la zona de combustión. [$^{\circ}K$]

T_{W_i} : Temperatura de la pared interna. [$^{\circ}K$]

Teniendo los datos y reemplazando:

$$T_{P_i} = \frac{T_H + T_{W_i}}{2}$$

$$T_{P_i} = \frac{(1000 + 273) + (932.78 + 273)}{2}$$

$$T_{P_i} = 1239.4 [^{\circ}K]$$

Para la densidad del aire a la presión atmosférica en Achocalla 0.62 (atm) se tiene.

$$\rho = \frac{PM}{RT} \quad (7)$$

Donde:

P: Presión atmosférica de ambiente en la paz. [atm]

M: Masa molar 28.9 [g/mol]

R: Constante de aire. 0.0823 [$atm \text{ l}/^{\circ}K \text{ mol}$]

T: Temperatura a la que se encuentra el aire. [$^{\circ}K$]

ρ : Densidad del aire. [kg/m^3]

Remplazando los datos en la ecuación.

$$\rho = \frac{0.62 \times 28.9}{(0.0823) \times (1239.4)}$$

$$\rho = 1.7 [kg/m^3]$$

La convección se toma natural para eso tomamos las siguientes ecuaciones considerando la pared del horno una placa vertical para el Número de Grashof.

$$Gr = \frac{\beta g \rho^2}{\mu^2} L^3 \Delta T \quad (8)$$

Donde:

Gr : Número de grasshoff

β : Coeficiente de dilatación. [$^{\circ}K$]

g : Aceleración de la gravedad. [m/s^2]

ρ : Densidad. [kg/m^3]

μ : Viscosidad dinámica. [Kg/ms]

L : Longitud de la placa vertical. [m]

ΔT : Diferencia de temperatura del horno y la pared interior. [$^{\circ}K$]

Para el coeficiente de dilatación.

$$\beta = \frac{1}{1259.7}$$

$$\beta = 7.93 \times 10^{-4}$$

Remplazando datos se tiene.

$$Gr = \frac{(7.93 \times 10^{-4}) \times (9.81) \times (1.7)^2}{(4.3 \times 10^{-5})^2} (3.3)^3 (1273 - 282)$$

$$Gr = 4.3 \times 10^{11}$$

Para el Número de Prandtl.

$$Pr = \frac{Cp \times \mu}{K} \tag{9}$$

Donde:

Pr: Número de Prandtl

μ : Viscosidad dinámica. [kg/ms]

k: Conductividad térmica. [W/m°K]

C_p : Calor específico. [J/kg°K]

Reemplazando datos se tiene:

$$Pr = \frac{Cp \times \mu}{K}$$

$$Pr = \frac{(1151.1) \times (4.3 \times 10^{-5})}{(0.07)}$$

$$Pr = 0.70$$

Para el Número de Raleigh:

$$Ra = Gr \times Pr$$

Reemplazando datos:

$$Ra = Gr \times Pr$$

$$Ra = (4.3 \times 10^{11}) \times (0.70)$$

$$Ra = 3 \times 10^{10}$$

Para el Número de Nusselt (para $Ra > 10^9$) tenemos la siguiente ecuación:

$$Nu = 0.021(Ra)^{2/5} \quad (10)$$

Reemplazando datos:

$$Nu = 0.021(Ra)^{2/5}$$

$$Nu = 0.021(3 \times 10^{10})^{2/5}$$

$$Nu = 325.88$$

Tenemos el coeficiente de convección para la pared interna:

$$h_i = \frac{325.88 \times 0.070}{3.3}$$

$$h_i = 6.9 [W/m^2 \cdot K]$$

$$h_i = 888.7 [Kcal/hm^2 \cdot C]$$

Para calcular h_e las propiedades del aire atmosférico a la temperatura de la película exterior son:

$$T_{Pe} = \frac{T_{amb} + T_{We}}{2} \quad (11)$$

Donde:

T_{Pe} : Temperatura de la película de la pared exterior. [$^{\circ}K$]

T_{amb} : Temperatura del horno en la zona de cocción. [$^{\circ}K$]

T_{We} : Temperatura de la pared externa. [$^{\circ}K$]

Reemplazando datos:

$$T_{Pe} = \frac{T_{amb} + T_{We}}{2}$$

$$T_{Pe} = \frac{(9 + 273) + (76.22 + 273)}{2}$$

$$T_{Pe} = 315.6 [^{\circ}K]$$

Para la densidad del aire a la presión atmosférica en Achocalla se tiene: 0.62 (atm).

$$\rho = \frac{PM}{RT} \quad (12)$$

Donde:

P: Presión atmosférica de ambiente en la paz. [atm]

M: Masa molar 28.9 [g/mol]

R: Constante de aire. 0.0823 [atm l/°K mol]

T: Temperatura a la que se encuentra el aire. [°K]

ρ : Densidad del aire. [kg/m³]

Reemplazando datos:

$$\rho = \frac{PM}{RT}$$

$$\rho = \frac{0.62 \times 28.9}{(0.0823) \times (315.61)}$$

$$\rho = 0.73 [kg/m^3]$$

La convección se toma natural para eso tenemos las siguientes ecuaciones considerando la pared del horno una placa vertical para el Número de Grashof.

$$Gr = \frac{\beta g \rho^2}{\mu^2} L^3 \Delta T \quad (13)$$

Donde:

Gr : Número de grasshoff

β : Coeficiente de dilatación. [$^{\circ}K$]

g : Aceleración de la gravedad. [m/s^2]

ρ : Densidad. [kg/m^3]

μ : Viscosidad dinámica. [Kg/ms]

L : Longitud de la placa vertical. [m]

ΔT : Diferencia de temperatura del horno y la pared interna. [$^{\circ}K$]

Para el coeficiente de dilatación.

$$\beta = \frac{1}{295.3}$$

$$\beta = 3.38 \times 10^{-3}$$

Remplazando datos se tiene.

$$Gr = \frac{(3.38 \times 10^{-3}) \times (9.81) \times (0.73)^2}{(2.076 \times 10^{-5})^2} (3.3)^3 \times (315.61 - 282)$$

$$Gr = 4.95 \times 10^{10}$$

Para el Número de Prandtl.

$$Pr = \frac{c_p \times \mu}{K} \quad (14)$$

Donde:

Pr : Número de Prandtl

μ : Viscosidad dinámica. [kg/ms]

k : Conductividad térmica. [$W/m^{\circ}K$]

C_p : Calor específico. [$J/kg^{\circ}K$]

Reemplazando datos se tiene:

$$Pr = \frac{C_p \times \mu}{K}$$

$$Pr = \frac{(1008.38) \times (2.076 \times 10^{-5})}{(0.030)}$$

$$Pr = 0.69$$

Para el Número de Raleigh:

$$Ra = Gr \times Pr$$

(15)

Reemplazando datos:

$$Ra = Gr \times Pr$$

$$Ra = (4.95 \times 10^{10}) \times (0.697)$$

$$Ra = 3.45 \times 10^{10}$$

Para el Número de Nusselt (para $Ra > 10^9$)

$$Nu = 0.021(Ra)^{2/5}$$

Reemplazando datos:

$$Nu = 0.021(Ra)^{2/5}$$

$$Nu = 0.021(3.45 \times 10^{10})^{2/5}$$

$$Nu = 344.6$$

Tenemos el coeficiente de convección de la pared exterior:

$$h_e = \frac{Nu \times K}{L} \quad (16)$$

$$h_e = \frac{344.62 \times 0.03}{3.3}$$

$$h_e = 3.13 [Kcal/hm^2 \circ C]$$

La pérdida de calor en la zona de combustión del horno por convección es:

$$\frac{q_{CCC}}{A_T} = \frac{T_H - T_{amb}}{\frac{1}{h_i} + \frac{X_1}{k_1} + \frac{X_2}{k_2} + \frac{1}{h_e}} \quad (17)$$

Donde:

q_{CCC} : Calor por convección en la cámara de combustión. [Kcal/h]

A_T : Área total de la cámara de combustión. (m²)

T_H : Temperatura del horno en la cámara de combustión. (°C)

T_{amb} : Temperatura del ambiente. (°C)

h_i : Coeficiente de convección en la pared interna. [Kcal/hm²°C]

h_e : Coeficiente de convección en la pared externa. [Kcal/hm²°C]

X: Espesor de la pared. [m]

K: Conductividad térmica del material. [Kcal/hm °C]

Reemplazando datos:

$$\frac{q_{c_{cc}}}{A_T} = \frac{T_H - T_{amb}}{\frac{1}{h_i} + \frac{X_1}{k_1} + \frac{X_2}{k_2} + \frac{1}{h_e}}$$

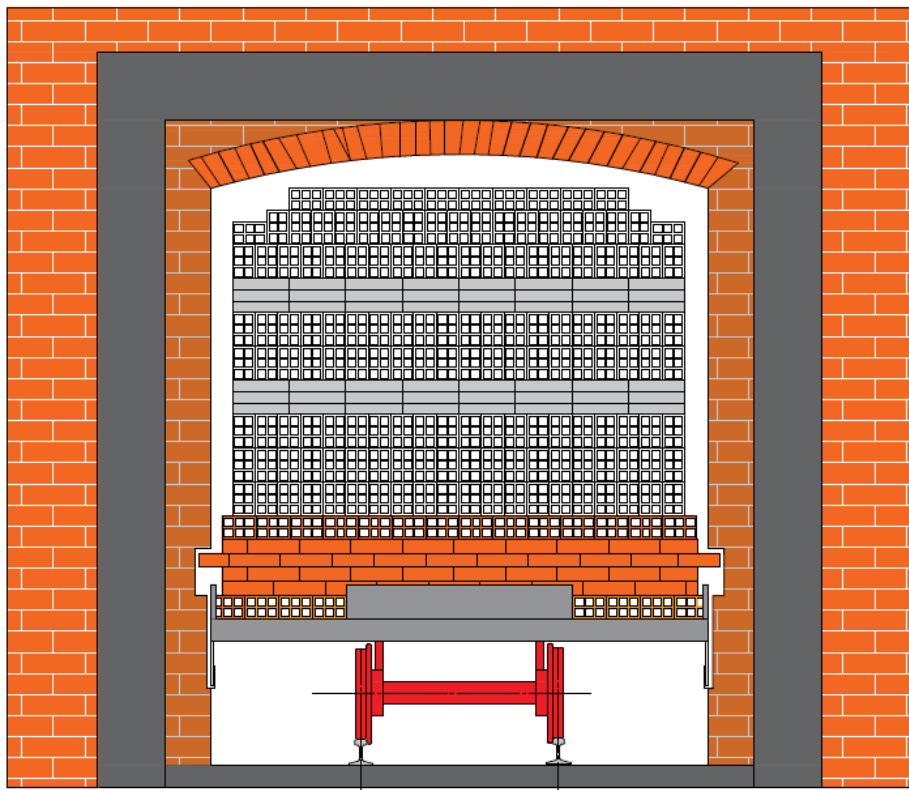
$$\frac{q_{c_{cc}}}{A_T} = \frac{1000 - 9}{\frac{1}{1.72} + \frac{0.20}{0.48} + \frac{0.50}{0.66} + \frac{1}{3.95}}$$

$$\frac{q_{c_{cc}}}{A_T} = 493.32 [Kcal/hm^2]$$

Hallamos el área total de la cámara de combustión:

$$A_T = A_{pl} + A_{ps} + A_{pi} \quad (18)$$

Figura: 17 Pared frontal de la zona de cocción.



Fuente: Elaboración propia.

Pared inferior de la zona de combustión

$$A_{pi} = 2.8 \times 10$$

$$A_{pi} = 28[m^2]$$

Pared lateral de la zona de combustión

$$A_{pl} = 10 \times 3.3$$

$$A_{pl} = 33[m^2]$$

Como son dos se multiplica por 2

$$A_{pl} = 66[m^2]$$

Pared superior de la zona de combustión.

$$A_{ps} = \frac{(\pi \times r^2)(L)}{2}$$

$$A_{ps} = \frac{(\pi \times 1.5^2)(3.3)}{2}$$

$$A_{ps} = 11.66[m^2]$$

El área total de la zona de cocción será:

$$A_T = A_{pl} + A_{ps} + A_{pi}$$

$$A_T = 28 + 66 + 11.66$$

$$A_T = 105.66[m^2]$$

Pérdida de calor por convección es:

$$\frac{q_{cc}}{A_T} = 493.32[Kcal/hm^2]$$

Remplazando datos tenemos:

$$q_{CC} = 493.32 \times 105.66$$

$$q_{Pc} = 52 \times 10^3 [\text{Kcal/h}]$$

3) Pérdida de calor por radiación

Para el cálculo de calor por radiación se utilizará la siguiente ecuación

$$q_{Pr} = \phi \times \varepsilon \times A_T \times (T_{We}^4 - T_{amb}^4) \quad (19)$$

Donde:

q_{Pr} : Calor por radiación en la zona de cocción. [Kcal/h]

A_T : Área total de la zona de cocción. [m²]

T_{We} : Temperatura en la pared exterior. [°K]

T_{amb} : Temperatura del ambiente. [°K]

ϕ : Constante de Stefan – Boltzmann. [Kcal/hm²°K]

ε : Emisividad del ladrillo refractario. [0.75]

Remplazando datos:

$$q_{Pr} = \phi \times \varepsilon \times A_T \times (T_{We}^4 - T_{amb}^4)$$

$$q_{Pr} = (4.92 \times 10^{-8})(0.75)(105.66)((76.22 + 273)^4 - (9 + 273)^4)$$

$$q_{Pr} = 33 \times 10^3 [\text{Kcal/h}]$$

Entonces el calor total perdido en la zona de cocción:

$$Q_{Pcc} = q_{Pr} + q_{Pc}$$

Remplazando datos tendremos:

$$Q_{Pcc} = 33330.76 + 52124.19$$

$$Q_{Pcc} = 85454.94 [Kcal/h]$$

$$Q_{Pcc} = 36 \times 10^4 [KJ/h]$$

Finalmente sumamos todas las cargas térmicas que necesita el horno para su funcionamiento.

$$Q_{Paredes} = Q_{Pcc} + Q_L \quad (20)$$

$$Q_{Paredes} = 357543.47 + 2.3 \times 10^5$$

$$Q_{Paredes} = 5.8 \times 10^5 [KJ/h]$$

Calor transmitido por los gases

Remplazando en la ecuación (1)

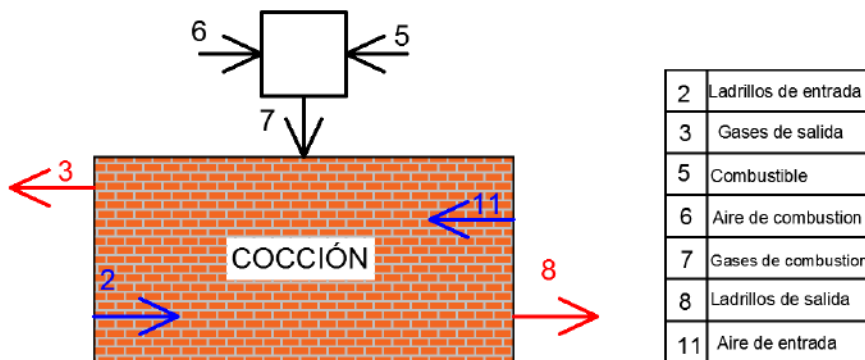
$$Q_{Gases} = Q_{Ladrillo} + Q_{Paredes}$$

$$Q_{Gases} = 2.3 \times 10^5 + 5.8 \times 10^5$$

$$Q_{Gases} = 8.1 \times 10^5 [KJ/h]$$

3.2.5 Zona de cocción

Figura: 18 La Zona de cocción.



Fuente: Elaboración propia

Utilizamos la siguiente ecuación para calcular el calor necesario para este proceso.

$$Q_{\text{cocción}} = \dot{m}_{\text{arcilla}} \times C_{p_{\text{arcilla}}} \times (T_2 - T_1)$$

Donde:

$Q_{\text{cocción}}$: Calor necesario para la cocción del producto. [kcal]

\dot{m}_{arcilla} : Masa de arcilla que tiene cada ladrillo. [kg]

$C_{p_{\text{arcilla}}}$: Calor específico de la arcilla. [kcal/kg °C]

T_2 : Temperatura máxima de cocción. [°C]

T_1 : Temperatura ambiente. [°C]

Sabiendo que el ladrillo con humedad pesa alrededor 3 kg por medio de ensayos y después de un proceso de secado al 100% esto logra pesar alrededor de 3.2 Kg sin cocer y en su etapa completa de cocción esta logra pesar finalmente 2.80 (kg) aproximadamente.

Teniendo en cuenta este dato considera que cada ladrillo antes de su cocción tendrá 2.80 (kg).

$$m_{\text{ladrillo}} = 2.80 \text{ [kg]}$$

Teniendo en cuenta para cada cocción será de 13000 ladrillos

$$m_{\text{ladrillo}} = 2.80 \text{ [kg]} \times 13000$$

$$m_{\text{ladrillo}} = 36400 \text{ [kg]}$$

$$m_{\text{ladrillo}} = 36.4 \text{ [ton]}$$

$$Q_{\text{cocción}} = \dot{m}_{\text{arcilla}} \times C_{p_{\text{arcilla}}} \times (T_2 - T_1)$$

El calor específico de la arcilla es:

$$Cp_{arcilla} = 0.37[\text{cal}/\text{gr } ^\circ\text{C}]$$

Reemplazando datos:

$$Q_{coccion} = 36400000 \text{ gr} \times 0.37[\text{cal}/\text{gr } ^\circ\text{C}](1000 - 9)^\circ\text{C}$$

$$Q_{coccion} = 1.33 \times 10^{10}[\text{cal}]$$

$$Q_{coccion} = 13 \times 10^6[\text{kcal}]$$

Teniendo en cuenta que la cocción se realiza en 3 hr

$$Q_{coccion} = 4448929[\text{kcal}/\text{h}]$$

$$Q_{coccion} = 18 \times 10^5[\text{kJ}/\text{h}]$$

3.2.5.1 Cantidad de calor que absorbe el horno

Se halla el área de transferencia de calor de paredes y techo

Las paredes con ladrillos refractario 0.20 m y el techo 0.30 m

El área trasferida será:

2 paredes:

$$A_{Paredes} = 3.3 \text{ m} \times 10 \text{ m} = 33 \text{ m}^2$$

$$A_{Techo} = 10 \text{ m} \times 2.4 \text{ m} = 24 \text{ m}^2$$

Para los coeficientes de convección natural para las paredes:

$$h_1 = 8 [\text{kcal}/\text{hm}^2^\circ\text{C}]$$

$$h_2 = 20 [\text{kcal}/\text{hm}^2^\circ\text{C}]$$

Tabla: 6 Conductividad térmica de algunos materiales.

λ_1	Conductividad de ladrillos refractario	0.55 [kcal/hm ² °C]
λ_2	Coficiente de conductividad de mortero de cal y cemento	0.60 [kcal/hm ² °C]

Fuente: Norma básica de edificación NBE.

$$Q_{pared} = A \times (T_2 - T_1) \times \left(\frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{\varepsilon_1}{\lambda_1} + \frac{\varepsilon_2}{\lambda_2} + \frac{1}{h_2}} \right)$$

$$Q_{pared} = 57 \times (1000 - 9)^\circ C \times \left(\frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0.2}{0.55} + \frac{0.3}{0.60} + \frac{1}{20}} \right)$$

$$Q_{pared} = 54385.73 \left[\frac{Kcal}{h} \right]$$

$$Q_{pared} = 22 \times 10^4 \left[\frac{KJ}{h} \right]$$

3.2.5.2 Consumo teórico de combustible

El consumo de combustión, o el gasto se calculan en base al consumo calorífico del horno, y el poder calorífico inferior del combustible, para esto se utiliza la siguiente ecuación:

$$\dot{m}_c = \frac{Q}{P_{ci}}$$

Donde:

\dot{m}_c : Gastos de combustible. [m³/kg]

Q: Consumo calorífico del horno. [Kcal/h]

P_{ci} : Poder calorífico inferior del gas. [Kcal/kg]

Para P_{ci} se utilizará 8458 [Kcal/h] que es para instalaciones de gas que se consideren industriales (presión > 50 mbar).

$$\dot{m}_c = \frac{Q}{P_{ci}}$$

$$\dot{m}_c = \frac{97487200}{8458}$$

$$\dot{m}_c = 1156[\text{Kg/h}]$$

El flujo de gas será:

$$\dot{F} = \dot{m}_c \times V_c$$

Donde:

\dot{F} : Flujo de combustible. [m^3/h]

V_c : Volumen específico del combustible. [m^3/h]

Remplazando en la ecuación.

$$\dot{F} = \dot{m}_c \times V_c$$

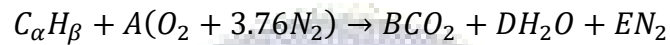
$$\dot{F} = 1156 \times 0.461$$

$$\dot{F} = 532.9[\text{m}^3/\text{h}]$$

3.2.5.3 Cantidad de aire para quemar combustible

La combustión es una reacción química donde los componentes de hidrocarburos del gas natural que es el combustible se combinan con los átomos del aire que es el comburente, generando el calor.

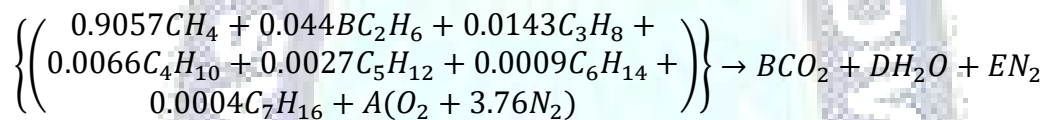
El proceso de combustión de un hidrocarburo está dado por la ecuación:



Donde:

Los compuestos del lado izquierdo son los hidrocarburos más el aire, los del lado derecho son los productos de la combustión.

La ecuación estequiométrica de combustión con los datos de tabla reemplazando en la ecuación nos da.



Determinando los coeficientes de la anterior ecuación e igualando independientemente los carbonos hidrógenos y nitrógenos que se obtuvo.

$$A = 2.12$$

$$B = 1.09$$

$$D = 2.06$$

$$E = 7.97$$

La relación aire combustible (A/F) considerando que el C=12, H=1; la masa molar del aire es 28.9[kg/mol] tenemos:

$$\frac{A}{F} = \frac{2.12(1 + 3.76)Kmol \text{ de aire} \times 28.9[kg/kmol]}{17.2[kg/kmol] \text{ de combustible}}$$

$$\frac{A}{F} = 16.5 \times 1.2 \frac{kg \text{ de aire}}{kg \text{ de gas natural}}$$

$$\frac{A}{F} = 19.8 \frac{kg \text{ de aire}}{kg \text{ de gas natural}}$$

3.2.5.4 Cálculo de flujo de aire y flujo de los productos de combustión

De la ecuación de gasto de aire se obtiene

$$\dot{m}_a = A/F \times \dot{m}_c$$

$$\dot{m}_a = 19.8 \times 1156$$

$$\dot{m}_a = 1907.4 [Kg_{aire}/h]$$

El flujo de aire calculamos con la ecuación.

$$F'_a = \dot{m}_a \times V_a$$

$$F'_a = 1907.4 \times 0.80$$

$$F'_a = 1525.9 [m^3/h]$$

Con los datos encontramos el gasto de los productos de combustión.

$$\dot{m}_p = \dot{m}_a + \dot{m}_c$$

$$\dot{m}_p = 1907.4 + 1156$$

$$\dot{m}_p = 3063.4 [kg/h]$$

Para determinar el flujo de los productos determinamos primero la densidad de estos que según tabla son.

Tabla: 7 Densidades de productos de combustión.

Producto de la combustión	Densidad δ [kg/m ³]
CO ₂	1.97
O ₂	1.43
N ₂	1.257
H ₂ O	0.804

Fuente: MAVAINSA (s.f) combustión página 5.

$$\delta_p = \lambda_{CO_2} \times \delta_{CO_2} + \lambda_{O_2} \times \delta_{O_2} + \lambda_{N_2} \times \delta_{N_2} + \lambda_{H_2O} \times \delta_{H_2O}$$

Donde:

δ : Densidad [kg/m³]

λ : Peso específico

Reemplazando:

$$\delta_p = (0.0962 \times 1.97) + (0.0394 \times 1.43) + (0.7414 \times 1.257) + (0.123 \times 0.804)$$

Densidad del producto de combustión

$$\delta_p = 1.27 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

Para el flujo total de productos tenemos

$$\dot{V}_p = \frac{\dot{m}_p}{\delta_p}$$

$$\dot{V}_p = \frac{3063.4}{1.2767}$$

$$\dot{V}_p = 2399 \text{ [m}^3\text{/h]}$$

Calculamos la cantidad de aire que ingresa en función de la cantidad de combustible que se suministra:

$$C_a = \frac{\dot{F}_a}{\dot{m}_c}$$

$$C_a = \frac{1525.9}{1156}$$

$$C_a = 1.32[m^3/kg]$$

Finalmente calculamos la cantidad de gases de escape

$$C_p = \frac{\dot{V}_p}{\dot{m}_c}$$

$$C_p = \frac{2399.5}{1156}$$

$$C_p = 2.75[m^3/kg]$$

3.2.5.5 Termopar tipo K

El termopar tipo K se lo conoce como termopar chromel-alumel. El chromel es una aleación de aproximadamente 90% de níquel y 10% de cromo, el alumel es una aleación de 95% de níquel, más aluminio, silicio y magnesio²²

El termopar tipo K pueden utilizarse en forma continua en atmosferas oxidantes e inertes hasta 1260 y constituyen el tipo más satisfactorio de termopar para uso en atmosferas reductoras o sulfurosas o en vacío.

²² razón por la que la norma IEC la especifica NiCr-NI.

Frecuentemente, el termoelemento esta introducido en una carcasa en extremo (termo pozo) que se fabrica de una aleación metálica resistente a la corrosión o al calor, se utiliza un material refractario

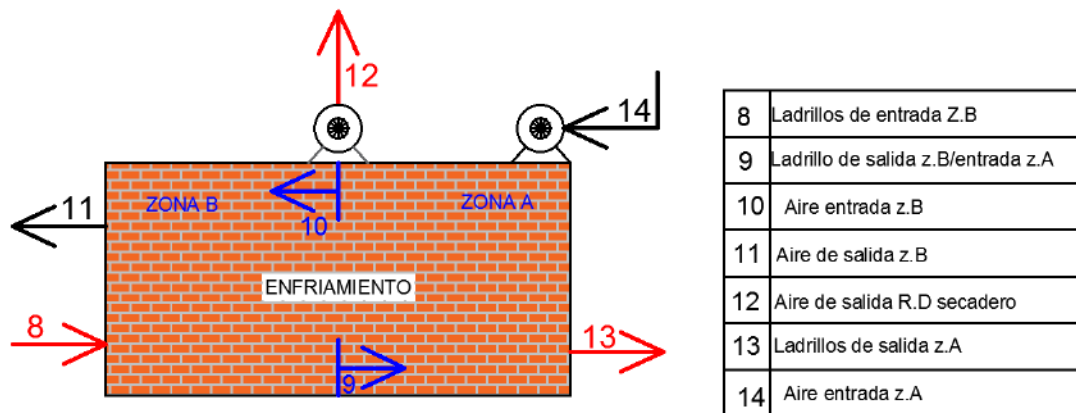
Figura: 19 Termopar colocado en carcasa de protección.



Fuente: Sistema de control de un horno a combustión.

3.2.6 Zona de enfriamiento

Figura: 20 Zona de enfriamiento.



Fuente: Elaboración propia.

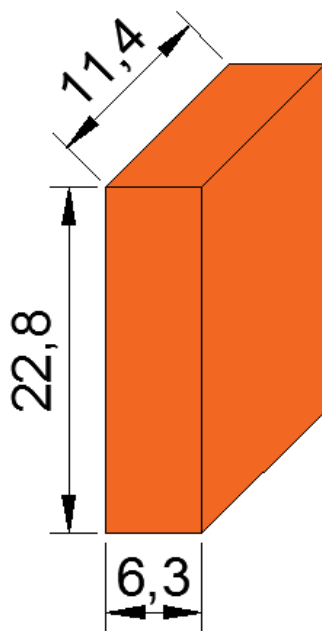
Para simplificar los cálculos se ha dividido la zona de enfriamiento en dos etapas: A y B, correspondientes a la zona de enfriamiento lento y rápido respectivamente.

La masa de sólido una vez que es cocida en su totalidad es conducida hacia un enfriamiento rápido, correspondiente con la etapa B de la zona de enfriamiento consecuencia de la etapa de cocción se establece que la temperatura de $T = 900^{\circ}\text{C}$ los ladrillos a la entrada de la zona B enfriamiento:

Se ha considerado oportuno no asociarle a esta zona del horno túnel pérdidas a través de las paredes, ya que la temperatura media de trabajo de esta zona es mucho menor que las presentes en las dos zonas restantes del horno.

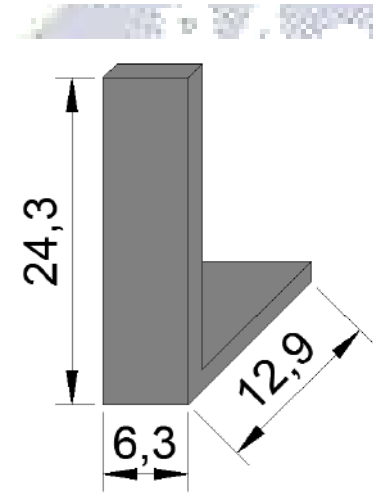
3.2.6.1 Determinar grosor de la mezcla con el ladrillo refractario

Figura: 21 Dimensiones del ladrillo refractario en (cm)



Fuente: Elaboración propia

Figura: 22 Área de cemento refractario (cm)



Fuente: Elaboración propia

Volumen de la cara lateral

$$V_{CL} = 1.5 \times 24.3 \times 6.3$$

$$V_{CL} = 229.6 \text{ cm}^3$$

Vista de la cara inferior

$$V_{CL} = 1.5 \times 12.9 \times 6.3$$

$$V_{CL} = 121.9 \text{ cm}^3$$

Sumamos los volúmenes:

$$V_{Cemento} = 229.6 + 121.9$$

$$V_{Cemento} = 351.5 \text{ cm}^3 \rightarrow 0.0004 \text{ m}^3$$

Multiplicando este valor por la cantidad de ladrillos:

$$V_{CementoTotal} = 0.0004 \times 14000$$

$$V_{Cemento_{Total}} = 5.6 \text{ m}^3$$

Para poder hallar la masa total en kilogramos del cemento refractario si la densidad del cemento es 1200 kg/m^3

$$m_c = \rho_c \times V_c$$

$$m_c = 1200 \times 5.6 = 6720 \text{ kg}$$

3.3 Determinación de la potencia de los quemadores

Para la selección adecuada del quemador que actuara en la cámara de combustión, primero se tienen que determinar la cantidad de calor total que necesita el horno.

$$Q_{QUEMADOR} = Q_{total} \times 1.2$$

Se utiliza un factor de (1.2) para posibles contratiempos algún tipo de función de calor o algún cambio brusco de temperatura externa.

$$Q_{total} = 5.8 \times 10^5 \times 1.2$$

$$Q_{total} = 6.9 \times 10^5 [\text{KJ/h}]$$

$$Q_{total} = 2484 [\text{Kw}]$$

La eficiencia del horno será igual:

$$\varepsilon = \frac{Q_U}{Q_U + Q_{Tp}}$$

Datos:

ε : Eficiencia de la cámara de combustión

Q_U : Calor útil. $[\text{KJ/h}]$

Q_{Tp} : Calor perdido total. [KJ/h]

$$\varepsilon = \frac{Q_U}{Q_U + Q_{Tp}}$$

$$\varepsilon = \frac{1862676.9}{1862676.9 + 258200.50}$$

$$\varepsilon = 0.88$$

$$\varepsilon = 88\%$$

3.3.1 Selección y especificación

1) Quemador

Ficha técnica – Serie RUB10

Tabla: 8 Datos generales del quemador.

Datos generales	
Modelo	Rub10 400/1500
Quemador tipo	Alta velocidad
Combustible	Gas natural o LPG
Presión estática(mbar)	De 70 a 160 para gas natural / De 50 a 80 para LPG
Capacidad mínima(Kcal/h)	300.000
Capacidad máxima(Kcal/h)	1.500.000
Potencia motor 50Hz (HP)	Variable según necesidad del proceso o aplicación
Potencia motor 60Hz (HP)	

Fuente: americana gas proporción de catálogo rub 10.

* Las capacidades son expresadas a contrapresión

* Los motores eléctricos considerados son de 2800 rpm

*T = trifásico

- Encendido directo sin piloto o piloto by-pass
- Llama corta – múltiples relaciones aire/gas
- Brida de acople en acero
- Cuerpo en fundición de aluminio
- Cámara de combustión en AISI 310
- Detección de llama por ionización, IRD o UV

Figura: 23 Quemador Rub10, hasta 1.500.000 Kcal/h.



Fuente: www.rubcar-borghi.com.ar.

2) Alimentación de gas

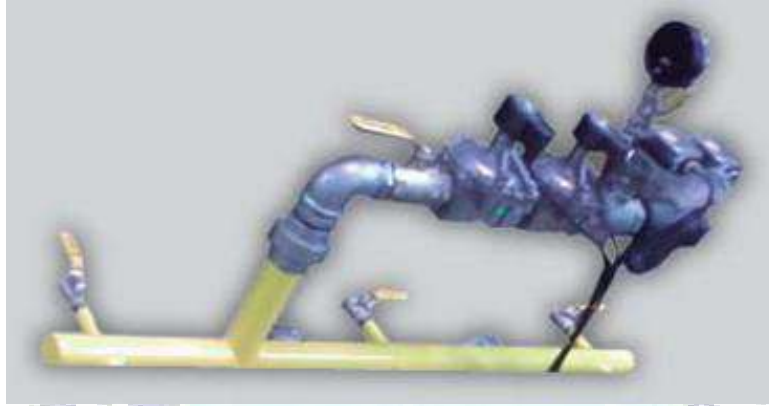
Figura: 24 Alimentación de gas con presión regulable.



Fuente: www.rubcar-borghi.com.ar.

- **Tren de Válvulas General**

Figura: 25 Tren de válvulas de alimentación de gas.



Fuente: www.rubcar-borghi.com.ar.

Filtro de gas - 50 micrones. Presostatos para gas - Corte por baja y alta presión.

Válvulas solenoides - Manómetro – Válvula de regulación manual y bloqueos.

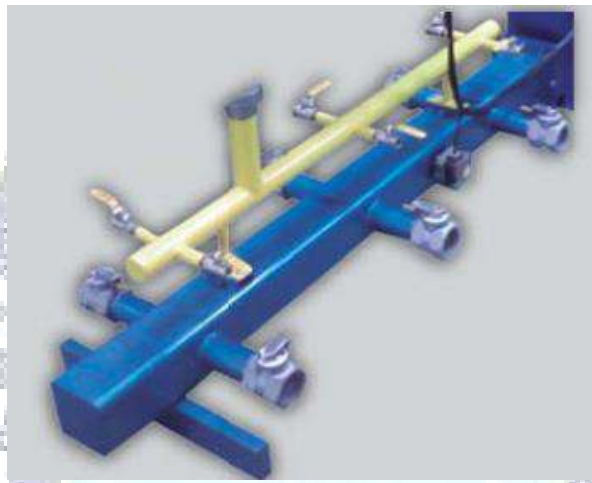
Completamente según normas NAG 201.

- **Alimentación Quemadores**

Llave de regulación manual de 1/2" para cada quemador.

- **Colector Central de gas fijo**

Figura: 26 Colector de gas y aire fijo.



Fuente: www.rubcar-borghi.com.ar.

6 o más posiciones.

3) Alimentación de aire

Figura: 27 Ventilador de aire.



Fuente: www.rubcar-borghi.com.ar.

- **Ventilador**

Ventilador centrífugo. Acople de motor directo.

- **Motor eléctrico**

Motor normalizado blindado B3. Potencia de 5 HP - según modelo 380/460v 50 Hz - 2800 rpm.

- **Alimentación a quemadores**

- **Sistema fijo o móvil.**

Salida independiente para cada quemador.

Mariposas de hierro fundido.

- **Presos tatos de Aire**

Corte por baja presión.

- 4) **Alimentación eléctrica**

- 1) **Tablero eléctrico**

Comando y potencia. Arranque directo con contacto y protección con relevo térmico.

Interruptor de encendido tren de válvulas y ventilador con señales luminosas. Señal luminosa de PA, PGA y PGB. Control de temperatura digital con modulación y 2 alarmas. Sistema pulsante a opcional.

Figura: 28 Tablero eléctrico para controlar los quemadores



Fuente: www.rubcar-borghi.com.ar

- **La presión de combustible en la red principal:**

Es de 20 bares un aproximado de 300 PSI

3.4 Determinación de la potencia de los ventiladores

Para el cálculo de la potencia de los ventiladores presentes en el horno túnel se ha considerado, que realizan su trabajo en condiciones adiabáticas según las condiciones del proceso, es decir, según que la pérdida de calor por radiación sea mayor o menor, se trabajará en condiciones adiabáticas o isotermas, correspondiendo con las con los procesos límites. El caso de trabajo intermedio va asociado a las condiciones poli trópicas.

Ambiente: horno

Largo: 13 m

Ancho: 2.8 m

Alto: 3.3 m

Ducto:

$$\Delta P = 120 [N/m^2]$$

Filtro:

$$\Delta P = 50 [N/m^2]$$

Selecciona el ventilador

- Caudal (Q)
- Caída de presión (ΔP)

Caudal:

$$Q = \frac{Vol \times (NR/h)}{3600}$$

Donde:

Q: Caudal de aire requerido [m^3/seg]

V: Volumen del local a ventilar [m^3]

R/h: Número de revoluciones por hora

Volumen del ambiente:

$$Vol = A \times L \times H$$

$$Vol = 13 m \times 2.8 m \times 3.3 m$$

$$Vol = 120.12 m^3$$

El número de revoluciones por hora (NR/h)

Ambiente horno

$$\frac{NR}{h} = 80$$

Remplazando datos:

$$Q = \frac{120.12 \times (80)}{3600}$$

$$Q = 2.7[m^3/seg]$$

La caída de presión:

$$\Delta P = \Delta P_{ducto} + \Delta P_{filtro}$$

$$\Delta P = 120 + 50$$

$$\Delta P = 170[N/m^2]$$

Determinando la potencia del ventilador.

$$P = \frac{\Delta P \times Q}{3600 \times \eta}$$

Donde:

G: Flujo másico que recorre el ventilador [mol/h].

W: Trabajo de compresión adiabático [J/mol].

η : Rendimiento del sistema de ventilador-motor.

Se ha asignado al rendimiento del ventilador-motor el valor de 0.7

Remplazando: ventilador (1)

$$P = \frac{170 \times 2.7}{75 \times 0.7}$$

$$P_1 = 8.7[Kw]$$

Las potencias de los tres ventiladores situados en el horno túnel de estudio, corresponde.

P_1	8.7 [KW]
P_2	8.7 [KW]
P_3	10.2 [KW]

3.5 Selección y especificación

Ventilador 1: ventilador centrifugo modelo G4-68-10D. Casals, acepta un caudal máximo de trabajo de 16011 [m³/h] y es recomendable el uso de un motor de 11 [KW].

Ventilador 2: ventilador centrifugo modelo G4-68-10D. Casals, acepta un caudal máximo de trabajo de 16011 [m³/h] y es recomendable el uso de un motor de 11 [KW].

Ventilador 3: ventilador centrifugo modelo MBRU 631 T2. Casals, acepta un caudal máximo de trabajo de 23464 [m³/h] y es recomendable el uso de un motor de 15 [KW].

3.6 Determinación de N° y dimensionamiento de los vagones

3.6.1 Determinación de la longitud del horno túnel

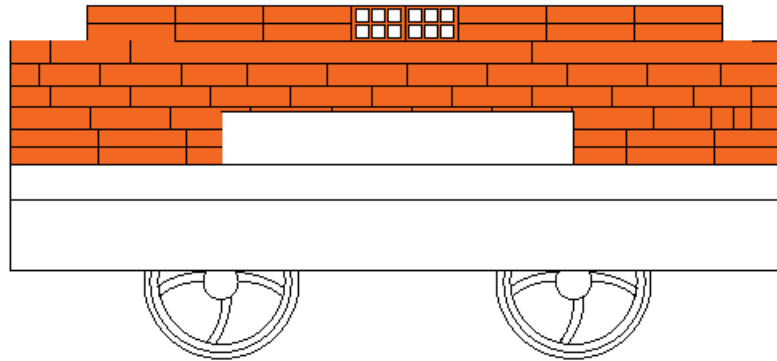
La longitud del horno está en función de las dimensiones de la vagoneta, por lo que previamente al cálculo de las dimensiones del horno se van a establecer, las dimensiones de las vagonetas de material refractario a implantar en el horno.

3.6.2 Cálculo de las vagonetas

Las vagonetas de material refractario, utilizadas en la industria cerámica para transportar a través del horno túnel material de construcción poseen un ancho de 2.2 m y un largo variable.

Para el caso que nos ocupa, las vagonetas van a tener un largo a definir, necesario para situar la carga de ladrillos y dejar un volumen libre que garantice la convección de los gases.

Figura: 29 Vagoneta con ladrillos.



Fuente: Elaboración propia.

Antes de definir la longitud del horno es necesario definir algunos parámetros que repercuten implícitamente, como son:

- 1) Unidades de ladrillos en cada carga.

Se ha establecido que el número de unidades de ladrillos que va a contener una carga es de 900 unidades.

- 2) N° de Carga realizadas en una hora.

El número de unidades de materiales de construcción producidos por el horno túnel en tres horas es:

$$\frac{2000 \frac{kg}{h}}{2.8 \frac{kg}{unid}} = 7143 \frac{unid}{h}$$

Por tanto, el número de cargas realizadas en tres horas son:

$$\frac{7143 \frac{unid}{h}}{900 \frac{unid}{carga}} = 8 \frac{cargas}{h}$$

3) Carga en una vagoneta

Establece el valor de la cantidad de unidades de ladrillos que ha de soportar cada vagoneta.

$$c_{vagoneta} = 900 \frac{unid}{carga} \times 1 \frac{carga}{vagon} = 900 unid/vagon$$

4) Dimensión de la carga

El volumen de la carga es:

$$900 \frac{unid}{carga} \times 0.0028 \frac{m^3}{unid} = 2.52 [m^3]$$

El largo y ancho de la carga queda establecida en función de las palets. Estandarizados donde se sitúan la carga para su embalaje. Por esto la altura queda así fijada, siendo las dimanaciones:

Dimensión	Largo	Ancho	Alto
m	2.2	2.2	1.44

5) Dimensión de los vagones

El ancho de las vagonetas utilizada en el horno túnel para la cocción de material de construcción se encuentre estandarizado; siendo de 2.2(m).

Las dos cargas se sitúan paralelamente en la vagoneta de manera que nos referimos al largo, el espacio ocupado por la carga es de 0.5 (m).

Debido a esto, se define el largo de la vagoneta es 2.2 (m) establecido en espacio libre que garantiza la convección de los gases de combustión.

La altura de las vagonetas se data 0.5(m), albergando es esta altura el refractario correspondiente, una ligera capa de hormigón y las ruedas de las vagonetas.

6) Densidad de la carga

Se define como el número de unidades que alberga el horno por unidad de volumen. Se ha calculado a partir del número de cargas situadas en la vagoneta en el volumen equivalente al total de la vagoneta.

$$k = \frac{900 \text{ unid}}{2.2(m) \times 2.2(m) \times 1.44(m)} = 129 \text{ unid}/m^3$$

3.6.2.1 Selección de las vagonetas

Vagoneta: modelo MCC1 2-6, la capacidad de carga 3000 (Kg) y ancho de vías 600 (mm)

3.6.3 Longitud del horno túnel

La longitud del horno túnel a diseñar se determina mediante la ayuda de la siguiente ecuación.

$$L = M \times \left[1 + \left(\frac{a}{100} \right) \right] \times \left[\frac{z}{F \times K} \right]$$

Datos:

L: Longitud del horno túnel

M: Producción del horno [unid/h]

a: Porcentaje de desechos de cocción [%]

z: Periodo de cocción y enfriamiento [h]

F: Área de sección transversal de la bóveda del horno [m²]

K: Densidad de la carga [unidad/m³]

Se considera que no existen desechos de cocción por lo tanto el coeficiente (a) toma valor nulo (0).

Para el cálculo de la densidad de carga se han tenido en cuenta las unidades que constituyen los cuatro bloques de carga que se sitúan paralelamente y el aire total que forma el módulo de la vagoneta.

Utilizando la ecuación anterior determinamos la longitud:

$$L = M \times \left[1 + \left(\frac{a}{100} \right) \right] \times \left[\frac{z}{F \times K} \right]$$

$$L = 7143 \frac{\text{unid}}{h} \times \left[1 + \left(\frac{0}{100} \right) \right] \times \left[\frac{6h}{9 \text{ m}^2 \times 129 \frac{\text{unidades}}{\text{m}^3}} \right]$$

$$L = 37 \text{ (m)}$$

3.6.4 Determinación de la longitud de las tres zonas del horno túnel

Se realiza una tabla para realizar una relación.

Tabla: 9 Longitud de la zona que constituyen del horno.

CORRELACIÓN ENTRE LAS LONGITUDES DE LAS ZONAS DEL HORNO TÚNEL			
TIPOS DE PRODUCTOS	ZONAS		
	Pre calentamiento	Cocción	Enfriamiento
Ladrillos de construcción	3/8 L	1/4 L	3/8 L

Fuente: Diseño de sistemas y tecnologías.

La longitud de las distintas zonas del horno:

$$L_{\text{Pre calentamiento}} = \frac{3}{8} L = \frac{3}{8} \times 37 = 13.9 \text{ (m)}$$

$$L_{\text{cocción}} = \frac{1}{4} \times 37 = 9.2 \text{ (m)}$$

$$L_{\text{enfriamiento}} = \frac{3}{8} \times 37 = 13.9 \text{ (m)}$$

Cuando se trabaja con longitudes es siempre de mejor manera manejar cantidades enteras, ya que ayuda al momento de la construcción. La longitud de la vagoneta ha sido determinada en 2.2 (m), de esta manera se debe establecer una distribución más apropiada de las vagonetas dentro del horno túnel, de manera en cada zona se encuentran un número entero de vagonetas. Quedando longitudes definida según:

Tabla: 10 Longitudes específicas de cada una de las zonas del horno túnel.

Longitudes determinadas del horno túnel	
Longitud zona de precalentamiento	15 (m)
Longitud zona de cocción	10 (m)
Longitud zona de enfriamiento	15 (m)

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, las dimensiones útiles del horno túnel de diseño son:

largo	40 (m)
Ancho	2.8 (m)
Alto	3.3 (m)

3.6.5 Número de vagones

Con los datos que se obtienen en la tabla anterior se establece que se necesita 28 vagonetas, más 8 adicionales que se encuentran fuera del horno para continuar con el proceso de cocción antes del ingreso de los ladrillos en el horno también se utiliza estas vagonetas en el caso de que se dé algún defecto.

3.6.6 El accionamiento de las vagonetas mediante sistema hidráulico



El accionamiento se realiza por medio de un equipo hidráulico; el cual por el medio de una bomba hidráulica de presión Acoplado a un motor de 8 Hp y de un sistema de electroválvulas impulsa el aceite hidráulico a través de tuberías de presión, que se encuentra ubicado en la entrada del horno túnel, la ubicación del equipo hidráulico se encuentra en el exterior del horno.



Figura: 30 Bomba hidráulica acoplada a un motor







Fuente: <http://maquinas.motorselectric.asos>


3.7 Hojas de proceso


U.M.S.A. FACULTAD DE TECNOLOGÍA		HOJA DE PROCESOS Y COSTOS																							
		Sistema:	Obra civil																						
		Conjunto:	Construcción de los cimientos y muros																						
		Elemento:	Elaboración del diseño																						
		N de plano:	1																						
		Material	Material refractario y mezcla																						
Nro. piezas:		1																							
		Descripción del proceso		Máquina herramienta		Tiempo preparación		Tiempo ejecución		Tiempo proceso		Tiempo acumulado/pieza		Mano de obra		Costo/hora mano de obra		Costo/hora Máquina - herramienta		Costo mano de obra/pieza		Costo-máquina-herramienta por pieza		Costo/pieza acumulado	
		Calado	Según la especificación del plano excavación		ala, picota, flexómetro y nivel		24		480		504		1008		Ayudante		18		2		302		42		344
Pared	Armado de las paredes del horno según el diseño		Pala, balde, nivel		20		1440		1460		2920		Maestro		25		1		1216		10		1226		
Ductos	Realizar los ductos de succión de aire de ductos de ventilación de entrada de aire y quemadores		Espátula, balde		25		300		325		650		Maestro		18		1		195		40		235		
Ensamblado	Se realiza el respectivo armado de los muros y distintos orificios para las tomas de aire		Balde, mezcladora, pala, espátula, novel.		20		1200		1220		2440		Maestro		35		5		1423		100		1523		
		Insumos		Totalización De Costos																				5438	
Nro.	Insumo	Unidad	Costo/u nid	Cantidad	Costo/pza.	Costos		Cantidad.																	
1	Cemento	Bolsa	50	50	2500	Costo por insumo		60500																	
2	Ladrillo refractario	Unidad	3	14000	42000	Costo por obra		5438																	
3	Ladrillo Gambote	Unidad	2	8000	16000	Total Bs.		65938																	
Todo los tiempo están en minutos, los costos en bolivianos																									



U.M.S.A. FACULTAD DE TECNOLOGÍA		HOJA DE PROCESOS Y COSTOS											
		Sistema:	Estructura metálica de sujeción										
		Conjunto:	Sujeción										
		Elemento:	Estructura de sujeción										
		N de plano:	1										
		Material	Perfiles de acero										
Nro. piezas:	1												
proceso	Descripción del proceso										Costo/pieza herramienta - obra/pieza	Costo/pieza acumulado	
Corte	Se realizan los cortes que especifican en el plano										Costo/hora mano de obra	Costo/pieza acumulado	
Perforado	Se realizan las respectivas perforaciones según le plano										Costo/hora mano de obra	Costo/pieza acumulado	
Amolado	Realizar el desbaste de las superficies rugosas y asperezas que quedaron por la perforación										Costo/hora mano de obra	Costo/pieza acumulado	
Ensamblado	Realizar el respectivo montaje de la estructura para la sujeción del horno y pintado										Costo/hora mano de obra	Costo/pieza acumulado	
		Máquina herramienta										Costo/hora mano de obra	Costo/pieza acumulado
		Amoladora y Flexómetro										Costo/hora mano de obra	Costo/pieza acumulado
		Taladro y flexómetro										Costo/hora mano de obra	Costo/pieza acumulado
		Amoladora y disco de desbaste										Costo/hora mano de obra	Costo/pieza acumulado
		Llaves y crecen										Costo/hora mano de obra	Costo/pieza acumulado
		Totalización De Costos										Costo/hora mano de obra	Costo/pieza acumulado
		Insumos										Costo/hora mano de obra	Costo/pieza acumulado
Nro.	Insumo	Unidad	Costo/Unid	Cantidad	Costo/pza.	Costos					Cantidad.		
1	Perfiles de acero	Barras	250	122	372	Costo por insumo					672		
2	Pintura anticorrosión	Balde	300	1	300	Costo por obra					892		
Todo los tiempo están en minutos, los costos en bolivianos											Total Bs.	1564	


U.M.S.A. FACULTAD DE TECNOLOGÍA		HOJA DE PROCESOS Y COSTOS													
		Sistema:	Instalación eléctrica												
		Conjunto:	electricidad												
		Elemento:	Ductos y cables												
		Material	Alambre de cobre												
															
proceso	Descripción del proceso		Máquina herramienta			Tempo preparación	Tempo ejecución	Tempo proceso	Tempo acumulado/pieza	Mano de obra	Costo/hora mano de obra	Costo/hora Máquina - herramienta	Costo mano de obra/pieza	Costo-máquina-herramienta por pieza	Costo/pieza acumulado
Ductos	Se instalan ductos para la puesta de red eléctrica en las distintas partes del horno		Punta y martillo			30	240	120	240	Ayudante	19	1	171	2	173
Corte	Se realizan los respectivos cortes a los tubos de ½" para la red eléctrica		Cierra mecánica			20	180	200	400	Eléctrico	19	1	127	3	136
Ensamblado	Realizar el cableado por los respectivos ductos por donde circulara energía eléctrica		Estilete, alicata universal, pasa cables, cinta aislante			60	360	420	840	Eléctrico	18	1	700	1	701
Insumos											Totalización De Costos				
Nro.	Insumo	Unidad	Costo/Unidad	Cantidad	Costo/pza.										
1	Tubería de plástico de ½"	tubo	3	103	309	Costo por insumo									
2	Alambre de cobre # 6	Metro	4	504	2016	Costo por obra									
Todo los tiempo están en minutos. los costos en bolivianos					Total Bs. 3335										

U.M.S.A. FACULTAD DE TECNOLOGÍA		HOJA DE PROCESOS Y COSTOS												
		Sistema:	Tablero eléctrico y control											
		Conjunto:	eléctrico											
		Elemento:	Tablero de control											
		Material	Termomagnético, contactores, botoneras, lamparas led											
proceso	Descripción del proceso	Máquina herramienta			Tempo preparación	Tempo ejecución	Tempo proceso	Tempo acumulado/pieza	Mano de obra	Costo/hora mano de obra	Costo/hora Máquina - herramienta	Costo mano de obra/pieza	Costo-máquina-herramienta por pieza	Costo/pieza acumulado
Instalación	Se realizan la instalación de termomagnéticos, contactores y lampara led	Regla y nivel			20	240	260	520	Eléctrico	38	1	303	1	304
corte	Realiza los cortes de los rieles de ducto y cable para unirlos	Cierra mecánica, alicate. Destornillador			20	180	200	400	Eléctrico	63	1	420	2	422
Distribución	Realizar la respectiva distribución de la salida de los cables para controlar los distintos procesos	Alicate y destornillador			15	60	75	150	Eléctrico	25	1	63	1	64
Ensamblado	Se empieza a unir los cables del termomagnético hacia los contactores, luego al tablero de control y distribución	Alicate universal y destornillador			15	360	375	750	Eléctrico	25	1	313	1	314
		Insumos			Totalización De Costos									
Nro.	Insumo	Unidad	Costo/unidad	Cantidad	Costo/pza.	Costos			Cantidad.					
1	Termomagnético	Pieza	80	5	400	Costo por insumo			1440					
2	Contactores	Pieza	60	12	720	Costo por obra			1104					
3	Lamparas led	Pieza	20	16	320									
Todo los tiempo están en minutos, los costos en bolivianos						Total Bs.			2544					



U.M.S.A. FACULTAD DE TECNOLOGÍA		HOJA DE PROCESOS Y COSTOS										
		Sistema:	Ductos de gas									
		Conjunto:	Gas									
		Elemento:	Ducto de tuberías									
		Material	Tubería, niples y codos									
proceso	Descripción del proceso	Máquina herramienta	Tiempo preparación	Tiempo ejecución	Tiempo proceso	Tiempo acumulado/pieza	Mano de obra	Costo/hora mano de obra	Costo/hora Máquina - herramienta	Costo mano de obra/pieza	Costo máquina-herramienta por pieza	Costo/pieza acumulado
corte	Se realizan el corte a las tuberías de 1" para distribución de gas a los quemadores	Amoladora	20	240	260	520	Eléctrico	31	3	267	2	270
Distribución de gas	Realizar la distribución a cada quemador	Llave y cresen	15	60	75	150	Eléctrico	13	1	33	1	34
Ensamblado	Se empieza a armar los ductos de gas hacia cada quemador combinados con el aire para que produzca la llama de quema	Llave y cresen	15	240	255	510	Eléctrico	13	1	111	1	112
			Insumos			Totalización De Costos						
Nro.	Insumo	Unidad	Costo/u nid	Cantidad	Costo/pza.	Costos		Cantidad.				
1	Tubos 1 ½"	Tubo	250	15	3750	Costo por insumo		4400				
2	Codos	Pieza	15	10	150	Costo por obra		416				
3	Niples	pieza	25	20	500							
Todo los tiempo están en minutos, los costos en bolivianos					Total Bs.		816				416	



U.M.I.S.A. FACULTAD DE TECNOLOGÍA		HOJA DE PROCESOS Y COSTOS													
		Sistema:	Quemadores y ventilador												
Conjunto:	Quema de aire y combustible														
Elemento:	Quemador														
N de plano:	1														
Material	Quemador y ventilador especificado en catalogo														
Nro. piezas:	1														
proceso	Descripción del proceso	Máquina herramienta				Tiempo preparación	Tiempo ejecución	Tiempo proceso	Tiempo acumulado/pieza	Mano de obra	Costo/hora mano de obra		Costo/hora Máquina - herramienta	Costo mano de obra/pieza	Costo máquina-herramienta por pieza
		Costo/unidad	Cantidad	Costo/pza.											
Montaje	Se realizan el montaje en la parte superior e intermedia del horno					90	180	270	540	Mecánico	44	3	396	2	398
Perforado	Se realizan las perforaciones para la sujeción con un perno 3/4"					20	120	140	280	Ayudante	18	2	84	1	85
Ensamblado	Realizar las uniones de las mangueras de gas y el ventilador hacia los quemadores que va dentro del horno					20	180	200	400	Mecánico	38	1	253	1	254
Pintado	Realizar el pintado del tubo de gas y los pernos de sujeción para que evite la corrosión					10	120	130	260	Ayudante	13	1	56	1	57
Insumos															
Nro.	Insumo	Unidad	Costo/unidad	Cantidad	Costo/pza.	Totalización De Costos									794
1	Quemadores	Pieza	20000	6	120000	Costos		Cantidad.							
2	Perno 3/4"	Pieza	3	50	150			Costo por insumo		120150					
							Costo por obra		794						
							Total Bs.		1564						


U.M.S.A. FACULTAD DE TECNOLOGÍA		HOJA DE PROCESOS Y COSTOS												
		Sistema:		Chimenea para desechar aire combustionado										
		Conjunto:		Extracción de aire chimenea										
		Elemento:		chimenea										
		N de plano:		1										
		Material		Plancha de acero										
Nro. piezas:		1												
Proceso	Descripción del proceso		Máquina herramienta		Tiempo preparación	Tiempo ejecución	Tiempo proceso	Tiempo acumulado/pieza	Mano de obra	Costo/hora mano de obra	Costo/hora Máquina - herramienta	Costo mano de obra/pieza	Costo-máquina-herramienta por pieza	Costo/pieza acumulado
Corte	Realizar el corte de plancha 19.6 (m ²) de área y cortar 5 de las mismas		Amoladora y flexómetro		20	30	50	100	Cerrajero	19	3	32	2	34
Doblado	Realizar el doblado en forma cilíndrica para poder unir		Dobladora		40	240	280	560	Cerrajero	19	5	177	2	179
Soldado	Realizar la unión ambos extremos del cilindro y luego soldar		Arco eléctrico de 110 (ampere)		40	240	280	560	Cerrajero	31	20	289	10	299
Amolado	Se realiza el desbaste de la superficie rugosa y las partes ásperas		Amoladora		10	60	70	140	Ayudante	19	2	44	1	45
Ensamblado	Realizar el ensamblado con el motor del ventilador y armar verticalmente y soldar y pintar con pintura anticorrosiva		Arco eléctrico de 110 (amperes)		60	360	420	840	Cerrajero	31	20	434	10	444
Insumos														
Nro.	Insumo	Unidad	Costo/unidad	Cantidad	Costo/pza.	Costos		Cantidad.						
1	Disco de corte	pieza	20	1	20	Costo por insumo	788							
2	Electrodo	Kilo	18	1	18	Costo por obra	1001							
3	Pintura	balde	150	5	750									
Todo los tiempo están en minutos, los costos enbolivianos														
						Totalización De Costos				1001				
						Total Bs.				1789				

U.M.S.A. FACULTAD DE TECNOLOGÍA		HOJA DE PROCESOS Y COSTOS													
		Ductos de entrada de aire para la zona de enfriado													
		Sistema:													
		Conjunto:		Entrada de aire											
		Elemento:		Ventiladores											
		N de plano:		1											
		Material:		Plancha de acero											
Nro. piezas:		4													
Proceso	Descripción del proceso		Máquina herramienta			Tempo preparación	Tempo ejecución	Tempo proceso	Tempo acumulado/pieza	Mano de obra	Costo/hora mano de obra	Costo/hora Máquina - herramienta	Costo mano de obra/pieza	Costo-máquina-herramienta por pieza	Costo/pieza acumulado
Corte	Realizar el corte de plancha 19.6 (m ²) de área		Amoladora y flexómetro			20	30	50	100	Cerrajero	19	3	32	2	34
Doblado	Realizar el doblado en forma cilíndrica para poder unir		Dobladora			40	240	280	560	Cerrajero	19	5	177	2	179
Soldado	Realizar la unión ambos extremos del cilindro y luego soldar		Arco eléctrico de 110 (ampere)			40	240	280	560	Cerrajero	31	20	289	10	299
Amolado	Se realiza el desbaste de la superficie rugosa y las partes ásperas		Amoladora			10	60	70	140	Ayudante	19	2	44	1	45
Ensamblado	Realizar el armado con el motor del ventilador y armar verticalmente y soldar y pintar con pintura anticorrosiva		Arco eléctrico de 110 (ampere)			30	180	210	420	Cerrajero	25	20	175	10	185
Insumos															
Nro.	Insumo	Unidad	Costo/unidad	Cantidad	Costo/pza.	Totalización De Costos									
1	Disco de corte	pieza	20	1	20	Costos									
2	Electrodo	Kilo	18	5	90	Costo por insumo									
3	Pintura	balde	150	5	750	Costo por obra									
Todo los tiempo están en minutos, los costos en bolivianos					Total Bs.										
					1602										




U.M.S.A. FACULTAD DE TECNOLOGÍA		HOJA DE PROCESOS Y COSTOS												
		Sistema:		Rieles de las vagonetas										
		Conjunto:		Rieles										
		Elemento:		Rieles longitudinales										
		N de plano:		1										
		Material:		Riel especificado en catalogo										
Nro. piezas:				2										
proceso	Descripción del proceso		Maquina herramienta		Tempo preparación	Tempo ejecución	Tempo proceso	Tempo acunlado/pieza	Mano de obra	Costo/hora mano de obra	Costo/hora máquina - herramienta	Costo mano de obra/pieza	Costo-máquina-herramienta por pieza	Costo/pieza acunlado
	Realizar el corte de los rieles para obtener todo el recorrido del horno	Realizar el perforado de los extremos de los rieles	Amoladora y flexómetro	Taladro	60	600	660	1320	Cerrajero	50	3	1100	2	1102
Corte														
Perforado					20	300	320	640	Cerrajero	25	3	267	2	269
Soldado					40	300	340	680	Cerrajero	63	20	714	10	724
Amolado					10	60	70	140	Ayudante	19	2	44	1	45
Ensamblado					20	480	500	1000	Ayudante	19	1	317	1	318
Insumos													2454	
Nro.	Insumo	Unidad	Costo/uid	Cantidad	Costo/tpza.	Costos		Cantidad.						
1	Disco de corte	pieza	20	1	20	Costo por insumo		950						
2	Electrodo	Kilo	18	10	180	Costo por obra		2454						
3	Perno 3/4"	balde	150	5	750									
Todo los tiempo están en minutos, los costos en bolivianos													3404	


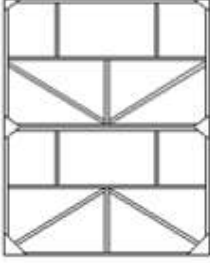
U.M.S.A. FACULTAD DE TECNOLOGÍA		HOJA DE PROCESOS Y COSTOS										
		Sistema:	Vagoneta									
		Conjunto:	Vagoneta									
		Elemento:	Ruedas de la vagoneta									
		N de plano:	1									
		Material	Rueda de acero aleado y rodamiento									
Nro. piezas:	128											
proceso	Descripción del proceso	Máquina herramienta	Tempo preparación	Tempo ejecución	Tempo proceso	Tempo acumulado/pieza	Mano de obra	Costo/hora mano de obra	Costo/hora Máquina - herramienta	Costo mano de obra/pieza	Costo-máquina-herramienta por pieza	Costo/pieza acumulado
Prensado	Realizar el prensado de la rueda de la vagoneta con el rodamiento	Prensa	20	120	140	280	Mecánico	25	5	37	2	39
Engrasado	Realizar el engrasado al rodamiento se la rueda	Engrasadora	10	30	40	80	Ayudante	19	2	25	2	27
Ensamblado	Realizar el incrustado del rodamiento mediante presión para que no se mueva el rodamiento y luego el engrasado	Prensa y engrasadora	20	120	140	280	Mecánico	19	6	87	3	92
Insumos												
Nro.	Insumo	Unidad	Costo/unidad	Cantidad	Costo/pza.	Totalización De Costos						
1	Ruedas	pieza	800	128	102400	Costos						
2	Rodamientos	Pieza	150	128	19200	Costo por insumo						
3	Grasa	Kilo	15	5	75	Costo por obra						
Todo los tiempo están en minutos, los costos en bolivianos					Total Bs.		121825					



U.M.S.A. FACULTAD DE TECNOLOGÍA		HOJA DE PROCESOS Y COSTOS													
		Sistema:	Vagoneta												
		Conjunto:	Vagoneta												
		Elemento:	Palier o (eje) donde van las ruedas												
		N de plano:	1												
		Material	palier o (eje) de acero aleado y rodamiento												
Nro. piezas:		64													
proceso	Descripción del proceso														
Corte	Se cortan ejes de la medida de la vagoneta según plano y que tiene un diámetro de 3"														
Cilindrado	Se realiza el cilindrado de las partes extremas para entre el rodamiento														
Prensado	Realizar el prensado en los ejes donde estar el rodamiento para dar movimiento														
Ensamblado	Realizar el incrustado del rodamiento mediante presión para que no se mueva el rodamiento y luego el engrasado														
		Insumos													
Nro.	Insumo	Unidad	Costo/Unidad	Cantidad	Costo/pza.	Costos					Cantidad.				
1	Palier o (eje)	Barra	500	30	7500						17815				
2	Rodamientos	Pieza	80	128	10240						1216				
3	Grasa	Kilo	15	5	75										
Todo los tiempo están en minutos, los costos en bolivianos											Total Bs.		19031		
		Totalización De Costos										1216			
						Mano de obra		Costo/hora		Mano de obra		Costo/hora		Costo mano de obra/pieza	
						Mecanico		25		3		217		2	
						Tornero		75		20		775		10	
						Mecanica		25		5		117		2	
						Mecanico		19		8		89		4	
						Mecanico		250		280		280		93	
						Mecanico		520		260		240		219	
						Mecanico		620		310		300		785	
						Mecanico		280		140		120		119	
						Mecanico		280		140		120		93	



U.M.S.A. FACULTAD DE TECNOLOGÍA		HOJA DE PROCESOS Y COSTOS												
		Sistema:	Vagoneta											
Conjunto:	Estructura de la vagoneta													
Elemento:	Estructura soporte de la vagoneta													
N de plano:	1													
Material	Platinos de 8 (cm) de ancho													
Nro. piezas:	32													
proceso	Descripción del proceso	Máquina herramienta			Tempo preparación	Tempo ejecución	Tempo proceso	Tempo acumulado/pieza	Mano de obra	Costo/hora mano de obra	Costo/hora Máquina - herramienta	Costo mano de obra/pieza	Costo-máquina-herramienta por pieza	Costo/pieza acumulado
Cortado	Se realiza el cortado de los platinos según los planos	Amoladora y flexómetro			20	240	260	520	Cerrajero	25	3	217	2	219
Soldado	Se realiza la unión con la soldadura según los platinos	Arco eléctrico 110 (ampères)			20	240	260	520	Cerrajero	31	20	269	10	279
Amolado	Realizar el desbaste de rugosidades de la superficie de perfiles	Amoladora			20	120	140	280	Ayudante	19	3	89	2	91
Ensamblado	Realizar el ensamblado con las ruedas palier, ruedas, sujetarlas con chavetas y soldadura	Arco eléctrico y flexómetro			40	300	340	680	Mecánico	44	20	499	10	509
Insumos													1098	
Nro.	Insumo	Unidad	Costo/Unidad	Costo/pza.	Cantidad	Costos								Cantidad.
1	Disco de corte	barra	25	50	2	Costo por insumo								18410
2	Electrodo	Kilo	18	360	20	Costo por obra								1098
3	Platino	Barra	150	18000	120	Total Bs.								19508

U.M.S.A. FACULTAD DE TECNOLOGÍA		HOJA DE PROCESOS Y COSTOS												
		Sistema:	Puerta del horno											
		Conjunto:	Entrada y salida											
		Elemento:	Plancha de la puerta											
		N de plano:	1											
		Material	Plancha de acero											
Nro. piezas:	2													
proceso	Descripción del proceso	Máquina herramienta			Tempo preparación	Tempo ejecución	Tempo proceso	Tempo acumulado/pieza	Mano de obra	Costo/hora mano de obra	Costo/hora Máquina - herramienta	Costo mano de obra/pieza	Costo-máquina-herramienta por pieza	Costo/pieza acumulado
Cortado	Se realiza de la plancha según la medida del plano	Amoladora y flexómetro	20	240	260	520	Corrajero	25	3	217	2	219		
Perforado	Se realiza la perforación de 1/8" para los pernos	Taladro	20	240	260	520	Ayudante	19	2	164	2	166		
Amolado	Realizar el desbaste de rugosidades de la superficie	Amoladora	40	300	340	680	Ayudante	19	2	215	2	217		
Insumos			Totalización De Costos			602								
Nro.	Insumo	Unidad	Costo/u nid	Cantidad	Costo/pza.	Costos			Cantidad.					
1	Disco de corte	Pieza	25	2	50	Costo por insumo			96950					
2	Pernos	Bolsa	45	20	900	Costo por obra			602					
3	Plancha	Hoja	800	120	96000	Total Bs.			97552					

U.M.S.A. FACULTAD DE TECNOLOGÍA		HOJA DE PROCESOS Y COSTOS												
		Sistema:	Puerta del horno											
		Conjunto:	Entrada y salida											
		Elemento:	Angular y platinos											
		N de plano:	1											
		Material:	Plancha de acero											
Nro. piezas:	2													
Proceso	Descripción del proceso	Máquina herramienta			Tempo preparación	Tempo ejecución	Tempo proceso	Tempo acumulado/pieza	Mano de obra	Costo/hora mano de obra	Costo/hora máquina - herramienta	Costo mano de obra/pieza	Costo máquina - herramienta por pieza	Costo/pieza acumulado
Cortado	Se realiza el corte siguiendo los planos del diseño y los rieles de la puerta	Amoladora y flexómetro	20	240	260	520	Cerrajero	25	3	217	2	219		
Perforado	Se realiza la perforación de 1/2" para los pernos	Taladro	20	240	260	520	Ayudante	19	2	164	2	166		
Amolado	Realizar el desbaste de rugosidades de la superficie	Amoladora	20	120	140	280	Ayudante	19	2	89	2	91		
Ensamblado	Se empieza a ensamblar la plancha y los angulares con los pernos para la sujeción y rieles de la puerta	Llave y dados	40	300	340	680	Mecánico	31	1	351	1	352		
		Insumos			Totalización De Costos			828						
Nro.	Insumo	Unidad	Costo/unidad	Cantidad	Costo/pza.	Costos		Cantidad.						
1	Disco de corte	Pieza	25	1	25	Costo por insumo		7615						
2	Pernos	Bolsa	45	2	90	Costo por obra		828						
3	Angulares 3"	Barra	500	15	7500	Total Bs.		8443						
Todo los tiempo están en minutos, los costos en bolivianos														

U.M.S.A. FACULTAD DE TECNOLOGÍA		HOJA DE PROCESOS Y COSTOS										
		Sistema:	Traslado de vagonetas									
		Conjunto:	Bomba hidráulica y motor eléctrico									
		Elemento:	Bomba									
		N de plano:	1									
		Material	Liquidado hidráulico									
		Nro. piezas:	1									
proceso	Descripción del proceso	Máquina herramienta	Tiempo preparación	Tiempo ejecución	Tiempo proceso	Tempo acumulado/pieza	Mano de obra	Costo/hora mano de obra	Costo/hora Máquina - herramienta	Costo mano de obra/pieza	Costo-máquina-herramienta por pieza	Costo/pieza acumulado
Montaje	Se realiza la puesta de las partes como el motor y la bomba	Flexómetro y taladro	24	120	144	288	Mecánico	18	2	86	2	88
Ensamblado	Realizar el ensamble para dar al funcionamiento del sistema hidráulico acoplado al motor.	Llave y cresen	20	120	144	288	Mecánico	19	1	92	1	93
Insumos												
Nro.	Insumo	Unidad	Costo/unidad	Cantidad	Costo/pza.	Totalización De Costos		Costos		Cantidad.		
1	Motor	Pieza	80500	1	80500	Costo por insumo		92700		92700		
2	Bomba hidráulica	pieza	10500	1	10500	Costo por obra		181		181		
3	Mangueras	Pieza	500	2	1000							
4	válvulas	Pieza	700	1	700							
Todo los tiempo están en minutos. los costos en bolivianos						Total Bs.		92881				

3.8 Operación y mantenimiento

3.8.1 Operación

Las operaciones de los equipos se deben realizar con el personal capacitado e indumentaria adecuada

- Casco
- Overo
- Guantes
- Audio protección
- Botas

1) **Hidráulico de entrada**

El objeto de este elemento es permitir el ingreso de vagonetas al horno. Consta de una central hidráulica con 20 litros de aceite hidráulico aproximadamente.

2) **Ingreso de vagonetas al horno**

Se regula el ingreso de las vagonetas al horno cada 2 horas

3) **Contraviento de entrada**

El objetivo de contra viento, es que no exista calentamiento en la puerta de entrada, la temperatura debe estar entre 250 a 280 °C.

4) **Extracción de calor**

La extracción de calor se da por medio de una chimenea que dispone el horno túnel. La función de extracción es retirar: humo gases. Además de preparar la entrada del producto ya que el calor para ser evacuado se encuentra con el material frío de ingreso y va sacando la humedad del mismo, que es eliminado por medio de las chimeneas.

5) **Aire de combustible**

La función del aire de combustible es homogenizar el combustible y tener una combustión completa en los quemadores.

- Se debe controlar la velocidad de salida de tal manera que no se desperdicie el combustible y por tanto se enfríe el horno al perder temperatura ni se quemen en la zona laterales de las vagonetas y en el centro se tenga crudo.
- El sistema del aire de combustión consta de dos tuberías que sacan el aire caliente de las paredes del horno.

6) Contraviento de salida

La función es enfriar el producto después de la zona de quema (cocción).

- Se debe mantener un equilibrio entre la salida del aire caliente en el contraviento de salida y de esta manera impedir un choque térmico del producto produciendo rajaduras del producto en la salida.
- Cuando el contraviento de salida está apagado por un buen tiempo se descalibra el horno.

7) Indicadores de temperatura

Se tiene 4 termopares tipo (K) ubicadas en la parte superior del horno. Y estas cubren al horno desde la entrada hasta la salida.

- Con las lecturas reflejadas en el panel se elabora la curva de quema del producto

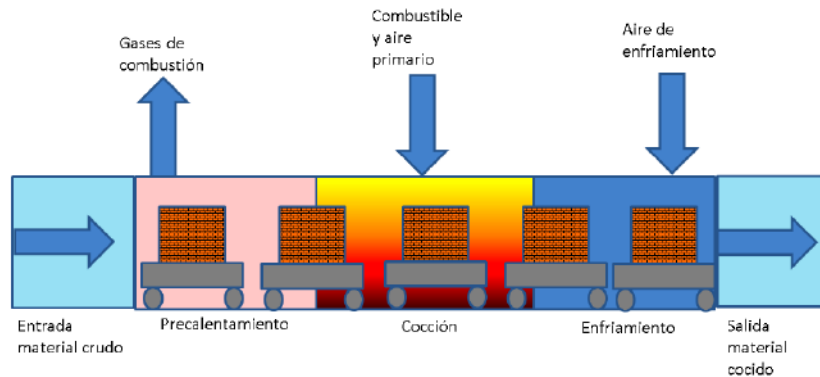
8) Calle de arena

Se utiliza en el horno túnel para aislamiento por que forman un sello mecánico entre los faldones de las vagonetas impidiendo el paso de aire caliente hacia los rodamientos de estas.

9) Encendido

Se recomienda que el proceso de encendido del horno tres días.

Figura: 31 Esquema de un horno túnel ladrillero



Fuente: Corporación upme

3.8.2 Mantenimiento

El mantenimiento se realiza con los implementos de seguridad.

- Casco
- Overo
- Guantes
- Botas

3.8.2.1 Elementos de mantenimiento de frecuencia

1) Muros

Sellar las grietas cada 3 meses que se vayan presentando continuamente dentro y fuera del horno con mezcla arenosa y barro.

Mantener el área de los hornos limpio.

2) Quemador

Realiza una inspección cada 3 meses de la varilla de ignición, será necesario que se encuentre trabajando de forma correcta para mantener la temperatura deseada.

Realiza una inspección cada 3 meses de la válvula de solenoide.

Se debe realizar el engrase cada semana de los rodamientos para el correcto funcionamiento.

3) Tubería

Realiza cada 2 meses una limpieza general de las tuberías en todo el sistema en cada uno de los posesos, esto es necesario porque se pueden presentar obstrucciones en áreas de pintura por paso eléctricos no deseados o en procesos que manejan altas temperaturas.

4) Boquillas o (Esperas)

Realiza cada 2 meses una limpieza general de las esperas en cada uno de los procesos de aspiración del sistema, esto es necesario porque se pueden presentar obstrucciones.

5) Sistema de separación de solidos

Revisar mensualmente el suplemento de aire, inspección filtros y cambiarlos en caso de presentar obstrucciones en la membrana del filtro de aire.

6) Puertas

Realizar el mantenimiento cada 3 meses para ver que no oxide y si necesita el engrase correspondiente para los rieles de guía de la puerta.

7) Vagonetas

Realizar el mantenimiento cada 3 meses de los rodamientos y alguna parte que haya sufrido algún desgaste. O alguna quebradura de esta.

3.8.2.2 Mantenimiento por inspección

1) Inspección preventiva

Es donde se encuentran los elementos que pueden fallar de un momento a otro.

2) Rieles transportadores

Realiza cada 2 meses una inspección total del sistema del riel, las bases, los soportes y la unión soldada para evitar problemas de separación de elementos.

3) Filtros

Inspección necesaria cada 2 meses, es necesario abrir los filtros

4) Bomba

Inspección mensual, realizar limpieza de bombas para evitar obstrucciones y en caso de presentarse desgaste prematuro de los sellos será necesario realizar el cambio respectivo.

CAPÍTULO IV

COSTOS DEL PROYECTO

4.1 Costo mano de obra

Actividad	Costo	(Bs)
Maestro albañil		15000
Cerrajero		8000
Eléctrico		10000
Mecánico		15000
Tornero		5000
Total		53000

4.2 Costo de instalación y montaje

Actividad	Costo	(Bs)
Instalación (Eléctrica, Gas)		8000
Transporte de material		1000
Construcción		20000
Montaje		40000
Total		69000

4.3 Costo para la puesta en marcha

Artículos	Cantidad	Valor unidad	Costo	(Bs)
Gas natural	45000 (m ³ /mes)	10		450000
Operación del horno	3 (Personas)	3000		9000
Mantenimiento Preventivo	1(Personas)	3000		3000
Energía eléctrica	250(Kwh/mes)	20		5000
Ladrillo	30000 (unidades)	1		30000
Total				497000

4.4 Otros costos

Material	Cantidad	Valor unidad	Costo (Bs)
Ladrillo refractario	14000 (unidades)	9	126000
Cemento refractario	700 (Kg)	60	42000
Grupo de Quemador	6 (unidades)	31500	189000
Termopar tipo K	4 (unidades)	500	2000
Vagonetas	28 (unidades)	12000	336000
Bomba hidráulica acoplada a motor eléctrico	1 (unidades)	24500	24500
Ventilador para la chimenea	1 (unidades)	6000	6000
Ventilador	2 (unidades)	4000	8000
Rieles para las vagonetas	500 (m)	800	400000
Tablero eléctrico	1 (unidades)	10000	10000
Total			1143500

4.5 Costo total

El costo estimado de todo el proyecto será la sumatoria de los costos de materiales y costos de montaje para lo cual tenemos.

Costos	Costo (Bs)
Mano de obra	53000
Instalación y montaje	69000
Puesta en marcha	497000
Otros costos	1143500
Total	1762500

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIÓN

Se cumplió con el diseño del horno y los cálculos para realizar el proyecto, satisfactoriamente, ya que no se utilizará combustibles sólidos como madera, plásticos, aminorando la contaminación ambiental y presentando menos riesgos a los operadores del horno.

El diseño de un horno continuo de cocción de ladrillos mejorará la calidad del producto, disminuirá los tiempos de producción.

La producción de ladrillo por día será de 6500 ladrillos.

El costo de operación del horno continuo túnel será de Bs.-5000.

El costo total del proyecto es de Bs.-1762500 para lo cual podrá implementar el diseño.

5.2 RECOMENDACIÓN

- En futuros cálculos se podría añadir un secadero de ladrillo aprovechando el aire caliente del horno, para tener los ladrillos secos y listos para que entren a la zona de cocción.
- Por las razones mencionadas en el proyecto las empresas que realizan la elaboración de ladrillos asimilen con el diseño del horno propuesto para disminuir las emisiones de gases tóxicos que se libera al medio ambiente.
- En la carrera debería de implementarse laboratorios en transferencias de calor.
- Se recomienda poner sistema ESCADA.

BIBLIOGRAFÍA

Arnais, F. (2009). *OPERACIONES BASICAS*. ingeniería química.

Canal de Eficiencia Energetica. Gas Natura Fenosa. (2007). Obtenido de Canal de Eficiencia Energetica. Gas Natura Fenosa: <http://www.empresaeiciente.com>

Castellanos, M. (1996). *ECONOMIA MEDIO AMBIENTAL ENFOQUE Y EXXPERIENCIAS ACTUALES*. Mexico: ACADEMIA,La Habana.

Cibernautica. (2 de febrero de 2012). *Ciber nautica*. Obtenido de Ciber nautica: <http://www.cibernautica.com.ar/temasutiles/economia/consreal.htm>.

fernandez bengolea, c. (2016). *ANALISIS ECONOMICO DE LA IMPLEMENTACION ARTESANAL DE LA PRODUCCION DE LADRILLOS*. abril: ambiental.

Fernández Bengolea, C. (2016). *ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS ALTERNATIVAS EN LA PRODUCCIÓN DE LADRILLO PARA LA CONTRIBUCIÓN EN LA MITIGACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DEL FACTOR AIRE*. Noviembre: AMBIENTAL.

GUTIERRES, R. (17 de OCTUBRE de 2008). *ESTUDIO DE DEFINICION DE TIPO DE HORNO*. Obtenido de ESTUDIO DE DEFINICION DE TIPO DE HORNO.

GUTIERREZ ROBLES, E. (2008). LINEA DE PROFUNDIZACION EN GESTION DE MANTENIMIENTO. *DISEÑO DE LADRILLOS PARA EL SECTOR LADRILLERO*, (pág. 10). BARRANQUILLA.

Incropera, F. (1999). *Fundamento De Transferencia de calor*. Mexico : Hall.

J. Alvares, S. (2008). *ESTUDIO DE LA CARACTERIZACION TECNOLOGICA DE MATERIAS PRIMAS CERAMICA*. Centro Tecnológico.

LADRILLOS, E. E. (septiembre-2015). *manual de horno eficiente en la industria ladrillera* . Mexico: programa de eficiencia.

Luszczewski.Redes, A. (1999). *INDUSTRIA DE TUBERIAS BOMBAS PARA AGUA, VENTILADORES Y COMPRESORES*. PERU: Reverte S.A.

marco, a. (1990). *sistema solar*. mexico: capricornio.

mariscal , j. (lunes de abril de 2009). *wikipedia*. Obtenido de wikipedia:
<http://www.lapazbus.bo/>

MAWHINNEY, T. (1976). *Hornos Industriales*. 1: 2 da edicion .

Quero BLanco, P. (2011). *PROYECTO DE ESTUDIO Y MOJORA DE UN HORNO DE COCCION DE LADRILLOS* . PERU.

R. Lide, D. (2008). *HANDBOOK OF CHEMESTRY AND PHYSISC*. ADVISOR: BOARD.

Solano Tavera, S. (2012). PLANTEAMIENTO DE NUEVAS VARIABLES DE OPERACION DE LADRILLOS . En S. olano Tavera, *PLANTEAMIENTO DE NUEVAS VARIABLES DE OPERACION DE LADRILLOS* (pág. 8). LA PAZ.

ANEXOS I

ANEXO : 1 Cuadro de cocción de ladrillos mediante el color

COLOR	TEMPERATURA °C
ROJO NACIENTE	525
ROJO OSCURO	650
ROJO CEREZA OSCURO	750
ROJO CEREZA	850
ROJO CEREZA CLARA	900
NARANJA INTENSO	1000
NARANJA CLARO	1100
AMARILLO BRILLANT E	1200
BLANCO	1300
BLANCO BRILLANTE	1400
BLANCO DESLUMBRANTE	1500 en adelante

ANEXO : 2 Datos de temperatura en Achocalla

Factores	Altiplano			Cabecera de valle		
	Mínima	Máxima	Prom.	Mínima	Máxima	Prom.
Temperatura (°C)	5.6	10.1	9.1	16.3	21.63	18.31
Preparación (mm)	325.1	400.5	362.8	312.2	1124.8	718.5

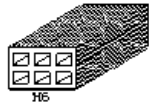
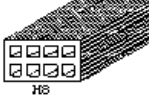
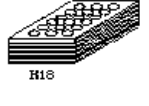
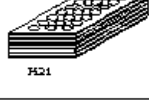

ANEXO : 3 Propiedades del aire

T K	k W/m K	ρ kg/m ³	c_p J/kg K	$\mu \times 10^6$ ^b kg/m s	$\nu \times 10^6$ ^b m ² /s	Pr
150	0.0158	2.355	1017	10.64	4.52	0.69
200	0.0197	1.767	1009	13.59	7.69	0.69
250	0.0235	1.413	1009	16.14	11.42	0.69
260	0.0242	1.360	1009	16.63	12.23	0.69
270	0.0249	1.311	1009	17.12	13.06	0.69
280	0.0255	1.265	1008	17.60	13.91	0.69
290	0.0261	1.220	1007	18.02	14.77	0.69
300	0.0267	1.177	1005	18.43	15.66	0.69
310	0.0274	1.141	1005	18.87	16.54	0.69
320	0.0281	1.106	1006	19.29	17.44	0.69
330	0.0287	1.073	1006	19.71	18.37	0.69
340	0.0294	1.042	1007	20.13	19.32	0.69
350	0.0300	1.012	1007	20.54	20.30	0.69
360	0.0306	0.983	1007	20.94	21.30	0.69
370	0.0313	0.956	1008	21.34	22.32	0.69
380	0.0319	0.931	1008	21.75	23.36	0.69
390	0.0325	0.906	1009	22.12	24.42	0.69
400	0.0331	0.883	1009	22.52	25.50	0.69
500	0.0389	0.706	1017	26.33	37.30	0.69
600	0.0447	0.589	1038	29.74	50.50	0.69
700	0.0503	0.507	1065	33.03	65.15	0.70
800	0.0559	0.442	1089	35.89	81.20	0.70
900	0.0616	0.392	1111	38.65	98.60	0.70
1000	0.0672	0.354	1130	41.52	117.3	0.70
1500	0.0926	0.235	1202	53.82	229.0	0.70
2000	0.1149	0.176	1244	64.77	368.0	0.70

ANEXO : 4 Coeficiente de convección

Flujo y fluido	\bar{h}_c W/m ² K
Convección libre, aire	3–25
Convección libre, agua	15–100
Convección forzada, aire	10–200
Convección forzada, agua	50–10 000
Convección forzada, sodio líquido	10 000–100 000
Condensación de vapor	5000–50 000
Ebullición de agua	3000–100 000

ANEXO : 5 Dimensiones de los ladrillos

Descripción	Dimensiones (cm)			Aplicación
	Ancho	Alto	Largo	
 H6	15	12	25	- muros no portantes
 H8	18	12	25	- muros no portantes
 H18	10	6	18	- muros no portantes - muros portantes
 H21	10	5	25	- muros no portantes - muros portantes
 H23	10	4	23	- muros no portantes - muros portantes

ANEXO : 6 Conductividad térmica de algunos materiales (K)

MATERIAL	Conductividad térmica
Ladrillo común	0.39-0.67 [W/m°C]
Concreto aligerado	0.11-0.25 [W/m°C]
Mortero de cemento	0.88-0.94 [W/m°C]
Ladrillo para exteriores	0.77 [W/m°C]
Ladrillo para interiores	0.56 [W/m°C]
Bloques de arcilla	0.391 [W/m°C]
Ladrillo macizo	0.7141 [W/m°C]

ANEXO : 7 Proceso de producción de ladrillos



ANEXO : 8 Grupo de cocción para horno ladrillero



Serie RUB 10

Grupo de cocción para hornos ladrilleros

Apto para hornos tipo Hoffman o Túneles



ANEXO : 9 Alimentador de gas alimentador de aire tablero de control

Alimentación de gas	Alimentación de aire	Alimentación eléctrica
 <ul style="list-style-type: none">• Tren de Válvulas General Filtro de gas - 50 micrones. Presostatos para gas - Corte por baja y alta presión. Válvulas solenoides - Manómetro - Válvula de regulación manual y bloqueos. Completamente según normas NAG 201.	 <ul style="list-style-type: none">• Ventilador Ventilador centrífugo. Acople de motor directo.• Motor eléctrico Motor normalizado blindado B3. Potencia de 3 a 10HP - según modelo 220/380/460v 50/60 Hz - 2800 rpm.	 <ul style="list-style-type: none">• Tablero eléctrico Comando y potencia. Arranque directo con contactor y protección con relevo térmico. Interruptor de encendido tren de válvulas y ventilador con señales luminosas. Señal luminosa de PA, PGA y PGB. Control de temperatura digital con modulación y 2 alarmas. Sistema pulsante a opcional.

ANEXO : 10 Quemador alimentador de quemador presostato

• Alimentación Quemadores
Llave de regulación manual de 1/2" para cada quemador.

• Colector Central de gas fijo
4-6-8-10-12 o más posiciones.

• Alimentación a quemadores
Sistema fijo o móvil.
Salida independiente para cada quemador. Mariposas de hierro fundido.

• Presostato de Aire
Corte por baja presión.

Quemador RUB10

• Quemadores de alta velocidad
Con sistema de seguridad electrónico y encendido automático. Sistemas modulantes de amplio rango de regulación. Modalidad para aplicación lateral o descendentes con boca prolongada. Excelente para homogeneización y penetración del paquete de carga a tratar.

ANEXO : 11 El ventilador de entrada de aire del

MBRU 632 T2 37kW

Nº	Code	Family	Name	Qty	RPM	Angle
2	T01906331	TURBINE	MBRU 632 T2 37kW LG	x1	-	-
3	503306300SP04	INLET CONE	MBRU-MZRU 630	x1	-	-
4	721001096	MOTOR	37kW T2 B3 400/690V.	x1	-	-

ANEXO : 12 MBRU 631 T2 30kW para la chimenea



ANEXO : 13 Parámetro de la ventilación centrífuga g4-68

Máquina No.	Potencia del motor KW	Velocidad de rotación R/min	Flujo de volumen M ³ /H	Presión Pa
8D	18.5	1450	16985-30134	2177-1481
9D	30	1450	24183-42906	2756-1873
	11	960	16011-28407	1206-824
10D	55	1450	33173-58856	3403-2315
	15	960	21963-38966	1491-1010
	7.5	730	16701-29631	863-588
11.2D	90	1450	46606-82688	4276-2903
	30	960	30856-54745	1873-1275
	11	730	23464-41629	1079-736
12.5D	160	1450	64791-114952	5325-3619
	45	960	42896-76106	2334-1589
	22	730	32619-57872	1353-912
14D	250	1450	91027-102772	6679-6541
	315	1450	114518-161499	6326-4531



ANEXO : 14 ventilador de conducto de aire de escape



ANEXO : 15 El tipo de termopar a escoger de la serie "K"

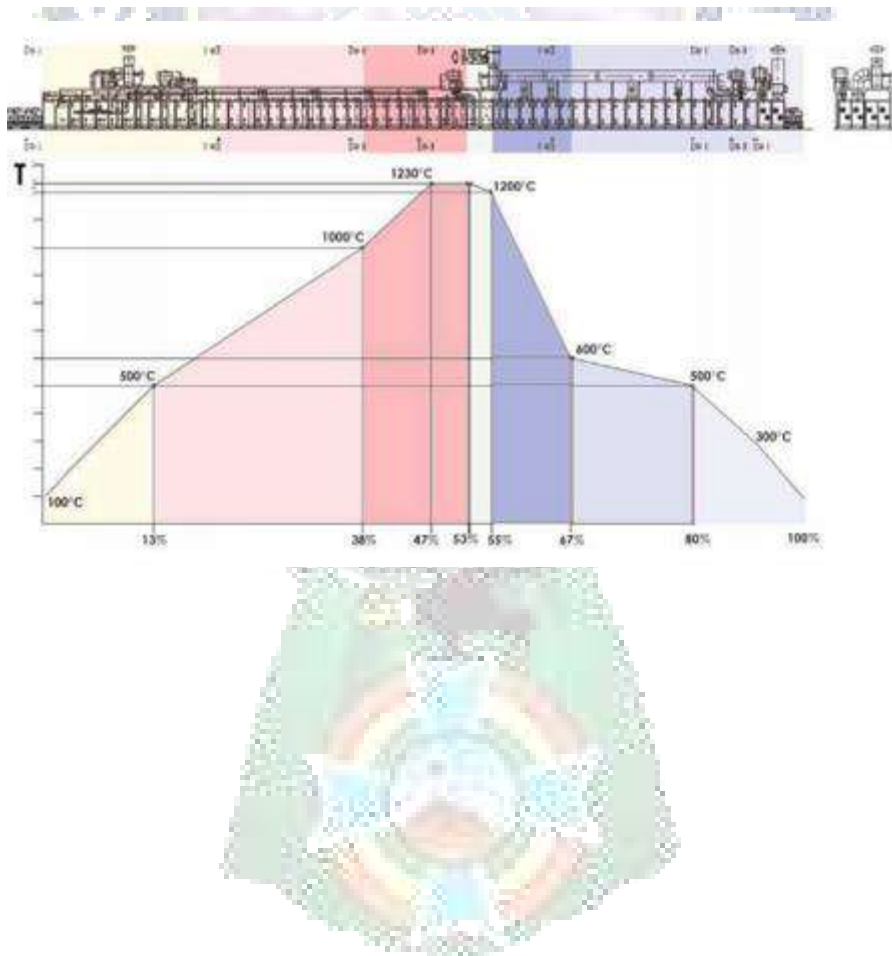
Tipo de termopar	Estándar. El mayor error entre:	Especial. El mayor error entre:
T (0 – 350 °C)	± 1,0 °C o ± 0,75 % de la medida	± 0,5 °C o ± 0,4 % de la medida
K (0 – 1.250 °C)	± 2,2 °C o ± 0,75 % de la medida	± 1,1 °C o ± 0,4 % de la medida
S (0 – 1.450 °C)	± 1,5 °C o ± 0,25 % de la medida	± 0,6 °C o ± 0,1 % de la medida



ANEXO : 16 Datos técnicos del mini cargador (Vagoneta)

Artículo	Modelo	volumen y sup 3;	Capacidad de carga (kg)	Ancho de vía (mm)	Dimensión total (mm)			Base de la rueda (mm)	Diámetro de la rueda milímetro	tractionheightmm	tractionkn	Ángulo de desinstalación (°)	peso
					Longitud	Ancho	Altura						
1	MCC1.2-6	1.2	3000	600	2100	1050	1200	600	300	320	60	≥ 42	≤ 1083
2	MCC 1.6 - 6 A	1.6	4000	600	2500	1200	1300	800	350	385	60	≥ 42	≤ 1670
3	MCC 2-6 A	2	5000	600	3000	1250	1300	1000	400	360	60	≥ 42	≤ 1830
4	MCC 2.5 - 6 A	2.5	6250	600	3500	1250	1300	1100	400	385	60	≥ 42	≤ 1850
5	MCC 3-6	3		600	3600	1350	1335	1400	350	420	60		3480

ANEXO : 17 Control de la curva de cocción incluso durante el calentamiento y enfriamiento, ya que pueden presentarse tensiones que produzcan roturas



ANEXOS II

NORMAS TÉCNICAS VIGENTES PARA LADRILLOS DE ARCILLA

Las principales Normas Técnicas vigentes que rigen la calidad de los ladrillos son:

NTP 331.017:2003 Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Requisitos

NTP 331.040:2006 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Ladrillo hueco cerámico para techos y entrepisos aligerados

NTP 399.613:2005 Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla

Especificaciones de la NTP 331.017:2003

Las principales especificaciones de esta norma son:

TIPO 21	Para uso donde se requiere alta resistencia a la compresión y resistencia a la penetración de la humedad y a la acción severa del frío
TIPO 17	Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión y resistencia a la acción del frío y a la penetración de la humedad
TIPO 14	Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión
TIPO 10	Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión

Formas, tamaño y dimensiones

El tamaño del ladrillo debe ser especificado por el comprador.

Las máximas variaciones permisibles en las dimensiones de las unidades individuales no deben exceder las de la tabla siguiente:

Dimensión especificada, mm	Máximas variaciones permisibles respecto a la dimensión especificada, más menos, mm
• Hasta 60, incluido	2.0
• Superior a 60 hasta 100, incluido	3.0
• Superior a 100 hasta 140, incluido	5.0
• Superior a 140 hasta 240, incluido	6.0
• Superior a 240 hasta 400, incluido	8.0

El ladrillo puede ser sólido o perforado a opción del vendedor. El área neta de la sección transversal en cada plano paralelo a la superficie que contiene las perforaciones, debe ser por lo menos el 75% de la sección transversal bruta medida en el mismo plano. Ningún borde de las perforaciones debe estar a menos de 20mm de cualquier borde del ladrillo.

Requisitos físicos

- El ladrillo cumplirá los requisitos de resistencia a la compresión para el tipo especificado tal como se indica en la tabla siguiente:

TIPO	Resistencia a la compresión, mínimo, respecto al área bruta promedio, MPa	
	Promedio de 5 ladrillos	Unidad individual
21	21	17
17	17	15
14	14	10
10	10	8

Para determinar la resistencia a la compresión, ensayar la unidad con la fuerza de compresión perpendicular a la superficie de asiento de la unidad.

Cuando se requieran ladrillos con resistencias mayores que las prescritas por esta NTP, el comprador especificará la resistencia mínima.

Requisitos físicos complementarios

Para los ladrillos destinados a uso expuesto a la intemperie, en lugares con ocurrencias de heladas y fuertes lluvias, se aplicarán los requisitos para absorción de

agua en ebullición durante 5 hr y para coeficiente de saturación que se describen en la tabla siguiente:

TIPO	Absorción de agua mediante 5h de ebullición, máx., %		Coeficiente de saturación máx. (1)	
	Promedio de 5 ladrillos	Unidad individual	Promedio de 5 ladrillos	Unidad individual
21	17	20.0	0.78	0.80
17	22.0	25.0	0.88	0.90
14 y 10	Sin limite	Sin limite	Sin limite	Sin limite

El coeficiente de saturación es la relación de absorción mediante inmersión en agua fría durante 24 h a la absorción después de 5 h de inmersión en agua en ebullición

El requisito del coeficiente de saturación no se aplica siempre que la absorción de agua fría durante 24 horas, de cada unidad de una muestra aleatoria de cinco ladrillos no exceda de 8%.

Acabado y apariencia

Los ladrillos cuando son despachados deben, mediante inspección visual, estar conformes a los requisitos especificados por el vendedor o a la muestra o muestras aprobadas como el estándar de comparación y a las muestras que pasan los ensayos de

los requisitos físicos. Identaciones menores o grietas superficiales inherentes al método usual de fabricación, o los astillamientos resultantes de los métodos habituales de manipulación en el envío y despacho, no serán consideradas causas de rechazo.

Los ladrillos estarán libres de defectos, deficiencias, y tratamientos superficiales, incluyendo recubrimientos, que pudieran interferir con la adecuada colocación del ladrillo o perjudicar significativamente la resistencia o el desempeño de la construcción.

Si se requiere que los ladrillos tengan un color particular, textura, acabado, uniformidad, o límites de grietas, alabeo u otra imperfección en desmedro de

la apariencia estos son adquiridos bajo la Norma ASTM C 216.

A menos que sea especificado de otro modo por acuerdo entre el comprador y el vendedor, se permite que un despacho de ladrillos contenga no más de 5% de ladrillos rotos.

Especificaciones de la NTP 331.040:2006

Las principales especificaciones de esta norma que rige para ladrillos de techo y entresijos aligerados son:

Dimensiones y variaciones permitibles

Alto (cm)	Ancho(cm)	Largo(cm)		
10	30	30	33	40
12				
15				
20				
25				
30				

Se admitirá una tolerancia de E2% de las dimensiones nominales

Requisitos físicos

En el momento del despacho al cliente, todas las unidades deben estar conforme a los requisitos de resistencia prescritos en la siguiente tabla:

Resistencia mínima a la flexo-tracción en da N/cm ²	
Resistencia promedio	2.20
Resistencia mínima por ladrillo	2.00

Acabado y apariencia

Tanto en las superficies como en el interior, el ladrillo de techo no tendrá exceso de materias extrañas: guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea.

- El ladrillo estará bien cocido, tendrá un color uniforme y no presentará vitrificaciones. Al ser golpeado con un martillo u objeto similar producirá un sonido metálico.
- El ladrillo no presentará resquebrajaduras, fracturas, hendiduras, grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad y/o resistencia
- No tendrá excesiva porosidad ni manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo.
- Las superficies o caras del ladrillo deberán garantizar una buena adherencia.

LA NORMA ITINTEC N° 331.018

La Norma ITINTEC N° 331.018 considera 5 calidades de ladrillo. (Ver Tabla 1)

TIPO I:

Resistencia y durabilidad muy bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio con exigencias mínimas.

TIPO II:

Resistencia y durabilidad bajas Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio moderadas.

TIPO III:

Resistencia y durabilidad media. Apto para construcciones de albañilería de uso general.

TIPO IV:

Resistencia y durabilidad altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio rigurosas.

TIPO V:

Resistencia y durabilidad muy altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio particularmente rigurosas.

CONDICIONES GENERALES:

1.El ladrillo TIPO III, TIPO IV y TIPO V deberá satisfacer las siguientes condiciones generales. Para el ladrillo TIPO I y TIPO II están condiciones se considerarán como recomendaciones.

El ladrillo no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea.

2. El ladrillo estará bien cocido, tendrá un color uniforme y no presentará vitrificaciones. Al ser golpeado con un martillo u objeto similar producirá un sonido metálico.

3. El ladrillo no tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras o grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad y/o resistencia.

4. El ladrillo no tendrá excesiva porosidad, ni tendrá manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo.

REQUISITOS

a) Variación de dimensiones, alabeo, resistencia a la compresión y densidad.)

El ladrillo ensayado mediante los procedimientos descritos en la Norma ITINTEC 331.018. Elementos de arcilla cocida, Ladrillos de arcilla usados en albañilería, Métodos de ensayos deberá cumplir con las especificaciones indicadas en la Tabla 1.

Durabilidad

La tabla 2 indica el tipo de ladrillo a emplear según la condición de uso y la condición y la condición de intemperismo a que se encontrara sometida la construcción de albañilería.

Tabla 9 Requisitos obligatorios: Variación de dimensiones, alabeo, resistencia a la compresión y densidad.

TIPO	VARIACION DE LA DIMENSION Máxima en Porcentaje		Alabeo máximo en mm.	Resistencia a la compresión N/cm ²		Densidad mínima en Gr/cm ³
	Norma técnica nacional intintec 331.018					
	Hasta 10 cm	Hasta 15 cm	Más de 15 cm			
I Alternativamente	+/-8	+/-6	+/-4	10	60	1.5
II Alternativamente	+/-7	+/-6	+/-4	8	70	1.55
III Alternativamente	+/-6	+/-4	+/-3	6	95	1.60
IV Alternativamente	+/-4	+/-3	+/-2	4	130	1.65
V Alternativamente	+/-3	+/-2	+/-1	2	180	1.70
	Altura	Ancho	Largo			

Tabla N^o 10: Tipo de ladrillo en función de condiciones de uso e intemperismo

CONDICIÓN DE USO	Condición intemperismo		
	Bajo	Moderado	Severo
Para superficies que no están en contacto directo con lluvia intensa, terreno o agua.	Cualquier tipo	Tipo II, III, IV, V	Tipo IV y V
Para superficies que están en contacto directo con lluvia intensa, terreno o agua	Tipo III, IV y V	Tipo IV y V	Ningún tipo

PRINCIPALES NORMAS AMBIENTALES

VIGENTES PARA EL SUB SECTOR LADRILLOS

Constitución Política de Bolivia”. 1993	En un nivel de jerarquía legal mayor, otorga expresamente la categoría de derecho fundamental de la persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida (Art. 2 inc. 22). Señala, asimismo, que el Estado determina la política nacional del ambiente y promueve el uso sostenible de los recursos naturales, la conservación de la diversidad biológica y áreas
---	---

	naturales protegidas y el desarrollo de la Amazonía.
Décimo novena política de estado: Desarrollo sostenible y gestión ambiental	Extracto del texto del Acuerdo Nacional: “Nos comprometemos a integrar la política nacional ambiental con las políticas económicas, sociales, culturales y de ordenamiento territorial, para contribuir a superar la pobreza y lograr el desarrollo sostenible del Perú. Nos comprometemos también a institucionalizar la gestión ambiental, pública y privada, para proteger la diversidad biológica, facilitar el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, asegurar la protección ambiental y promover centros poblados y ciudades sostenibles; lo cual ayudará a mejorar la calidad de vida, especialmente de la población más vulnerable del país.”
Ley General del Ambiente	Deroga y mejora el antiguo "Código del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales" donde se establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente saludable, ecológicamente equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida y la preservación del paisaje y la naturaleza. El Estado tiene la

	<p>obligación de mantener la calidad de vida de las personas, previniendo y controlando la contaminación ambiental y cualquier proceso de deterioro o depredación de los recursos naturales, que pueda interferir con el normal desarrollo de toda forma de vida y de la sociedad.</p>
<p>D. Ley. N° 757: "Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada". 13/11/1991</p>	<p>Mediante esta Ley Marco se determinó que la "Autoridad Ambiental Competente" para conocer los asuntos relacionados con la aplicación de las disposiciones del Código del Medio Ambiente, fueran los Ministerios de los sectores correspondientes a las actividades que desarrollan las empresas, sin perjuicio de las atribuciones que correspondan a los Gobiernos Regionales y Locales.</p>
<p>Ley 23407: "Ley General de Industria". Mayo 1982</p>	<p>Establece que las empresas industriales deberán desarrollar sus actividades sin afectar el medio ambiente, alterar el equilibrio de los ecosistemas, ni causar perjuicio a las colectividades.</p>
<p>D. S. N° 001-97-ITINCI: "Disponen que las empresas industriales manufactureras</p>	<p>Define un esquema especial de plazos y procedimientos para la ejecución del</p>

<p>se adecuen a las normas de Protección Ambiental a ser aprobadas por el MITINCI”. 05/01/1997</p>	<p>PAMA, para empresas en actividad según su ubicación geográfica y la zonificación que la municipalidad correspondiente haya establecido. Señala que las empresas industriales que ejecuten un PAMA, para adecuarse a los niveles permisibles, no podrán ser obligadas o conminadas a suspender sus actividades o trasladar sus establecimientos de conformidad con el art. 103 de la Ley N° 23407.</p>
<p>D.S.N°019-97-ITINCI: “Reglamento de Protección Ambiental para el Desarrollo de las Actividades de la Industria Manufacturera”. 26/09/1997</p>	<p>Se fijan los lineamientos de Política Ambiental del MITINCI, donde se señala como aspecto relevante el principio de prevención en la gestión ambiental, a través de prácticas que reduzcan o eliminen la generación de elementos o sustancias contaminantes en la fuente generadora. En caso de no ser posible la reducción o eliminación de los contaminantes, se realizarán prácticas de reciclaje y reutilización; así como, tratamiento o control y adecuada disposición de desechos.</p>
<p>R.M.N°108-99 ITINCI/DM: “Guías para Elaboración de EIA, PAMA, DAP Informe Ambiental”. 28/09/1999.</p>	<p>Es un documento en el cual se definen los objetivos, requerimientos y estructura de las Guías para Elaboración de Estudios</p>

	Ambientales; incluyendo los lineamientos para el PAMA.
R.M.026-2000-ITINCI/DM: “Protocolos de Monitoreo de Efluentes Líquidos y Emisiones Atmosféricas”. 23/02/2000	Este protocolo permite estandarizar los métodos de monitoreo (muestreo, análisis, etc.) e implementar los Programas de Monitoreo de Efluentes Líquidos y Emisiones Atmosféricas en la Industria, entes gubernamentales y empresas consultoras envueltas en la actividad ambiental.
R.M. N° 027-2001-MITINCI/DM “Guía de Participación Ciudadana para la Protección Ambiental en la Industria Manufacturera”, 09/02/2001.	Esta Guía contiene los criterios y parámetros que el MITINCI considera fundamentales para la ejecución de una estrategia de participación ciudadana vinculada al cumplimiento de las obligaciones establecidas en el Reglamento Ambiental correspondiente.
Ley N° 26842: “Ley General de la Salud”. 20/07/1997	Establece que: “Toda persona natural o jurídica está impedida de efectuar descargas de desechos o contaminantes en el agua, el aire, o el suelos, sin haber adoptado las precauciones de depuración que señalan las normas sanitarias y de protección del ambiente”.

<p>D. Ley. 295: “Código Civil”. 1984</p>	<p>Establece que el propietario, en ejercicio de su derecho y especialmente dentro de su desarrollo industrial debe abstenerse de perjudicar las propiedades contiguas, su seguridad, tranquilidad y la salud de sus habitantes.</p>
<p>D. Leg. 635: “Código Penal”. 08/04/1991</p>	<p>Establece responsabilidad criminal para aquel que violando las normas de protección ambiental, contamina el ambiente introduciendo residuos sólidos, líquidos, gaseosos o de cualquier otra naturaleza por encima de los límites establecidos y que causen o puedan causar perjuicio o alteraciones en la flora, fauna o en los recursos hidrobiológicos.</p>
<p>D. Leg. N° 17752: “Ley General de Aguas y sus Reglamentos”</p>	<p>Señala, entre otros aspectos, que el Estado es el encargado de formular el manejo de los recursos hídricos del país, mediante inventarios, forma de administración, conservación y su uso racional.</p>
<p>Ley N° 27314: “Ley General de Residuos Sólidos”. 21/07/2000</p>	<p>Establece derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, para asegurar</p>

	<p>una gestión y manejo de los residuos sólidos, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y el bienestar de la persona humana.</p>
<p>Decreto Supremo N° 057-2004 PCM. "Reglamento de la Ley General de Residuos Sólido N°27314. 24/07/2004.</p>	<p>Es el reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos que consta de 10 títulos, 150 artículos, y otras disposiciones donde se define el ámbito de su aplicación. El Título III, Capítulo III, se refiere al manejo de Residuos Sólidos del Ámbito de Gestión no Municipal, que comprende aspectos de Almacenamiento, Recolección y Transporte, Tratamiento y Disposición Final.</p>
<p>Ley 26821: "Ley Orgánica para el Aprovechamiento de los Recursos Naturales". 26/06/1997</p>	<p>Regula el régimen de aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, en tanto constituyen patrimonio de la Nación, estableciendo sus condiciones y las modalidades de otorgamiento a particulares, en concordancia con lo establecido en el Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales y los convenios internacionales ratificados por el país.</p>

<p>Reglamento de Estándares de Calidad Ambiental para Ruido D.S.N°085-2003-PCM</p>	<p>El “Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido” el cual consta de 5 títulos, 25 artículos, 11 disposiciones. Comprende el horario diurno de 07:00 a 22:00 h y nocturno de 22:00 a 07:00h. Declara que para zonas mixtas donde exista zona residencial-industrial se aplicará el ECA residencial.</p>
<p>Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aire D.S.N°074-2001-PCM</p>	<p>Establece los valores límites aceptables para los principales parámetros de calidad de aire, por encima de los cuales el ambiente que respiramos se vuelve riesgoso para la salud.</p>

Normativas Complementarias:

- D.S. No 052-93-EM: Reglamento de Seguridad para Almacenamiento de Hidrocarburos.
- D.S: No 42-F. Reglamento de Seguridad Industrial. 22/05/1964.
- R.M. No 535-97-SA/DM: Código de Principios Generales de Higiene.

Asimismo, se han tomado otras normativas referenciales como de la US-EPA (United States-Environmental Protección Agency) y otros organismos internacionales para casos donde no se disponen de normativas nacionales específicas, estos criterios se consideran referenciales y no de obligatorio cumplimiento.