



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

Diseño de un horno convencional para la producción de cal en la
empresa “Servicios Generales Rosalinda S.R.L”, Bambamarca-
Cajamarca.

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Mecánico Electricista.**

AUTOR:

Br: Díaz Cerdán Yorden Alfonso (ORCID: 0000-0001-7157-3314)

ASESOR:

Dr: Villarreal Albitres William (ORCID: 0000-0001-9027-6358)

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

“Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos”

CHICLAYO - PERÚ

2020

Dedicatoria

Este trabajo de investigación va dedicado en primer lugar a Dios por ser el pilar fundamental de nuestras vidas, por darnos la oportunidad de vivir y por estar con nosotros en cada paso que damos, para lograr así todas nuestras metas trazadas.

Yorden Alfonso Díaz Cerdán

Agradecimiento

Agradecemos infinitamente a nuestras familias por su apoyo incansable, en la formación personal como profesional y por brindarnos esta gran alegría de culminar este trabajo de investigación satisfactoriamente

Sin excluirlos también a la empresa SERVICIOS GENERALES ROSALINDA S.R.L que nos brindaron todo su apoyo y facilidades para concretar este trabajo de investigación y así lograr nuestro objetivo.

Yorden Alfonso Díaz Cerdán

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	vi
Índice de gráficos y figuras.....	vii
Índice de abreviaturas.....	viii
Resumen.....	ix
Abstract	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
III. METODOLOGÍA	8
3.1 Tipo y Diseño de Investigación.....	8
3.2 Variables, Operacionalización.	8
3.2.1 Variable Independiente	8
3.2.2 Variable Dependiente.....	8
3.3 Población muestra y muestreo.	8
3.3.1 Población.	8
3.3.2 Muestra.....	9
3.3.3 Muestreo.	9
3.4 Técnica e Instrumentos de recolección de datos.	9
3.4.1 Técnicas de recolección de datos.....	9
3.4.2 Instrumentos de recolección de datos.....	10
3.4.3 Validez	10
3.4.4 Confiabilidad.....	11

3.5	Procedimientos.....	11
3.6	Métodos de Análisis de Datos.	12
3.7	Aspectos Éticos.....	12
IV.	RESULTADOS	13
3.1	Evaluar la producción actual de Cal en la empresa “Servicios Generales Rosalinda S.R.L”, Bambamarca – Cajamarca.....	13
3.2	Determinar los parámetros de diseño del horno convencional para producción de Cal en la empresa “Servicios Generales Rosalinda S.R.L”, Bambamarca – Cajamarca.	17
3.3	Diseñar un horno convencional para producción de cal en la empresa “Servicios Generales Rosalinda S.R.L”, Bambamarca – Cajamarca.....	17
3.4	Evaluar económicamente el proyecto presentado teniendo en cuenta los indicadores económicos VAN y TIR.	50
V.	DISCUSIÓN.....	55
VI.	CONCLUSIONES	59
VII.	RECOMENDACIONES.....	60
	REFERENCIAS.....	62
	ANEXOS.	64

Índice de tablas

Tabla 1. Niveles de producción de CAL en los últimos 5 años	14
Tabla 2. Parámetros de Diseño para el diseño de un horno para producción de cal	17
Tabla 3. Costos de construcción a todo costo de las columnas del horno de Cal.	50
Tabla 4. Costos por trabajos de ingeniería.....	50
Tabla 5. Costo total para la implementación de un horno convencional	51

Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Evolución de la Producción de CAL en los últimos 5 años.....	14
Figura 2. Producción de CAL mensual en el periodo 2019	15
Figura 3. Requerimiento que no fue atendida en el periodo 2019.....	16
Figura 4. Esquema de las dimensiones del horno a diseñar.....	20
Figura 5. Zonas energéticas del horno.....	20
Figura 6. Temperaturas en las 3 zonas de diseño del horno	21
Figura 7. Circuito térmico de la zona de precalentamiento.....	25
Figura 8. Circuito térmico en la zona de calcinación	28
Figura 9. Circuito térmico de la zona de enfriamiento	32
Figura 10. Estructura metálica del soporte del horno	34
Figura 11. Diagrama de Corte y Momento Flexionante de la viga principal	38
Figura 12. Vista fotográfica de la construcción del horno	42
Figura 13. Vista fotográfica de la construcción de una de las columnas del horno.....	43
Figura 14. Vista fotográfica del tesista en trabajos de campo.....	43

Resumen

La producción de cal en Cajamarca se hace mayormente en forma artesanal es por eso que se quiere tecnificar ya que no es un proceso muy complejo en tal sentido dentro la empresa SERVICIOS GENERALES ROSALINDA S.R.L., no cuenta con el equipamiento necesario para poder producir de manera eficiente la cal solicitada es por lo que planteo como objetivo general diseñar un horno convencional para la producción de Cal en la Empresa “Servicios Generales Rosalinda S.R.L”, Bambamarca – Cajamarca. La metodología que se utilizo es del tipo no experimental descriptivo teniendo como resultados que la empresa SERVICIOS GENERALES ROSALINDA S.R.L. para el año 2015 produjo 9600 toneladas de CAL, en el año 2016, produjo 12600 toneladas para el año 2017, produjo solo 12000 toneladas siendo que para el año 2019 se produjeron un total de 13200 toneladas de CAL haciendo un aproximado de 1100 toneladas mensuales de producción. Los parámetros de diseño utilizados son tipo de horno, capacidad nominal de producción, el combustible a utilizar, el tamaño del material ingresado, determinando que para producir 120 Tn de cal se debe de suministrar 214.32 toneladas de caliza, la altura de los hornos es de 10.30 metros. El costo total para la construcción de un horno convencional en para la producción de cal en la empresa “Servicios Generales Rosalinda S.R.L” asciende a la suma de S/. 328,352.00 soles con VAN igual a S/. 811,895.93 (Valor actual neto) es mayor que cero por lo que es aceptable, así mismo se tiene que el TIR igual a 173.3% siendo este mayor que la tasa de descuento por lo que esto indica que el proyecto de investigación es viable, sostenible y rentable.

Palabras Clave: Toneladas métricas, parámetros de diseño, capacidad nominal, oxido de calcio.

Abstract

The production of lime in Cajamarca is done mostly in an artisanal way, that is why it wants to become more technical since it is not a very complex process in that sense within the company SERVICIOS GENERALES ROSALINDA SRL, it does not have the necessary equipment to be able to produce efficiently The lime requested is for what I propose as a general objective to design a conventional kiln for the production of Lime in the Company “Servicios Generales Rosalinda SRL”, Bambamarca - Cajamarca. The methodology used is of the descriptive non-experimental type, with the results that the company SERVICIOS GENERALES ROSALINDA S.R.L. for the year 2015 it produced 9600 tons of CAL, in 2016, it produced 12600 tons for the year 2017, it produced only 12000 tons, being that for the year 2019 a total of 13200 tons of CAL were produced, making an approximate of 1100 tons per month of production. The design parameters used are type of kiln, nominal production capacity, the fuel to be used, the size of the material entered, determining that to produce 120 tons of lime, 214.32 tons of limestone must be supplied, the height of the kilns is 10.30 meters. The total cost for the construction of a conventional kiln for the production of lime in the company “Servicios Generales Rosalinda S.R.L” amounts to S /. 328,352.00 soles with VAN equal to S /. 811,895.93 (Net present value) is greater than zero, which is why it is acceptable. Likewise, the IRR is equal to 173.3%, this being greater than the discount rate, so this indicates that the research project is viable, sustainable and profitable.

Keywords: Metric tons, design parameters, nominal capacity, calcium oxide.

I. INTRODUCCIÓN

Realidad Problemática

La piedra caliza materia prima usada directamente como cal en muchas industrias siendo este uno de los procedimientos mas antiguos. En tal sentido se tiene en gran parte los productores de este material llamado cal lo hacen de forma manual no teniendo buena calidad y por lo consiguiente se tiene una produccion limitada debido a que no se cuenta con equipamiento especializado para la produccion de cal, este material producido tambien es tratado para crear insumos utilizados para el trabajo industrial como parte de la composicion del cemento, yeso, pinturas, asfalto, etc estos materiales subderivados de la cal suelen utilizarse con frecuencia en trabajos a domicilio y en el hogar como son el cemento, yeso (SINALUISA, 2015).

La producción de este material en territorio peruano derivado de la piedra caliza es un material de gran produccion ya que los yacimientos mineros realizan grandes requerimientos que ascienden en un promedio de 8252294 Tn metricas esto registrado en el 2018, favoreciendo a las grandes plantas de tratamiento y transformacion de la caliza es por lo que los pequeños productores buscan soluciones que se encuentran al alcance de su bolsillo invirtiendo en la construccion de pequeños hornos convencionales que utilizan el carbon como combustible llevando de esta manera a incrementar sus ingresos y por consiguiente aumentar su producción (CARRILLO, 2015).

Regionalmente en cajamarca, al involucrarse en la produccion de cal, analizamos que el mercado en un 72% según la Camara de Comercio de Cajamarca es dominado en su mayoría por empresas foraneas como Cementos Pacasmayo, compañía minera Luren, y la empresa COMACSA, convirtiéndose así en grandes retos para el micro empresario ya que tienen que lidiar con grandes productores de cal e incluso no se abastecen en cumplir con los requerimientos solicitados dando enfasi a que este sea cumplido por otro proveedor que etenga mayor capacidad de producción (CÁMARA DE COMERCIO CAJAMARCA, 2016).

Localmente se tiene que en Cajamarca las plantas que utilizan el CaO de insumo para sus procedimientos industriales como YANACUCHA, GOLDFIELDS, LUMINA COOPER, SHAGUINDO, etc. solicitan cantidades que superan las 7000 Tn de forma mensual siendo este un poco tedioso de cumplir para las plantas artesanales por lo cual las empresas que no cuentan con el equipamiento para poder suministrar estas cantidades según requerimientos. Sin embargo la empresa SERVICIOS GENERALES ROSALINDA S.R.L, ubicada en Bambamarca produce este suministro en pequeñas cantidades logrando así abastecer parte de estos requerimientos haciendo falta para esto un equipamiento especializado que permita esta empresa aumentar su producción y así poder realizar las entregas de este material sin pérdidas económicas y de muy buena calidad.

La gran parte del tratamiento que se le da a la caliza para la formación de Cal en el departamento de Cajamarca es de forma empírica o artesanal, al realizar este procedimiento de forma artesanal es que se tiene problemas ergonómicos que son perjudiciales para el ser humano en este caso el personal que se encuentra manipulando dicha materia prima ya que pueden llegar hasta el hospitalamiento del personal y con problemas respiratorios provocado por la inhalación de los residuos de este material, también se producen problemas hepáticos e insuficiencia renal, teniendo casos de muerte por infecciones generalizadas debido a los residuos provocados por el procedimiento de producción.

II. MARCO TEÓRICO

Se toma de gran importancia las investigaciones realizadas a nivel internacional y nacional para poder tener un enfoque global de la investigación que se quiere realizar y poder de esta manera tomar aquellas investigaciones como guía base para la presente en tal sentido como se manifiesta en la tesis de grado *“Estudio de Factibilidad para la Creación de una Planta de Producción de Cal Viva e Hidratada en la Parroquia San Juan”*, manifiesta que se determinó que el volumen de producción teniendo en cuenta un 7.4% de déficit que asciende a 14200 toneladas al año, por lo que recomienda que para el diseño de planta de producción de cal se deberá realizar estudios de mercado para seguir disminuyendo el porcentaje de insatisfacción, y de esta forma mejorar la calidad del producto teniendo a la mano nuevas tecnologías para su fabricación (SINALUISA, 2015).

En la investigación denominada *“Diseño del Proceso de Elaboración de un Producto para acabado de paredes, a partir del Hidróxido de Calcio Resultante de la Combustión de la Piedra Caliza”*, utilizando mecanismos de recolección de muestras de acuerdo a las especificaciones dadas por la INEN 251 realizado en los ambientes institucionales de la planta Cemento Chimborazo. Se obtuvo una eficiencia del 1.785 Kg/m² y por otro lado la consistencia de 39% mostrando para ello un déficit en el examen granula de 5.18%. Concluyendo que la inversión en su propuesta conlleva a tener un rendimiento del 15% (HERRERA, 2012).

En el ámbito nacional en el trabajo de investigación llamado *“Diseño de una planta móvil de trituración de caliza para una capacidad de 50 Tn /h.”* se evidencia la explicación de la ingeniería de detalle para la construcción de chancadora no estática, la cual cuenta con un procedimiento optimizado de trituración de caliza, ya que para la puesta de este material en el horno de cocción este debe estar triturado eficientemente para producir productos de alta calidad de pureza siguiendo este criterio la planta móvil tendrá una capacidad de 45 Tn por hora (URDAY, 2017).

Localmente el tratamiento de la piedra caliza se realiza de forma convencional mediante el uso de carbón como combustible para iniciar el tratamiento este es realizado en hornos construidos de ladrillos refractarios antes de esto la caliza se

chanca manualmente para poder ingresarlo al horno y continuar con su tratamiento (CORREA, R, SANTILLAN, LI., 2016).

Sobre las teorías que se encuentran relacionadas al tema de investigación y con respecto a las variables de estudio se tiene con respecto a la variable para el diseño de un horno convencional se tiene que un horno de cal, también llamado calera o calero es un horno que permite crear óxido de calcio, es decir cal, mediante la calcinación de la piedra caliza. La reacción tiene lugar a 900°C (temperatura a la cual la presión parcial de CO₂ es de 1 atmósfera), pero generalmente se usa una temperatura de unos 1000°C (temperatura a la cual la presión parcial del CO₂ es de 3,8 atmósferas) para hacer que la reacción se produzca con mayor rapidez (SINALUISA, 2015).

Para lo cual se tiene que existen diferentes tipificaciones de las cuales tenemos:

Los Horno rotativo que están constituidos principalmente por grandes estructuras cilíndricas construidas de acero, mientras que en el interior se encuentra recubierto de material refractario. Estos hornos son con quemadores de petróleo y carbón, son de forma cilíndrica horizontal que está girando en todo el proceso (ARENAZA, 2016).

Por otro lado tenemos los Horno estacionario a petróleo están equipados con quemadores de petróleo tienen un diseño exterior cilíndrico vertical, interiormente una pared cilíndrica y una parte abovedada (ARENAZA, 2016).

Así mismo también se cuenta con el Horno estacionario a carbón estos hornos son los convencionales, no están equipados con quemadores solamente se carga el carbón mineral como combustible alternadamente con el carbonato de calcio, son exteriormente rectangulares verticales e interiormente son cilíndricos y ligeramente cónicos (ARENAZA, 2016).

Con respecto a la variable correspondiente a la producción de cal se tiene que este se realiza dando tratamiento a un material llamado caliza siendo esta una piedra

que se encuentra en el medio del entorno en grandes cantidades para esta ser recolectadas y posteriormente trituradas este material está conformado mayormente de derivados del carbón como lo es el carbonato de calcio (HERRERA, 2012).

Así mismo se sabe que la cal como producto terminado es obtenido del tratamiento de la piedra caliza, sometiendo está a grandes temperaturas obteniendo de esta forma producto de altísima pureza (SINALUISA, 2015).

Se manifiesta que dentro de los tipos de cal que se producen en este rubro se tiene: La cal viva se encuentra presente en la naturaleza, se puede sintetizar a partir del agua marina, que contiene concentraciones regulares de carbonatos de calcio y magnesio; mediante reacciones químicas y procesos fisicoquímicos, el carbonato es llevado a hidróxido de calcio, una última calcinación producirá óxido de calcio (HERRERA, 2012).

La cal es un material que ha sido utilizado desde los primeros tiempos como complemento de armas de caza y a medida que el tiempo fue pasando los conocimientos han ido evolucionando de acuerdo a los descubrimientos científicos realizados para lo cual la utilización de la cal también ha pasado por diferentes etapas desde la creación del fuego griego hasta la utilización de este material en la industria y en la ingeniería (HERRERA, 2012).

Otro tipo de cal obtenida es el producto de una herramienta especializada para el tratamiento de la caliza a enormes temperaturas de cocción para ello la construcción de este mecanismo conocido como hornos convencionales para la producción en masa de esta materia utilizada en varios aspectos de la ingeniería y en la industria (CORREA, R, SANTILLAN, LI., 2016).

Problema de Investigación

En tal sentido teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente y viviendo lo que se plasma dentro de la problemática existente se formuló el siguiente problema de investigación:

¿Cómo incrementar la producción de cal en la empresa “Servicios Generales Rosalinda S.R.L”, Bambamarca – Cajamarca, mediante el diseño de un horno convencional?

Justificación

Así mismo la presente investigación se justifica en lo Técnico ya que con el diseño de un horno Convencional para la producción de Cal en la Empresa “Servicios Generales Rosalinda S.R.L”, Bambamarca – Cajamarca., podremos utilizar los métodos técnicos para su desarrollo sin dejar de lado el detalle del diseño de ingeniería teniendo en cuenta los distintos parámetros de diseño y las diferentes normas técnicas existentes, con el diseño de este elemento de cocción se tendrá una nueva perspectiva técnica del trabajo a desarrollar ya que se optimizan distintos procesos de cocción de Cal.

Como también se justifica Económicamente teniendo en cuenta que con este gran aporte que se brindara a las empresas que se dedican a este tipo de trabajos estos podrán satisfacer las demandas de sus clientes y por ende tendrán mejores ingresos ya el servicio se realizara de forma eficiente y segura ya que con este elemento aumentara enormemente la producción de esta materia prima.

Y finalmente el presente informe de investigación se justifica en lo ambiental debido a que con el método de cocción para elaboración de Cal mediante hornos se estarán eliminando los procesos empíricos de cocción la cual causan gran impacto ambiental esto debido a que se estarán disminuyendo la emisión de humo residuales producto del mismo proceso de cocción.

Objetivos

En la presente se formuló como Objetivo general la siguiente:

Diseñar un horno convencional para la producción de Cal en la Empresa “Servicios Generales Rosalinda S.R.L”, Bambamarca – Cajamarca.

Y para llegar a tener ese objetivo general se formularon los siguientes Objetivos específicos:

- A. Evaluar la producción actual de Cal en la empresa “Servicios Generales Rosalinda S.R.L”, Bambamarca – Cajamarca.
- B. Determinar los parámetros de diseño del horno convencional para producción de Cal en la empresa “Servicios Generales Rosalinda S.R.L”, Bambamarca – Cajamarca.
- C. Diseñar un horno convencional para producción de cal en la empresa “Servicios Generales Rosalinda S.R.L”, Bambamarca – Cajamarca.
- D. Evaluar económicamente el proyecto presentado teniendo en cuenta los indicadores económicos VAN y TIR.

La Hipótesis que se tiene en el presente trabajo es:

Mediante el diseño de un horno convencional para producción de Cal nos permite conocer si podemos incrementar la producción de Cal en la Empresa “Servicios Generales Rosalinda S.R.L”, Bambamarca – Cajamarca.

III. METODOLOGÍA

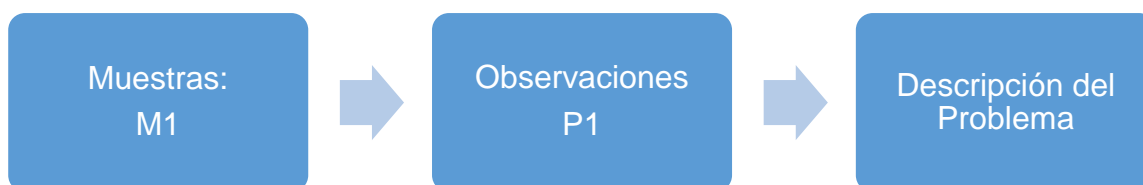
3.1 Tipo y Diseño de Investigación.

No Experimental

Esto debido a que se estudiarán las variables de estudio sin realizar ninguna modificatoria a las mismas observando el comportamiento de estas en la misma realidad para luego ser evaluadas para tenerlas en cuenta en el Diseño de un horno convencional para la producción de Cal en la Empresa “Servicios Generales Rosalinda S.R.L”, Bambamarca – Cajamarca.

Descriptiva

Esto debido a que dentro del diseño planteado se realizará una descripción del porque es necesario esta propuesta y el desarrollo paso a paso de la metodología utilizada al momento de plantear los cálculos justificativos o la ingeniería de detalle.



3.2 Variables, Operacionalización.

3.2.1 Variable Independiente

Diseño de un horno Convencional.

3.2.2 Variable Dependiente.

Producción de Cal en la Empresa “Servicios Generales Rosalinda S.R.L”, Bambamarca – Cajamarca.

3.3 Población muestra y muestreo.

3.3.1 Población.

Son todas las empresas dedicadas a la producción de Cal, en la ciudad de Bambamarca – Cajamarca.

3.3.2 Muestra.

Es un horno convencional para producir Cal, en la Empresa “Servicios Generales Rosalinda S.R.L”, Bambamarca – Cajamarca.

3.3.3 Muestreo.

Se tuvo en cuenta el metodo no probabilístico siendo esta elegida de forma directa y por conveniencia esto debido a que ya se cuenta con toda la información necesaria para su desarrollo.

3.4 Técnica e Instrumentos de recolección de datos.

3.4.1 Técnicas de recolección de datos

Observación:

A través de esta técnica se recolecto información importante para el tema de estudio en la empresa “Servicios Generales Rosalinda S.R.L”, Bambamarca – Cajamarca, 2019, ya que se observó el procedimiento tradicional y rustico que se utiliza para la producción de Cal obteniendo para ello los parámetros de trabajo y el comportamiento de la materia prima en la etapa de cocción y posteriormente en la obtención de la Cal convirtiéndose en nuestros parámetros de funcionamiento para la ingeniería de detalle plasmado de forma descriptiva beneficiando a la empresa “Servicios Generales Rosalinda S.R.L”, Bambamarca – Cajamarca.

Revisión documentaria:

Permitió la búsqueda diversificada de información relacionada a las variables de estudio relacionando de forma convencional dichas variables beneficiando a la empresa “Servicios Generales Rosalinda S.R.L”, Bambamarca – Cajamarca, teniendo para este la búsqueda se realizó teniendo en cuenta los estandares normativos actuales.

3.4.2 Instrumentos de recolección de datos

Ficha de Observación

Teniendo para ello el registro de todo lo observado convirtiendo esto en información primaria siendo este un registro de todas las actividades de campo en la que se trabaja con respecto al tema de investigación como el comportamiento de la materia prima en la etapa de cocción y posteriormente en la obtención de la Cal convirtiéndose en nuestros parámetros de funcionamiento para la ingeniería de detalle relacionado a la creación de un equipamiento convencional en la obtención de Cal en la empresa “Servicios Generales Rosalinda S.R.L”, Bambamarca – Cajamarca.

Ficha de revisión documental.

Esta herramienta nos permitió realizar un análisis a los textos científicos y recolectar información secundaria relacionada a prototipos de equipamientos de cocción para el tratamiento térmico de la caliza en la planta “Servicios Generales Rosalinda S.R.L”, Bambamarca – Cajamarca, 2019, teniendo para este la búsqueda de los diversos elementos científicos, estudios de mercado y revistas técnicas de parámetros estandarizados para diseño.

3.4.3 Validez

Este está dado por el aval que brindan los profesionales inmersos en el desarrollo de este informe de investigación como es la parte metodológica, y la parte científica revisado por especialistas en la materia teniendo en cuentas las especificaciones de altos estándares de diseño. Este informe de investigación tuvo una validación de profesionales de gran record laboral en el entorno del diseño de sistemas electromecánicos la cual validaron las herramientas que se utilizaron en la apropiación de datos y criterios técnicos de campo.

3.4.4 Confiabilidad.

La presente investigación es confiable ya que es genuina siendo estos datos obtenidos directamente en el área de trabajo, relacionando directamente con la producción en la planta de tratamiento de la piedra caliza, se manifiesta que la obtención de datos se realizó teniendo en cuenta la coordinación directa con la empresa productora.

3.5 Procedimientos.

El discente trabaja para molino de Cal de la empresa “Servicios Generales Rosalinda S.R.L”, Bambamarca para lo cual se manifiesta que antes de la recolección de datos se realizó las coordinaciones en la zona de estudio como la preparación de los instrumentos para la toma de datos directamente del área de influencia, primero se realizó la coordinación con la Gerencia general de la empresa “Servicios Generales Rosalinda S.R.L”, Bambamarca.

Para la toma de datos se realizó un diagnóstico de acuerdo a las características de la investigación y se realizó el levantamiento de la información cumpliendo el rol de fechas establecido por los responsables de la empresa y el investigador teniendo en cuenta las deficiencias que tiene la empresa para la producción de cal.

La observación directa se realizó en el área en la que se trabaja con respecto al tema de investigación como el comportamiento de la materia prima en la etapa de cocción y posteriormente en la obtención de la Cal convirtiéndose en nuestros parámetros de funcionamiento.

Los materiales utilizados fueron:

Materiales	
Lapiceros	Und.
Corrector	Und.
Resaltador	Und.
Papel Bond	Millar.
Equipos	
Laptop HP	Hora
Impresora HP L220	Hoja

Calculadora	Unid.
Servicios	
Internet	Hora
Movilidad	Global
Alimentación	Global
Fotocopias	Unid.

Fuente: Elaboración Propia

3.6 Métodos de Análisis de Datos.

En el informe de investigación denominado “Diseño de un horno convencional para la producción de Cal en la empresa “Servicios Generales Rosalinda S.R.L”, Bambamarca – Cajamarca, 2019”, la evaluación de los datos se realizó en los software de manejo estadístico como lo es el Excel dentro de sus herramientas y hojas de cálculo realizando tabulaciones y apreciaciones mediante graficas evidenciando la evolución de los procesos y la consolidación de datos establecidos dentro de diversos periodos, permitiendo analizar datos anteriores con datos actuales teniendo para ello una certera confiabilidad de que el presente trabajo estará regido bajo norma técnica y parámetros de diseño vigentes.

3.7 Aspectos Éticos.

En el presente trabajo de investigación denominado “Diseño de un horno convencional para la producción de Cal en la empresa “Servicios Generales Rosalinda S.R.L”, Bambamarca – Cajamarca, 2019”, el autor tuvo en cuenta lo siguiente:

Confidencialidad

La Información recolectada en la Empresa “Servicios Generales Rosalinda S.R.L”, específicamente a los trabajadores que intervienen en la producción de Cal, fue analizada en forma confidencial y anónima.

Dignidad y cordialidad

Al realizar las coordinaciones para la recolección de datos ya sea información primaria o secundaria obtenida de los involucrados en la planta productora se manifestó el respeto, confidencialidad y cordialidad de los que brindan la información.

IV. RESULTADOS

3.1 Evaluar la producción actual de Cal en la empresa “Servicios Generales Rosalinda S.R.L”, Bambamarca – Cajamarca.

Localmente utilizan el CaO como insumo para sus procedimientos industriales como YANACOCHA, GOLDFIELDS, LUMINA COOPER, SHAGUINDO, etc. solicitan cantidades que superan las 7000 Tn metricas por lo cual las empresas que no cuentan con el equipamiento para poder suministrar estas cantidades según requerimientos. Sin embargo la empresa SERVICIOS GENERALES ROSALINDA S.R.L, ubicada en Bambamarca produce este suministro en pequeñas cantidades logrando así abastecer parte de estos requerimientos haciendo falta para esto un equipamiento que especializado que permita esta empresa aumentar su producción y así poder realizar las entregas de este material sin pérdidas económicas y de muy buena calidad.

Al realizar este procedimiento de forma artesanal es que se tiene los siguientes problemas: daños en la piel, ojos y vía respiratorias esto debido a una exposición o inhalación por largo tiempo a la cal hidratada, debido a las quemaduras químicas o causticas; causando falta de aliento o asfixia, parecida a la enfermedad pulmonar obstructiva crónica, aumentando el riesgo de contraer tuberculosis, según el grado de la exposición., también al tener contacto ocular con grandes cantidades de cal seca o hidratada, causa irritación ocular moderada, quemaduras químicas y ceguera. Los pobladores que producen cal de forma artesanal también presentan

varios trastornos como esclerodermia o piel gruesa, rinitis alérgica, lupus, artritis reumatoide y enfermedades que afecta a los riñones.

En tal sentido de las 7000 toneladas mensuales que es el requerimiento que se tiene de CAL, la empresa SERVICIOS GENERALES ROSALINDA S.R.L, tiene como requerimiento individual 2500 toneladas mensuales y esta se está haciendo de forma artesanal pero solo se está produciendo algo 36 toneladas diarias haciendo un total mensual aproximado de 1100 toneladas mensuales teniendo un déficit de:

$$2500 - 1100 = 1400 \text{ toneladas aproximadas que no se estan atendiendo}$$

Teniendo en cuenta que esto se realiza de forma artesanal poniendo en peligro la vida de los operadores ocasionando problemas respiratorios.

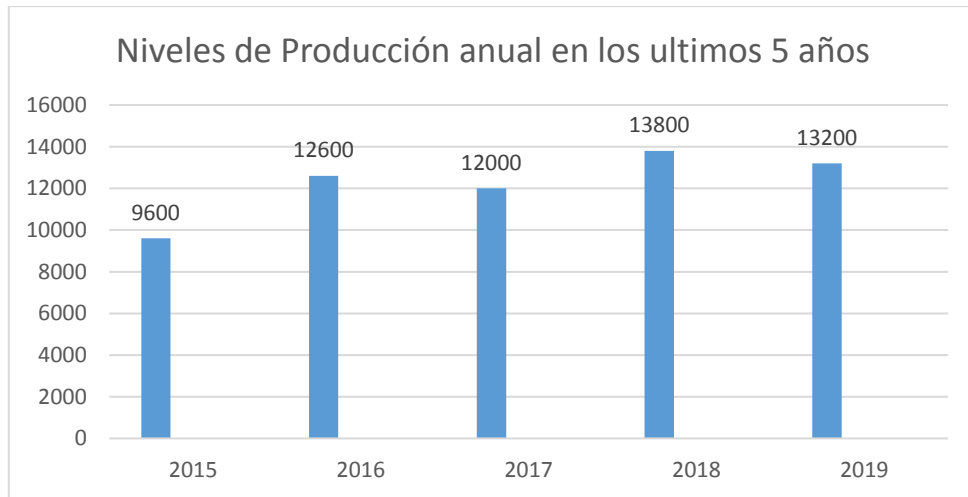
Tabla 1. Niveles de producción de CAL en los últimos 5 años

AÑO DE PRODUCCIÓN	CANTIDAD PRODUCIDA
2015	9600
2016	12600
2017	12000
2018	13800
2019	13200

Fuente: Registros de producción empresa "Servicios Generales Rosalinda S.R.L"

En la tabla 1 se está apreciando la producción de CAL de forma artesanal que ha tenido la empresa SERVICIOS GENERALES ROSALINDA S.R.L. para el año 2015 se produjo 9600 toneladas de CAL, en el año 2016 se produjo 12600 toneladas para el año 2017 se produjeron solo 12000 toneladas siendo que para el año 2019 se produjeron un total de 13200 toneladas de CAL haciendo un aproximado de 1100 toneladas mensuales de producción.

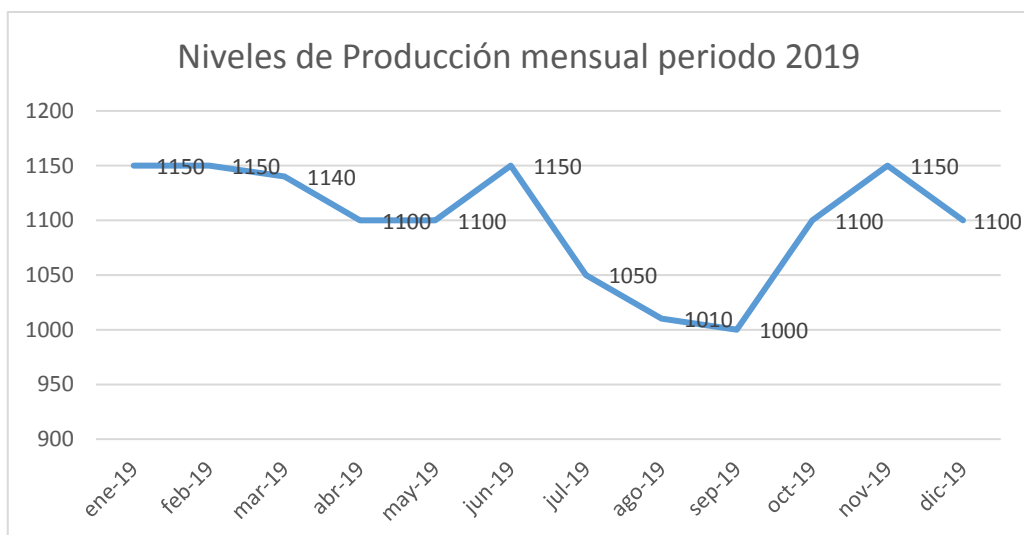
Figura 1. Evolución de la Producción de CAL en los últimos 5 años



Fuente: Registros de producción empresa “Servicios Generales Rosalinda S.R.L”

En la tabla 1 se está apreciando la producción de CAL de forma artesanal que ha tenido la empresa SERVICIOS GENERALES ROSALINDA S.R.L. esta va en aumento, se está observando que en el año 2015 la producción fue de 9600 toneladas de CAL, con una ligera caída en la producción en el año 2017 que solo se produjo 12000 toneladas y lo mismo esta que ocurre en el año 2019 con respecto al año 2018 que se produjo 13800 toneladas de CAL anual.

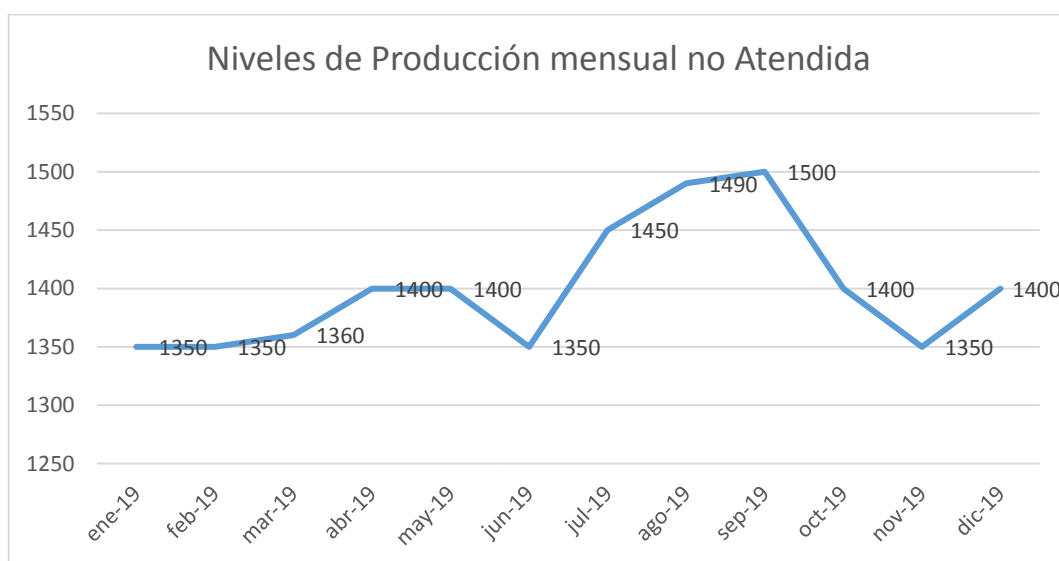
Figura 2. Producción de CAL mensual en el periodo 2019



Fuente: Registros de producción empresa “Servicios Generales Rosalinda S.R.L”

En la figura 2 se está apreciando la evolución que ha tenido la producción de CAL de forma artesanal en el periodo enero a diciembre del 2019 la cual para ello tenemos que en el mes de enero de produjo 1150 toneladas, teniendo para ello una ligera baja en el mes de septiembre con mil 1000 toneladas superando esto desfase en noviembre con una producción de 1150 toneladas.

Figura 3. Requerimiento que no fue atendida en el periodo 2019



Fuente: Registros de producción empresa “Servicios Generales Rosalinda S.R.L”

En la figura 3 se aprecia el requerimiento que no fue tendido en el periodo enero a diciembre del 2019, para lo cual se tiene que en el mes de enero no se atendió con 1350 toneladas, en el mes de junio con 1350 toneladas y en el mes de diciembre del 2019 no se pudo atender con 1400 toneladas de CAL esto debido que en la empresa “Servicios Generales Rosalinda S.R.L”, Bambamarca – Cajamarca no se cuenta con la maquinaria especializada (horno convencional para la producción de

cal), para producir lo requerido en el tiempo que se solicite ya prácticamente se está dejando de atender con el 50% del requerimiento mensual que se solicita.

3.2 Determinar los parámetros de diseño del horno convencional para producción de Cal en la empresa “Servicios Generales Rosalinda S.R.L”, Bambamarca – Cajamarca.

Los parámetros de diseño para el diseño de un horno convencional son dados de tal forma que estos cumplen con la necesidad de producción de la empresa Servicios Generales Rosalinda S.R.L. siendo estos parámetros datos esenciales.

Tabla 2. Parámetros de Diseño para el diseño de un horno para producción de cal

Tipo de Horno	Horno del Tipo Convencional
Capacidad Nominal de producción	120 toneladas por día
Combustible a Utilizar	Carbón de piedra tipo antracita
Tamaño de materia	Entre 65 a 99 mm de diámetro
Lugar de trabajo	Expuesta al entorno
Condiciones de operación	Entre de 25°C a 47°C
Humedad Relativa	entre los 35% a 65%

Fuente: *Elaboración Propia*

3.3 Diseñar un horno convencional para producción de cal en la empresa “Servicios Generales Rosalinda S.R.L”, Bambamarca – Cajamarca.

Cálculo de la capacidad de proceso del horno Para lo cual tenemos:

- La capacidad nominal de producción es de 120 toneladas de cal por día.
- También se sabe que por 100 kg de $CaCO_3$ sale:
 - ❖ 56 kg de CaO

❖ 44 kg de CO_2

Entonces:

$$CP = C_{prod} \times f$$

Dónde:

$CP = \text{Capacidad del proceso} = 100 \text{ kg de } CaCO_3$

$C_{prod} = \text{Capacidad de producción} = 56 \text{ kg de } CaO$

$f = \text{Factor de carga de material}$

$$f = \frac{CP}{C_{prod}}$$

$$f = \frac{100 \text{ kg } CaCO_3}{56 \text{ kg } CaO}$$

$$f = 1.786 \frac{\text{kg } CaCO_3}{\text{kg } CaO}$$

Así mismo:

$$CP = C_{prod} \times f$$

$$CP = 120 \text{ Tn } CaO \times 1.786 \frac{\text{kg } CaCO_3}{\text{kg } CaO}$$

$$\therefore CP = 214.32 \text{ Tn } CaCO_3$$

En tal sentido para producir 120 Tn de cal se debe de suministrar 214.32 toneladas de caliza.

DIMENSIONES DEL HORNO:

Cálculo de las dimensiones del horno

Para lo cual tenemos:

Para producir 120 Tn de cal se necesita 214.32 toneladas de caliza entonces la cantidad solicitada se distribuye en 2 columnas, es decir 107.16 toneladas de caliza por cada columna.

Densidad de la piedra caliza es:

$$2000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

En tal sentido se calcula el volumen de cada columna:

$$V = \frac{m \text{ caliza}}{\rho \text{ caliza}}$$

$$V = \frac{107160 \text{ kg}}{2000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$V = 53.58 \text{ m}^3$$

Así mismo tenemos:

$$V = \frac{\pi \times \phi^2 \times h}{4} \dots \dots \text{Ec. 1} \quad y \quad \frac{\phi}{h} = \frac{1}{4} \dots \dots \dots \text{Ec. 2}$$

De la ecuación 2 tenemos:

$$h = 4\phi$$

Hallando el diámetro de cada columna del horno

Reemplazando en ecuación 1:

$$V = \frac{\pi \times \phi^2 \times 4\phi}{4}$$

$$V = \frac{4 \times \pi \times \phi^3}{4}$$

$$\phi = \sqrt[3]{\frac{V}{\pi}}$$

$$\phi = \sqrt[3]{\frac{53.58 \text{ m}^3}{3.1416}}$$

$$\therefore \phi = 2.574 \text{ m}$$

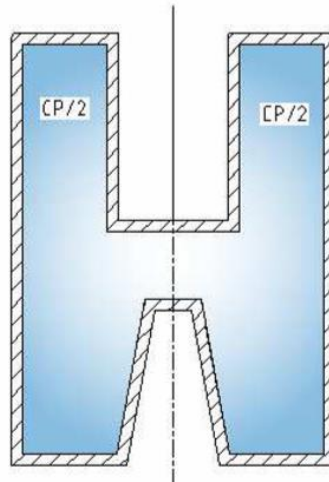
Hallando la altura de la columna

$$h = 4\phi$$

$$h = 4 \times 2.574$$

$$\therefore h = 10.30 \text{ m}$$

Figura 4. Esquema de las dimensiones del horno a diseñar



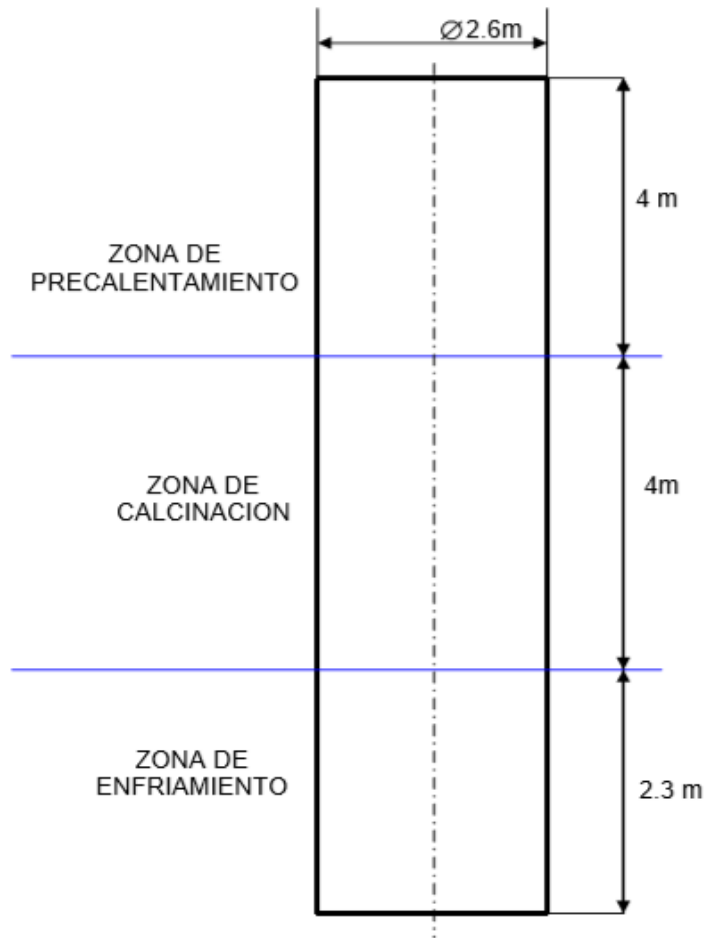
Fuente: Elaboración Propia.

INGENIERÍA DE DETALLE PARA HORNO CONVENCIONAL

Diseño de la cámara de combustión:

El diseño obliga a conocer la capacidad de combustión, manteniendo las paredes de la cámara calientes para eso las paredes contarán con aislamiento térmico en tres zonas energéticas tal como se muestra en la figura 5.

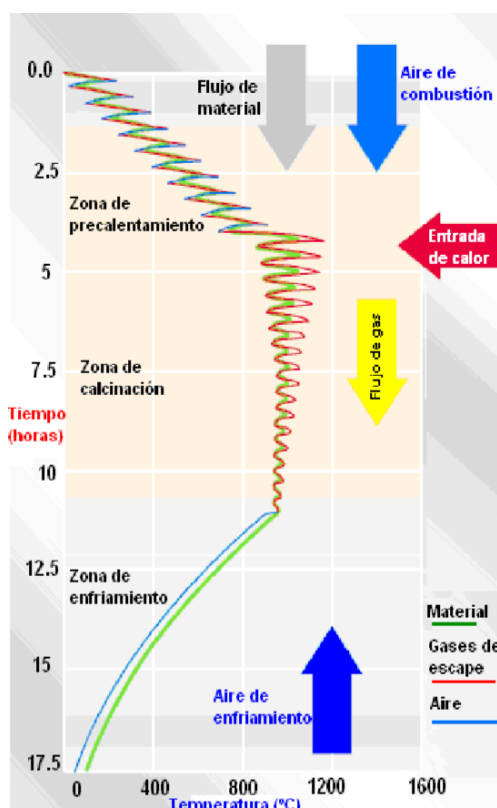
Figura 5. Zonas energéticas del horno



Fuente: Elaboración Propia.

La cámara de combustión está constituida por 3 zonas específicas para el buen funcionamiento del horno de Cal, estas zonas son:

Figura 6. Temperaturas en las 3 zonas de diseño del horno



Fuente: Catalogo Maerz RCE

a) Zona de precalentamiento:

Según Vargas (2008, p.79), en esta zona las emisiones se encuentran a altas temperaturas siendo estas 800°C y de saliente se tiene una temperatura de 150°C aproximadamente.

La Transferencia de calor es estable en toda la zona de precalentamiento.

Hallando La temperatura media Tm:

Hallada teniendo en consideración lo expuesto por Vargas (2008, p.79):

$$T_m = \frac{T_f + T_i}{2}$$

$$T_m = \frac{150 + 800}{2}$$

$$\therefore T_m = 475^\circ C$$

Determinando el tamaño promedio de la piedra caliza es:

$$\text{Diametro de la piedra} = 80 \text{ mm}$$

Hallando la transferencia de calor por convección:

Se procede a calcular la transferencia por convección utilizando la siguiente expresión:

$$q = h \times A_s \times (T_{\infty} - T_s)$$

Donde:

h = es el coeficiente de convección

$$h = \frac{NuD \times k}{dp}$$

NuD = Número de Nusselt

k = Conductividad termica de los gases de escape = $54.7 \times 10^{-3} \text{ W/mK}$

dp = tamaño promedio de la piedra caliza = $8 \text{ cm} = 0.08 \text{ m}$

Calculando del coeficiente de convección:

Para calcular el coeficiente de convección se necesita saber cuál es el valor del número de Reynolds.

$$Re = (1135.7 + 0.0408 \times \gamma)^{0.5} - 33.7$$

Dónde:

$$\gamma = \frac{dp^3 \times \rho_f \times (\rho_s - \rho_f) \times g}{u^2}$$

dp = tamaño promedio de la piedra caliza = $8 \text{ cm} = 0.08 \text{ m}$

ρ_f = densidad del flujo (gases de combustión) = 0.4512 kg/m^3

u = viscosidad dinamica = $354.6 \times 10^{-7} \text{ Ns/m}^2$

ρ_s = densidad de la caliza = $2000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

g = gravedad = 9.8 m/s^2

$$\gamma = \frac{0.08^3 \times 0.4512 \times (2000 - 0.4512) \times 9.8}{(354.6 \times 10^{-7})^2}$$

$$\gamma = \frac{4.52686075}{125741.16 \times 10^{-14}}$$

$$\gamma = \frac{4.52686075}{125741.16 \times 10^{-14}}$$

$$\gamma = 3.61 \times 10^9$$

Reemplazando en:

$$Re = (1135.7 + 0.0408 \times \gamma)^{0.5} - 33.7$$

$$Re = (1135.7 + 0.0408 \times 3.61 \times 10^9)^{0.5} - 33.7$$

$$Re = 12102.57$$

Se necesita determinar el número de Nusselt, para lo cual tenemos:

$$NuD = 2 + \left(0.4 \times Re^{\frac{1}{2}} + 0.06 \times Re^{\frac{2}{3}}\right) \times Pr^{0.4}$$

$$NuD = 2 + \left(0.4 \times (12102.57)^{\frac{1}{2}} + 0.06 \times (12102.57)^{\frac{2}{3}}\right) \times 0.702^{0.4}$$

$$NuD = 67.65$$

Habiendo ya determinado el número de Reynolds, procedimos a calcular el coeficiente de convección:

$$h = \frac{NuD \times k}{dp}$$

$$h = \frac{67.65 \times 54.7 \times 10^{-3}}{0.08} \frac{W}{m^2K}$$

$$h = 46.25 \frac{W}{m^2K}$$

Luego reemplazando en:

$$q = h \times A_s \times (T_{\infty} - T_s)$$

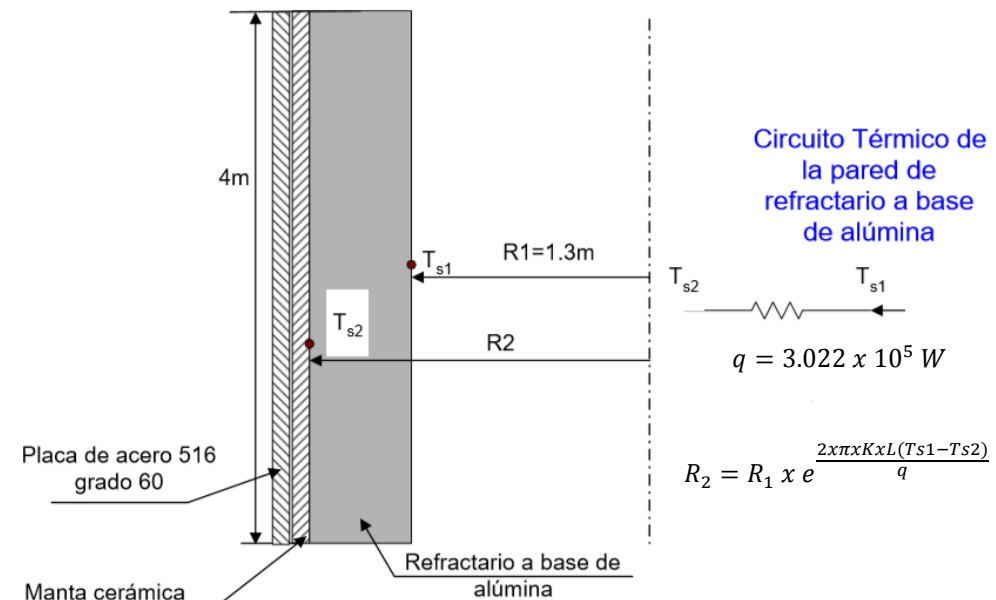
$$q = 46.25 \times 32.67 \times 200$$

$$q = 3.022 \times 10^5 \text{ W}$$

En este espacio se tiene que instalar refractarios debido a su resistencia elevada con respecto a los parámetros corrosivos del material caliza. Este material refractario tiene conductividad de (ver anexo 5):

$$K = 1.7 \text{ W/mK}$$

Figura 7. Circuito térmico de la zona de precalentamiento



Fuente: propia

El radio del refractario es:

$$R_2 = R_1 \times e^{\frac{2\pi K L (T_{s1} - T_{s2})}{q}}$$

$$R_2 = 1.3 \times e^{\frac{2 \times 3.1416 \times 1.7 \times 4 \times (600 - 250)}{3.022 \times 10^5}}$$

$$R_2 = 1.3 \times e^{0.04948}$$

$$R_2 = 1.37 \text{ m}$$

Para el resultado obtenido el ladrillo refractario es de 153 mm de espesor

b) Zona de calcinación:

Para esta área la variación de temperatura es de 1200°C.

Tamaño promedio de la piedra caliza es:

$$\text{Diametro de la piedra} = 8 \text{ cm}$$

Hallando la transferencia de calor por convección:

Se procede a calcular la transferencia por convección utilizando la siguiente expresión:

$$q = h \times A_s \times (T_{\infty} - T_s)$$

Dónde:

h = es el coeficiente de convección

$$h = \frac{NuD \times k}{dp}$$

NuD = Número de Nusselt

k = Conductividad termica de los gases de escape = $97.56 \times 10^{-3} \text{ W/mK}$

dp = tamaño promedio de la piedra caliza = $8 \text{ cm} = 0.08 \text{ m}$

Calculando del coeficiente de convección:

Para calcular el coeficiente de convección se necesita saber cuál es el valor del número de Reynolds.

$$Re = (1135.7 + 0.0408 \times \gamma)^{0.5} - 33.7$$

Dónde:

$$\gamma = \frac{dp^3 \times \rho_f \times (\rho_s - \rho_f) \times g}{u^2}$$

$dp = \text{tamaño promedio de la piedra caliza} = 8 \text{ cm} = 0.08 \text{ m}$

$\rho_f = \text{densidad del flujo (gases de combustión)} = 0.2365 \text{ kg/m}^3$

$u = \text{viscosidad dinamica} = 549.69 \times 10^{-7} \text{ Ns/m}^2$

$\rho_s = \text{densidad de la caliza} = 2000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

$g = \text{gravedad} = 9.8 \text{ m/s}^2$

$$\gamma = \frac{0.08^3 \times 0.2365 \times (2000 - 0.2365) \times 9.8}{(549.69 \times 10^{-7})^2}$$

$$\gamma = \frac{2.373044154}{302159.0961 \times 10^{-14}}$$

$$\gamma = 7.85 \times 10^8$$

Reemplazando en:

$$Re = (1135.7 + 0.0408 \times \gamma)^{0.5} - 33.7$$

$$Re = (1135.7 + 0.0408 \times 7.85 \times 10^8)^{0.5} - 33.7$$

$$Re = 5625.73$$

Se necesita determinar el número de Nusselt, para lo cual tenemos:

$$NuD = 2 + \left(0.4 \times Re^{\frac{1}{2}} + 0.06 \times Re^{\frac{2}{3}}\right) \times Pr^{0.4}$$

$$NuD = 2 + \left(0.4 \times (5625.73)^{\frac{1}{2}} + 0.06 \times (5625.73)^{\frac{2}{3}}\right) \times 0.689^{0.4}$$

$$NuD = 44.20$$

Reemplazando lo calculado en:

$$h = \frac{NuD \times k}{dp}$$

$$h = \frac{44.20 \times 97.56 \times 10^{-3}}{0.08} \frac{W}{m^2K}$$

$$h = 53.90 \frac{W}{m^2K}$$

Luego reemplazando en:

$$q = h \times As \times (T_{\infty} - Ts)$$

$$q = 53.90 \times 32.67 \times (1200 - 1000)$$

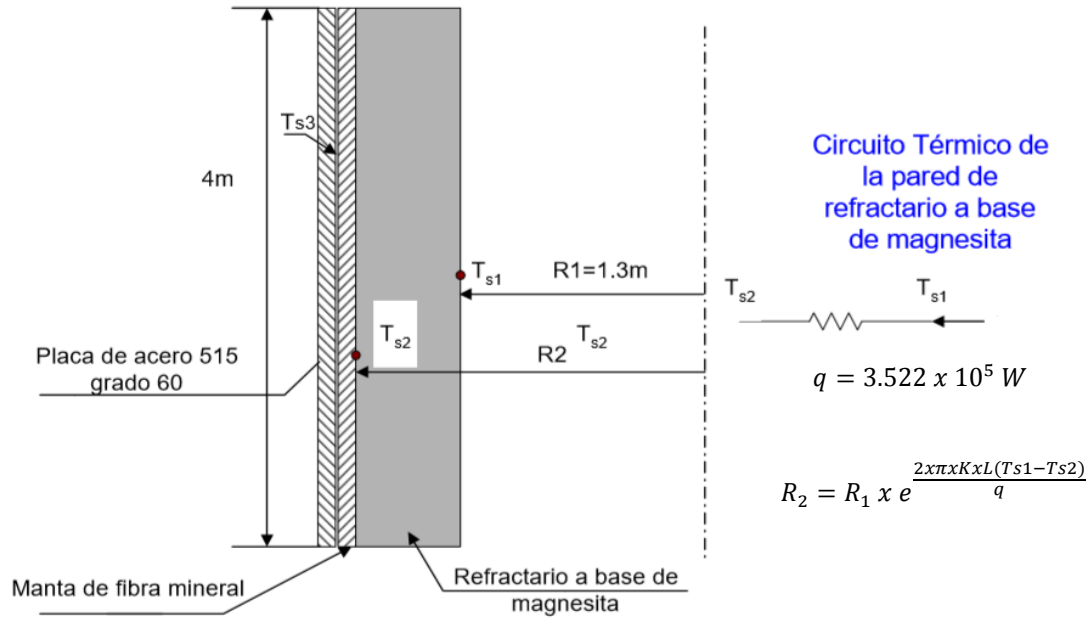
$$q = 3.522 \times 10^5 W$$

Para una temperatura de $T_{s1} = 1000^{\circ}C$ y la T_{s2} no debe de exceder $250^{\circ}C$.

Para esta área el material refractario debe estar compuesto a base de magnesita, ya que este muestra gran resistencia a elevadas variaciones térmicas, este ladrillo tiene una conductividad térmica de (ver anexo 6):

$$K = 2.4 \frac{W}{mK}$$

Figura 8. Diagrama térmico para el área de calcinación



Fuente: propia

El radio del refractario es:

$$R_2 = R_1 \times e^{\frac{2\pi x K x L (T_{s1} - T_{s2})}{q}}$$

$$R_2 = 1.3 \times e^{\frac{2 \times 3.1416 \times 2.4 \times 4 \times (1000 - 250)}{3.522 \times 10^5}}$$

$$R_2 = 1.3 \times e^{0.12845}$$

$$R_2 = 1.478 \text{ m}$$

Para el resultado obtenido el ladrillo refractario es de 305 mm de espesor

c) Zona de enfriamiento:

Se tiene una variación de 600°C.

Consideraciones de diseño:

- La temperatura media T_m del aire de enfriamiento es:

$$T_m = \frac{T_o \text{ (ambiente)} + T_f}{2}$$

$$T_m = \frac{25 + 600}{2}$$

$$T_m = 312.5^\circ C$$

- Tamaño promedio de la Cal descargada es:

$$\text{Diametro promedio de la Cal} = 0.84 \text{ mm}$$

Hallando la transferencia de calor por convección:

Se procede a calcular la transferencia por convección utilizando la siguiente expresión:

$$q = h \times A_s \times (T - T_s)$$

Dónde:

h = es el coeficiente de convección

$$h = \frac{NuD \times k}{dp}$$

NuD = Número de Nusselt

k = Conductividad termica de los gases de escape = $46.16 \times 10^{-3} W/mK$

dp = tamaño promedio de la piedra caliza = $8 \text{ cm} = 0.08 \text{ m}$

Calculando del coeficiente de convección:

Para calcular el coeficiente de convección se necesita saber cuál es el valor del número de Reynolds.

$$Re = (1135.7 + 0.0408 \times \gamma)^{0.5} - 33.7$$

Dónde:

$$\gamma = \frac{dp^3 \times \rho_f \times (\rho_s - \rho_f) \times g}{u^2}$$

$dp = \text{tamaño promedio de la piedra producto} = 0.84 \text{ mm}$

$\rho_f = \text{densidad del flujo (gases de combustión)} = 0.594 \text{ kg/m}^3$

$u = \text{viscosidad dinamica} = 301.52 \times 10^{-7} \text{ Ns/m}^2$

$\rho_s = \text{densidad de cal} = 3320 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

$g = \text{gravedad} = 9.8 \text{ m/s}^2$

$$\gamma = \frac{(0.84 \times 10^{-3})^3 \times 0.594 \times (3320 - 0.594) \times 9.8}{(301.52 \times 10^{-7})^2}$$

$$\gamma = 1.259 \times 10^4$$

Reemplazando en:

$$Re = (1135.7 + 0.0408 \times \gamma)^{0.5} - 33.7$$

$$Re = (1135.7 + 0.0408 \times 1.259 \times 10^4)^{0.5} - 33.7$$

$$Re = 6.912$$

Se necesita determinar el número de Nusselt, para lo cual tenemos:

$$NuD = 2 + \left(0.4 \times Re^{\frac{1}{2}} + 0.06 \times Re^{\frac{2}{3}}\right) \times Pr^{0.4}$$

$$NuD = 2 + \left(0.4 \times (6.912)^{\frac{1}{2}} + 0.06 \times (6.912)^{\frac{2}{3}}\right) \times 0.684^{0.4}$$

$$NuD = 3.09$$

Habiendo ya determinado el número de Reynolds reemplazar lo obtenido en:

$$h = \frac{NuD \times k}{dp}$$

$$h = \frac{3.09 \times 46.16 \times 10^{-3}}{0.84 \times 10^{-3}} \frac{W}{m^2K}$$

$$h = 169.80 \frac{W}{m^2K}$$

Luego reemplazando en:

$$q = h \times As \times (T \infty - Ts)$$

$$q = 169.80 \times 18.79 \times (600 - 400)$$

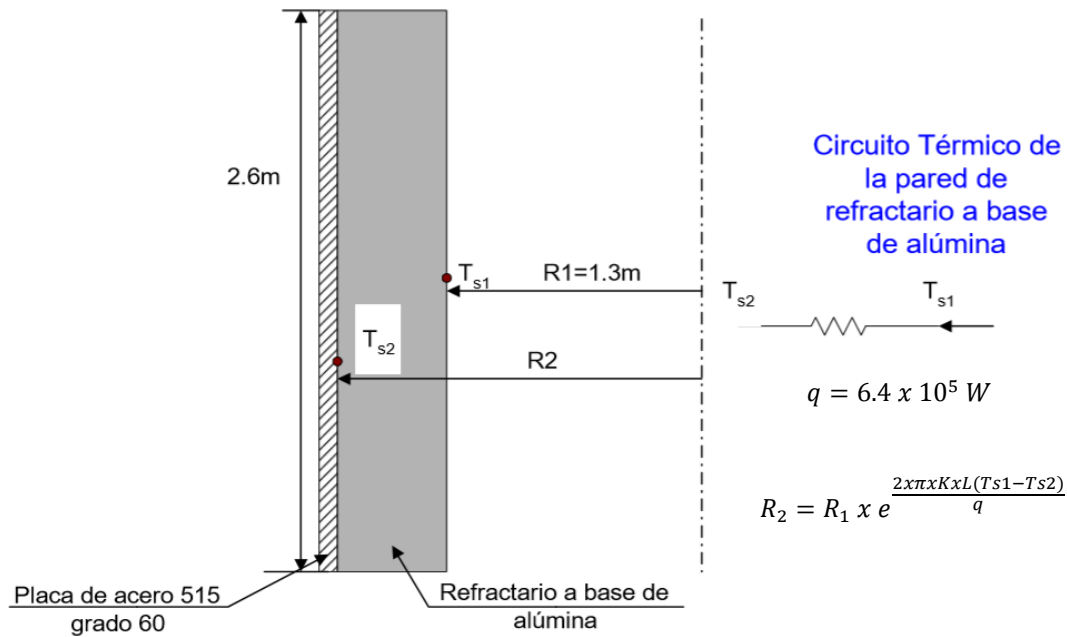
$$q = 6.4 \times 10^5 W$$

Para una temperatura de $T_{s1} = 400^\circ\text{C}$ y la T_{s2} no debe de exceder 250°C .

Se manifiesta que en el área de enfriamiento se determinó la instalación de material en la que su composición química contiene alúmina, ya que a este material se le conoce por su elevada resistencia a efectos de desgaste y corrosión, este ladrillo manifiesta una conductividad de (ver anexo 5):

$$K = 1.7 \frac{W}{mK}$$

Figura 9. Circuito térmico de la zona de enfriamiento



Fuente: propia

El radio del refractario es:

$$R_2 = R_1 \times e^{\frac{2\pi k L (T_{s1} - T_{s2})}{q}}$$

$$R_2 = 1.3 \times e^{\frac{2 \times 3.1416 \times 1.7 \times 2.6 (400 - 250)}{6.4 \times 10^5}}$$

$$R_2 = 1.3 \times e^{0.12845}$$

$$R_2 = 1.3 \text{ m}$$

Diseño estructural del horno

- El diseño de la estructura se toma en cuenta dos tipos de cargas generales como son la carga viva y la carga muerta.
- La carga viva corresponde al peso total de caliza que se encuentra en el interior del horno este valor es de 214.32 toneladas.
- La carga muerta corresponde al peso total del cuerpo del horno, es decir cubierta de metal, capas de refractario, tolvas de alimentación y descarga, sistemas de calcinación y accesorios, este valor es de 150 toneladas.

Entonces:

$$Carga\ Total = Carga\ viva + carga\ muerta$$

$$Carga\ Total = 214.32 + 150.00$$

$$Carga\ Total = 364.32$$

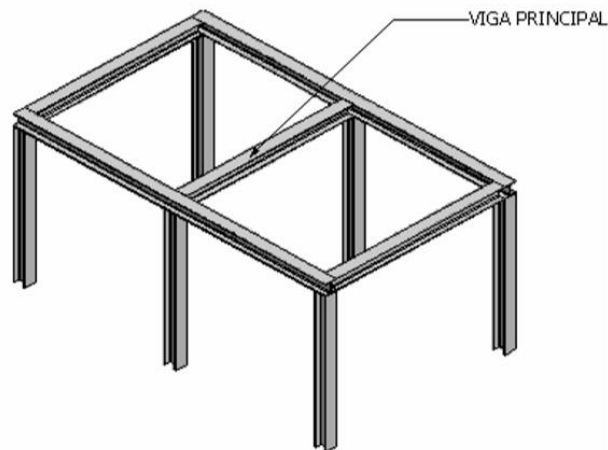
- En tal sentido se considera una masa equivalente a 400 Tn.
- Se tiene que la distribución se realizó de forma simétrica en dos torres para lo cual se tiene :

$$Capacidad\ de\ producción\ por\ columna = \frac{Producción\ total}{2}$$

$$Capacidad\ de\ producción\ por\ columna = \frac{120\ Tn}{2}$$

$$Capacidad\ de\ producción\ por\ columna = 60\ Tn$$

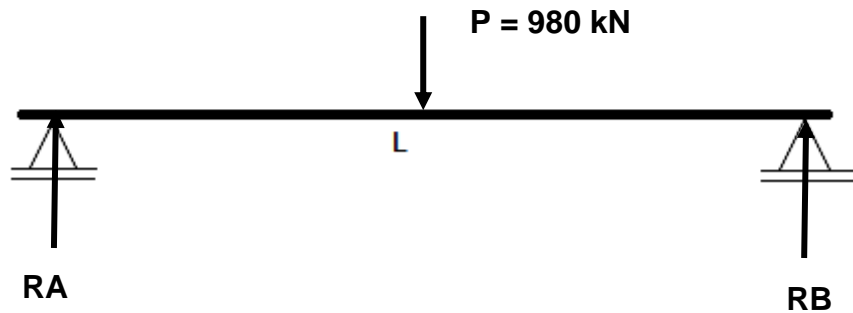
Figura 10. Estructura metálica del soporte del horno



Fuente: Elaboración Propia.

Diseño de vigas principales

En esta sección se determina una fuerza que se ejerce sobre la viga centro este valor es de 980 kN (siendo este valor la $\frac{1}{4}$ carga de diseño).



Sumatorias de fuerzas en el eje "y" debe ser igual a cero

Σ eje y= 0

$$RA + RB = P$$

$$RA + RB = 980 \text{ kN}$$

Tenemos:

$$RB \times L = P \times \frac{L}{2}$$

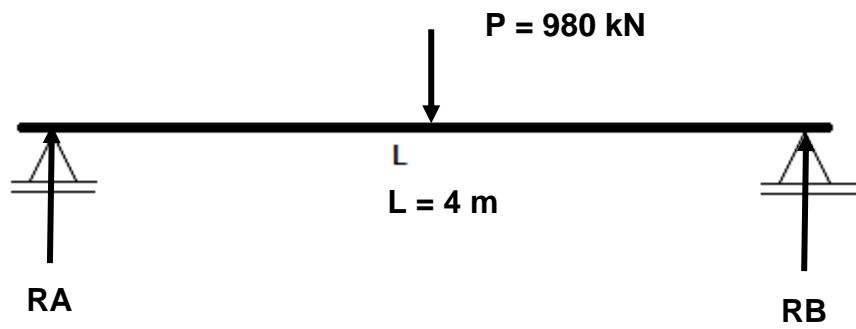
$$RB = \frac{P}{2}$$

En conclusión:

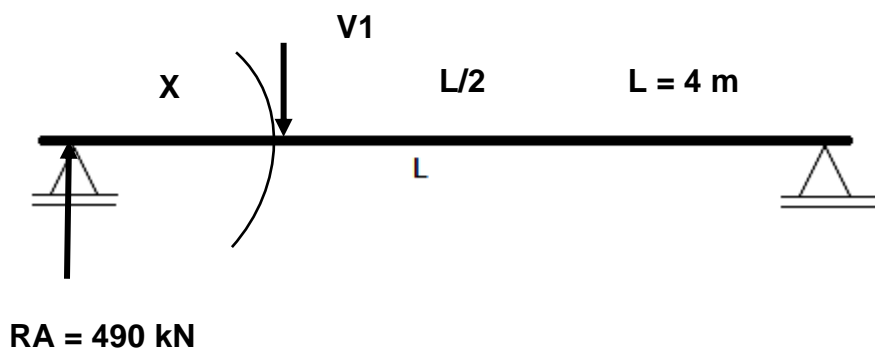
$$RA = 490 \text{ kN}$$

$$RB = 490 \text{ kN}$$

Hallando los Diagramas de Corte y de Momento Flexionante de la viga principal



Hallando vectores de corte

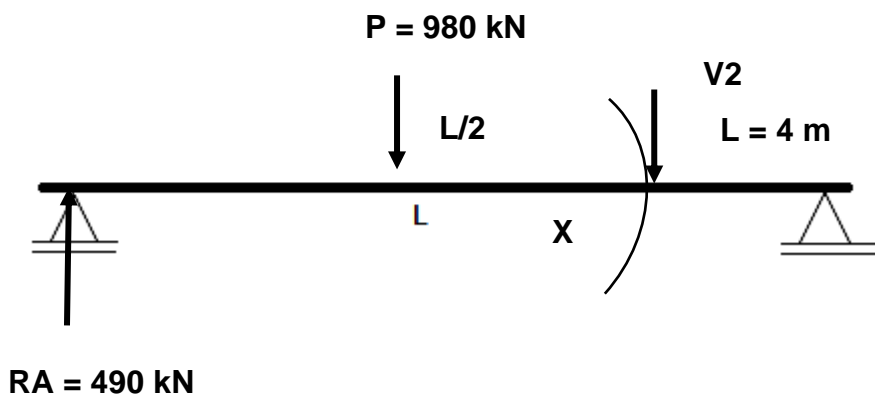


$$0 < X < L/2$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$490 \text{ kN} - V1(x) = 0$$

$$V1(x) = 490 \text{ kN}$$



$$L/2 < X < 4$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$490 - 980 - V_2(x) = 0$$

$$V_2(x) = -490 \text{ kN}$$

Hallando el momento flector

$$\Sigma M_1 = 0$$

$$490(x) - M_1 = 0$$

$$M_1 = 490(x)$$

Entonces para:

$$x = 0$$

$$M_1 = 0$$

Así mismo para:

$$x = 4$$

$$M_1 = 490(4)$$

$$M_1 = 1960$$

$$\Sigma M_2 = 0$$

$$490(x) + M_2 = 0$$

$$M_2 = -490(x)$$

Entonces para:

$$x = 0$$

$$M_2 = 0$$

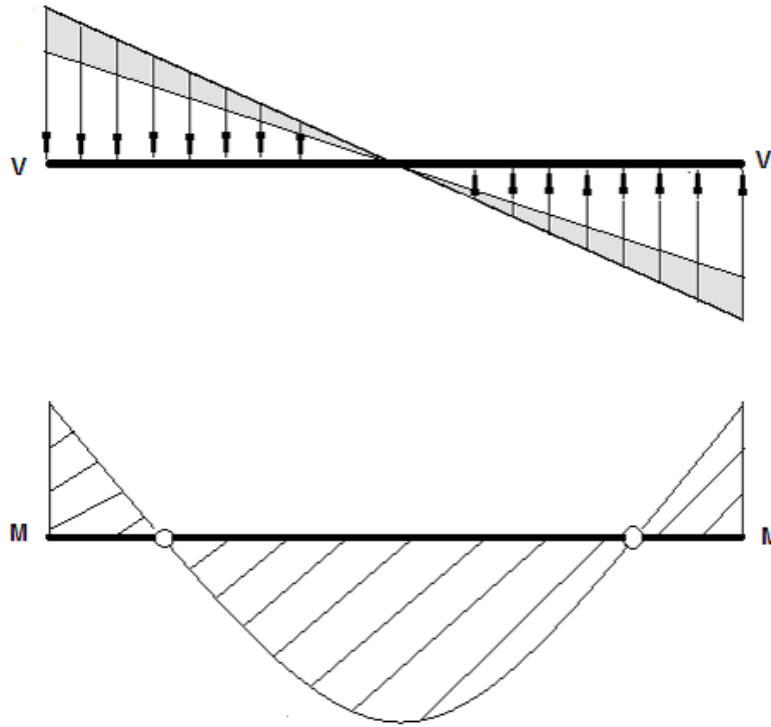
Entonces para:

$$x = 4$$

$$M_2 = -490(4)$$

$$M_2 = -1960$$

Figura 11. Diagrama de Corte y Momento Flexionante de la viga principal



Fuente: *Elaboración Propia.*

Hallando el momento máximo:

$$M_{max} = \frac{\text{Carga aplicada} \times \text{Longitud}}{4}$$
$$M_{max} = \frac{980 \text{ kN} \times 4 \text{ m}}{4}$$

$$M_{max} = 980 \text{ kNm}$$

Hallando el esfuerzo normal máximo:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{S_{xx}}$$

Siendo:

S_{xx} = Modulo de la sección del elemento utilizado

Teniendo como factor de seguridad igual a 2 para el diseño el acero a utilizar es ACERO ASTM A 36, que cuenta con:

$$\text{Esfuerzo normal maximo} = 248.2 \times 10^3 \frac{kN}{m^2}$$

Entonces el módulo de sección es:

$$S_{xx} = \frac{M_{max}}{\sigma_{max}} \times \text{Factor de Seguridad}$$

$$S_{xx} = \frac{980 \text{ kNm}}{248.2 \times 10^3 \frac{kN}{m^2}} \times 2$$

$$S_{xx} = 0.007896 \text{ m}^3$$

El perfil estructural que cumple con el requerimiento es el HD400x463 ya que su:

$$S_{xx} = 0.008283 \text{ m}^3$$

Diseño de tolva de alimentación

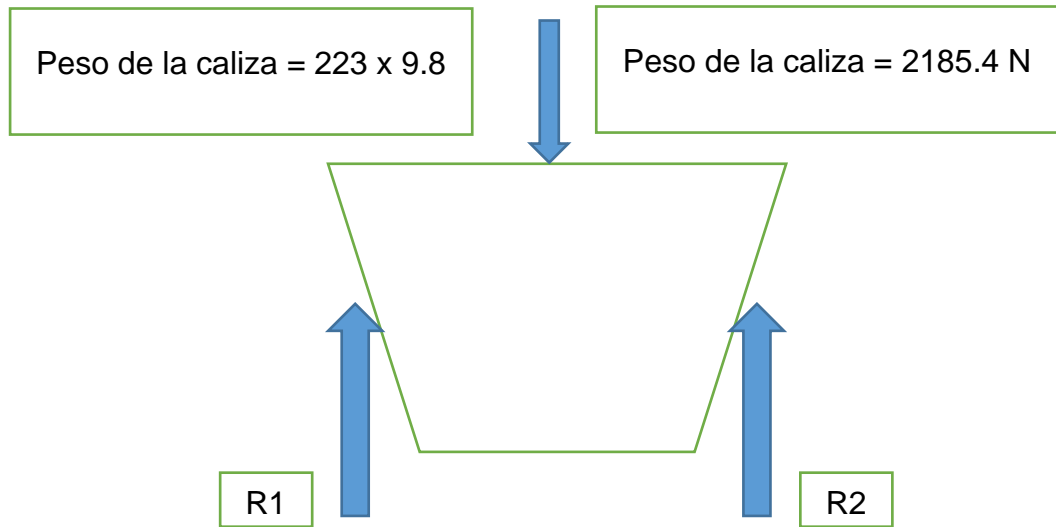
Se tiene en cuenta el material descargado en las fajas transportadoras para tal efecto se considera este peso igual a la décima porción del total de suministrado por las transportadoras, tal como lo manifiesta la revista tecnología de la calcinación (2017, p.15), siendo la masa de la caliza de 0.223 toneladas.

$$V = \frac{m \text{ caliza}}{\rho \text{ caliza}}$$

$$V = \frac{223 \text{ kg}}{2000 \text{ kg/m}^3}$$

$$V = 0.1115 \text{ m}^3$$

Determinación de las fuerzas aplicadas por la piedra caliza



$$R1 + R2 = 2185.4 \text{ N}$$

Como:

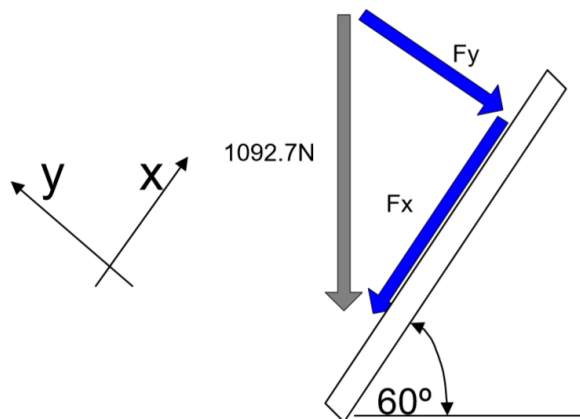
$$R1 = R2$$

Entonces:

$$R1 + R1 = 2185.4 \text{ N}$$

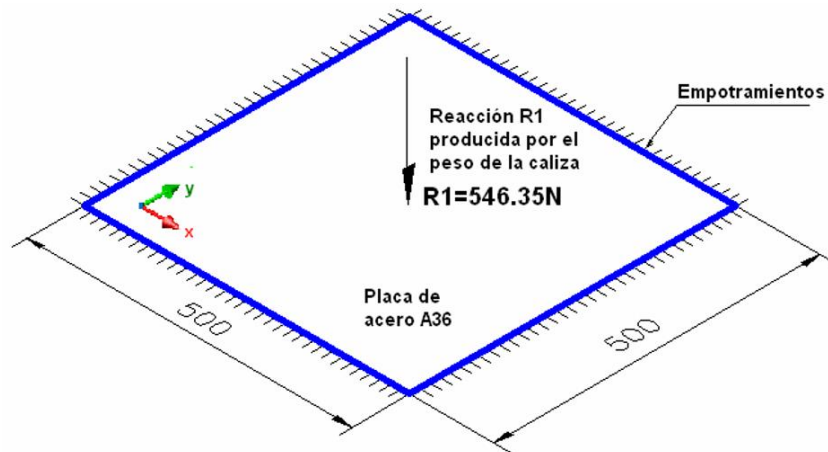
$$R1 = 1092.7 \text{ N}$$

$$R2 = 1092.7 \text{ N}$$



$$F_y = 1092.7 \times \cos 60^\circ$$

$$F_y = 541.35 \text{ N}$$



$$M_{max} = \frac{F \times l}{8}$$

$$M_{max} = \frac{541.35 \times 0.5}{8}$$

$$M_{max} = 33.83 \text{ Nm}$$

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max} \times 6 \times e}{0.5 \times e^3}$$

$$\sigma_{max} = \frac{33.83 \times 6 \times e}{0.5 \times e^3}$$

$$\sigma_{max} = \frac{405.96}{e^2}$$

Se consideró un coeficiente de seguridad igual a 5.

Se utilizó el acero ASTM A-36

$$\sigma \leq \frac{Sy}{n}$$

$$\frac{405.96}{e^2} \leq \frac{248.2 \times 10^6}{5}$$

$$e = \sqrt{\frac{405.96 \times 5}{248.2 \times 10^6}}$$

$$e = 0.0029 \text{ m}$$

La placa de acero ASTM A-36 es de 3mm.

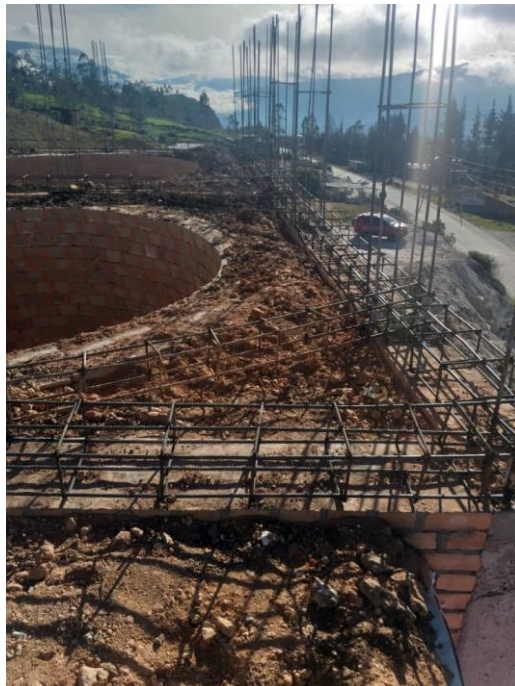
Se presentan vistas fotográficas evidenciando la aplicación en la creación del horno convencional para la elaboración de cal en la empresa “Servicios Generales Rosalinda S.R.L”, Bambamarca-Cajamarca

Figura 12. Vista fotográfica de la construcción del horno



Fuente: elaboración propia

Figura 13. Vista fotográfica de la construcción de una de las columnas del equipamiento de cocción.



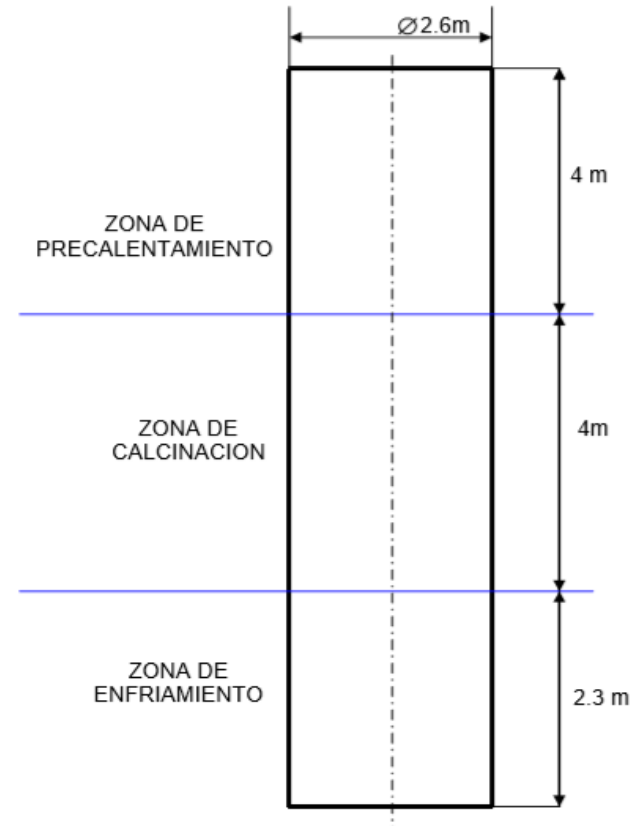
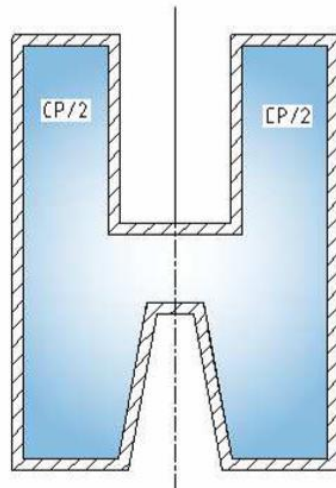
Fuente: elaboración propia

Figura 14. Vista fotográfica del tesista en trabajos de campo



Fuente: elaboración propia

PLANOS EN SOFTWARE AUTO CAD



DIMENSIONES DEL HORNO DE CAL



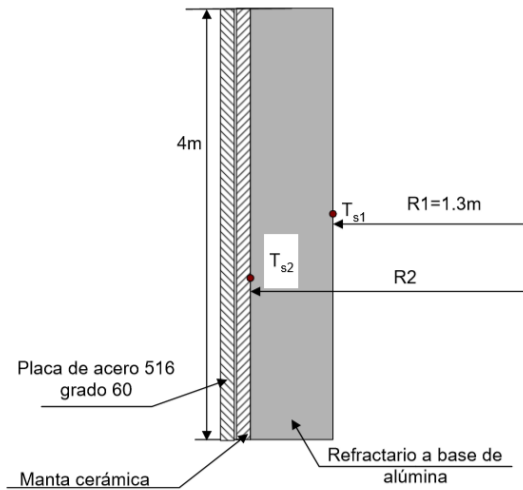
UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

DISEÑO DE UN HORNO CONVENCIONAL PARA LA
PRODUCCION DE CAL EN LA EMPRESA "SERVICIOS
GENERALES ROSALINDA S.R.L." BAMBAMARCA -
CAJAMARCA 2019

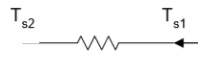
L 01

X CICLO

AUTOR:
YORDENALFONSO, DIAZ CERDAN

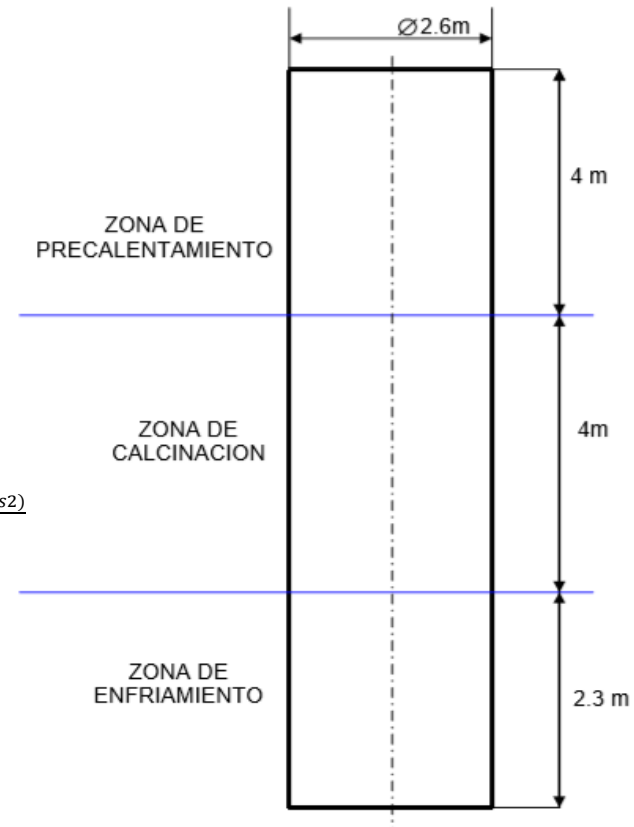


Circuito Térmico de la pared de refractorio a base de alúmina



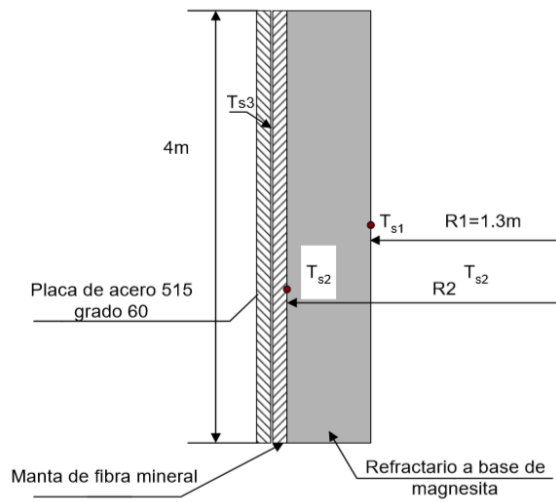
$$q = 3.022 \times 10^5 \text{ W}$$

$$R_2 = R_1 \times e^{\frac{2\pi r K L (T_{s1} - T_{s2})}{q}}$$



CIRCUITO TÉRMICO DE LA ZONA DE PRECALENTAMIENTO

 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA	
DISEÑO DE UN HORNO CONVENCIONAL PARA LA PRODUCCION DE CAL EN LA EMPRESA "SERVICIOS GENERALES ROSALINDA S.R.L." BAMBAMARCA – CAJAMARCA 2019	
X CICLO	AUTOR: YORDENALFONSO, DIAZ CERDAN
L 02	

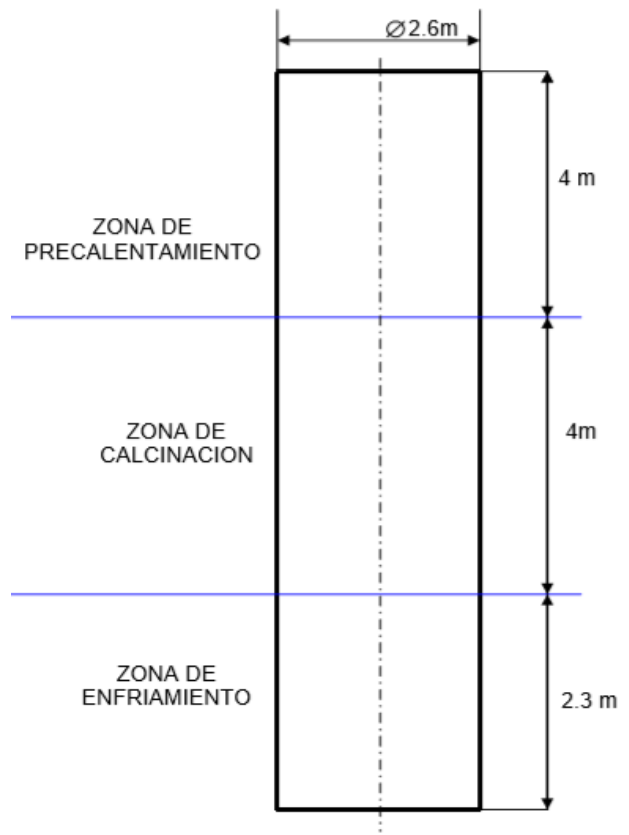


Circuito Térmico de la pared de refractorio a base de magnesita



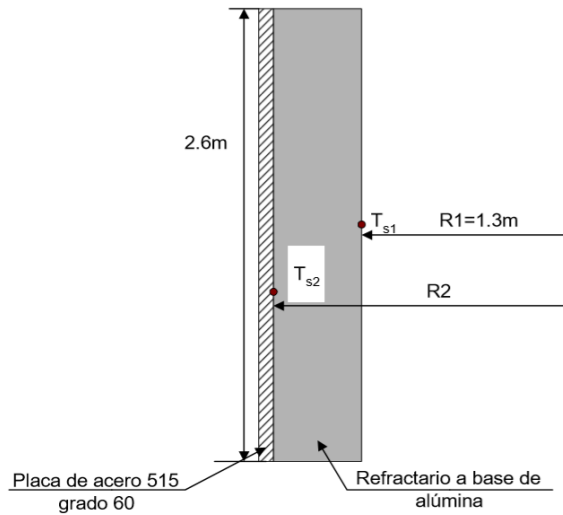
$$q = 3.522 \times 10^5 \text{ W}$$

$$R_2 = R_1 \times e^{\frac{2\pi r_1 k x L (T_{s1} - T_{s2})}{q}}$$



CIRCUITO TÉRMICO DE LA ZONA DE CALCINACIÓN

 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA	
DISEÑO DE UN HORNO CONVENCIONAL PARA LA PRODUCCION DE CAL EN LA EMPRESA "SERVICIOS GENERALES ROSALINDA S.R.L." BAMBAMARCA - CAJAMARCA 2019	
X CICLO	AUTOR: YORDENALFONSO, DIAZ CERDAN
L 02	

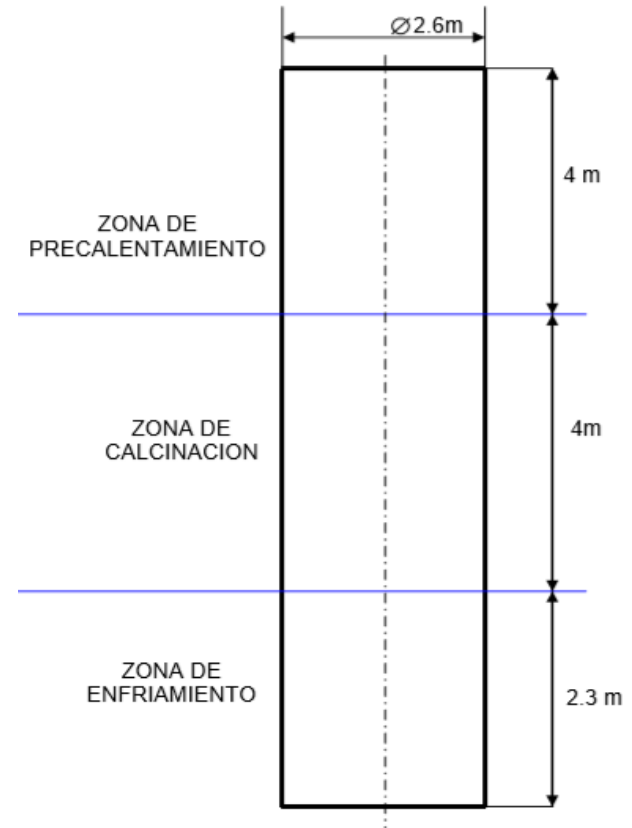


Circuito Térmico de la pared de refractario a base de alúmina



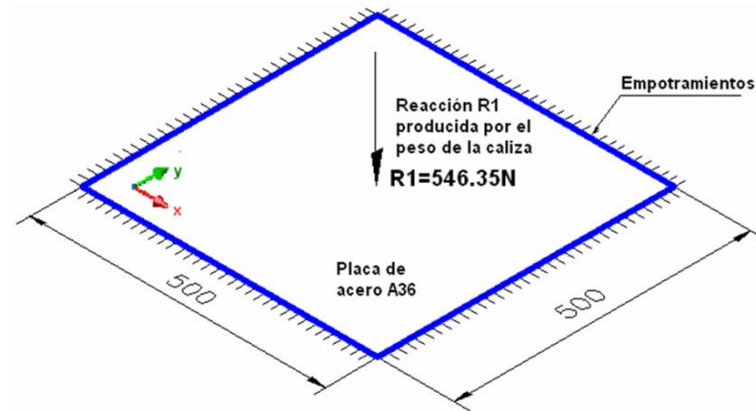
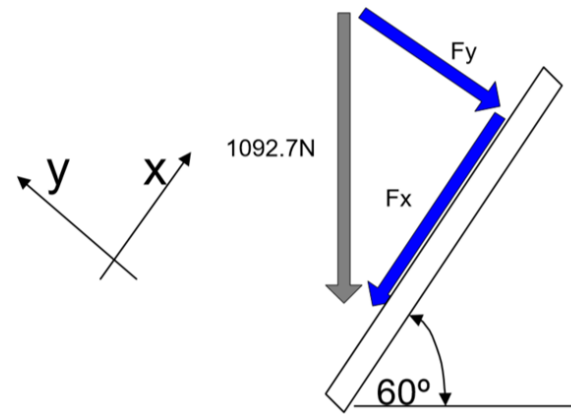
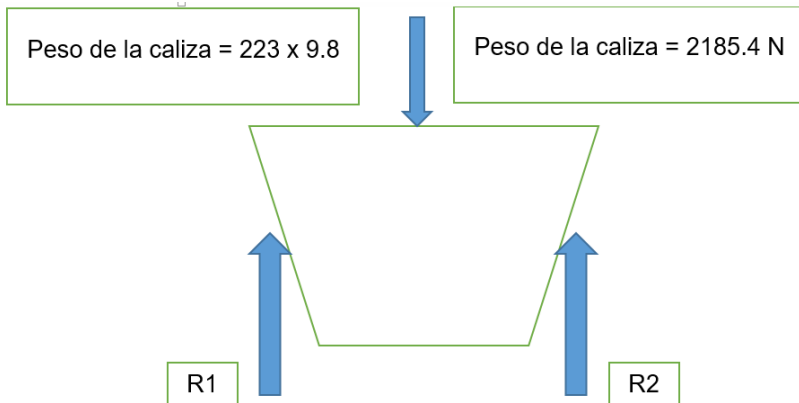
$$q = 6.4 \times 10^5 \text{ W}$$

$$R_2 = R_1 \times e^{\frac{2\pi \times K \times L \times (T_{s1} - T_{s2})}{q}}$$




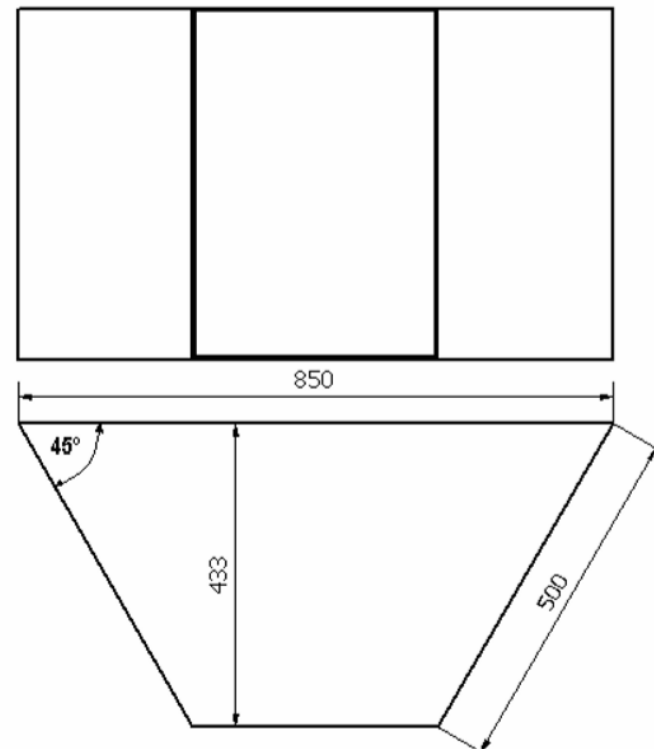
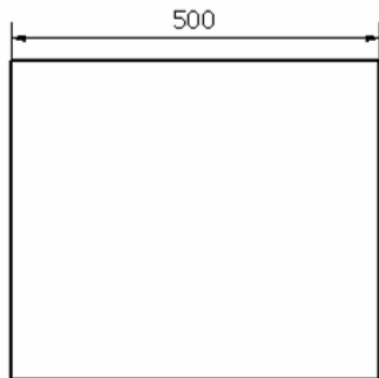
CIRCUITO TÉRMICO DE LA ZONA DE ENFRIAMIENTO

 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA		L 03
DISEÑO DE UN HORNO CONVENCIONAL PARA LA PRODUCCION DE CAL EN LA EMPRESA "SERVICIOS GENERALES ROSALINDA S.R.L." BAMBAMARCA - CAJAMARCA 2019		
X CICLO	AUTOR: YORDENALFONSO, DIAZ CERDAN	



DISEÑO DE TOLVA DE ALIMENTACIÓN

 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA	
DISEÑO DE UN HORNO CONVENCIONAL PARA LA PRODUCCION DE CAL EN LA EMPRESA "SERVICIOS GENERALES ROSALINDA S.R.L." BAMBAMARCA – CAJAMARCA 2019	
L 04	AUTOR: YORDENALFONSO, DIAZ CERDAN
X CICLO	YORDENALFONSO, DIAZ CERDAN



DISEÑO DE TOLVA DE ALIMENTACIÓN



UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

DISEÑO DE UN HORNO CONVENCIONAL PARA LA
 PRODUCCION DE CAL EN LA EMPRESA "SERVICIOS
 GENERALES ROSALINDA S.R.L." BAMBAMARCA –
 CAJAMARCA 2019

L 05

X CICLO

AUTOR:
 YORDENALFONSO, DIAZ CERDAN

3.4 Evaluar económicamente el proyecto presentado teniendo en cuenta los indicadores económicos VAN y TIR.

Para determinar el costo total para la ejecución del trabajo de investigación se tomó en cuenta los costos por construcción propiamente dicho del horno a todo costo y los costos por trabajos de ingeniería como ingeniero de diseño.

Tabla 3. Costos de construcción a todo costo de las columnas del horno de Cal

Ítem	Descripción	Unid.	Cant.	Costo en soles	
				unitario	Sub Total
1	Construcción del Horno de Cal a todo costo	Global	1	310,352.00	310,352.00
Presupuesto					310,352.00

Fuente: elaboración propia

El gasto de ingeniería corresponde a los costos por el desempeño como ingeniero de diseño siendo este que el sueldo mensual de este es de S/. 1500.00 soles mensuales y el trabajo de construcción es de 1 año (12 meses) en tal sentido se tiene que:

Tabla 4. Costos por trabajos de ingeniería

Ítem	Descripción	Unid.	Cant.	Costo en soles	
				unitario	Sub Total
1	Costos por trabajos de Ingeniería	Global	12	1,500.00	18,000.00
Valor referencial					18,000.00

Fuente: elaboración propia

Tabla 5. Costo total para la implementación de un horno convencional

Ítem	Descripción	Unid.	Cant.	Costo en soles	
				unitario	Sub Total
1	Construcción del Horno de Cal a todo costo	Global	1	310,352.00	310,352.00
2	Costos por trabajos de Ingeniería	Global	12	1,500.00	18,000.00
Costo total en nuevos soles incluido IGV					328,352.00

Fuente: elaboración propia

Se evidencia que el costo total para la construcción es de S/. 328,352.00 soles.

Análisis económico de la propuesta mediante los indicadores VAN y TIR y B/C:

Teniendo en cuenta que el valor de inversión en el año 0 es de S/. 328,352.00 soles se tiene lo siguiente:

Ingresos:

Costos por producción en un año teniendo que:

Producción por día = 120 Tn

El trabajo de producción de cal se realiza de lunes a sábado haciendo un total de días trabajados al mes de 26 días

El valor por tonelada de cal producida es de 200 soles.

Producción diaria en Tn	Días de trabajo al mes	Meses trabajados en un año	Valor de costo por Tn de producción S/.	Valor total de costos de producción S/.
120	26	12	200	7488,000.00

Fuente: Elaboración Propia

Egresos:

- Gastos por uso de carbón como combustible, se consumen un total de 1872 toneladas de carbón al mes y sabiendo que el costo por tonelada asciende a un valor de S/. 250 soles entonces tenemos que al mes hay un costo de S/. 468,000.00 Soles por uso de Carbón como combustible en la producción de Cal:

Descripción	Costo por Tn al mes	Cantidad de meses	Total
Gastos de uso de carbón como combustible (Tn)	S/. 468,000.00	12	S/. 5,616,000.00
Gastos Por Operación y Mantenimiento (limpieza)	S/. 750.00	12	S/. 9,000.00
Costos por salarios de 60 trabajadores	S/. 90,000.00	12	S/. 1,080,000.00
Gastos por energía eléctrica	S/. 10,500.00	12	S/. 126,000.00

Fuente: Elaboración propia

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

AÑOS	0	1	2
INGRESOS	Inversión (Costo de Proyecto)	Ingresos Trabajos realizados	Ingresos Trabajos realizados
Ingresos	328352.00	7488000.00	7488000.00
Otros		0.00	0.00
Total Ingresos	328352.00	7488000.00	7488000.00
EGRESOS			
Costos por uso de Carbón (Combustible)		-5616000.00	-5616000.00
Costos por pago a trabajadores		-1080000.00	-1080000.00
Gastos por energía eléctrica		-126000.00	-126000.00
Costos por Operación y mantenimiento		-9000.00	-9000.00
Total Egresos	0.00	-6831000.00	-6831000.00
INGRESO NETO	-328352.00	657000.00	657000.00

Fuente: Elaboración propia

El análisis se determinó en un periodo de 2 años evidenciando un costo inicial de S/. 328,352.00 soles, teniendo en el mismo periodo de evaluación un beneficio total de S/. 1,314000.00 soles, para lo cual se tiene que los indicadores económicos del presente proyecto de investigaciones son:

VAN S/	811,895.93
TIR	173.30%
TASA COMERCIAL	10%
B/C	4.00

Fuente: Elaboración propia

Se observa un VAN (Valor actual neto) >0 , por lo que es aceptable, así mismo se tiene que el $TIR > T_c$, por lo que esto indica que el proyecto de investigación es viable, sostenible y rentable.

V. DISCUSIÓN

En el presente trabajo de investigación se tiene como problema principal el diseño de mecanismo convencional para el tratamiento térmico de la caliza, esto debido a que de las 7000 toneladas mensuales que es el requerimiento que se tiene de CAL, la empresa

SERVICIOS GENERALES ROSALINDA S.R.L, tiene como requerimiento individual 2500 toneladas mensuales y esta se está haciendo de forma artesanal pero solo se está produciendo algo 36 toneladas diarias haciendo un total mensual aproximado de 1100 toneladas mensuales teniendo un déficit de 1400 toneladas que no se están atendiendo tal como lo dice (SINALUISA, 2015) en la tesis de grado *“Estudio de Factibilidad para la Creación de una Planta de Producción de Cal Viva e Hidratada en la Parroquia San Juan”*, manifiesta que se determinó que existe un déficit que no se está abasteciendo debido a que no se cuenta con la maquinaria o equipamiento especializado para el tratamiento de la piedra caliza para lo cual se deberá realizar estudios de mercado para seguir disminuyendo el porcentaje de insatisfacción, y de esta forma mejorar la calidad del producto teniendo a la mano nuevas tecnologías para su fabricación

El estudio realizado corresponde a un horno convencional con volumen de producción de 120 toneladas al día, utilizando como combustible el carbón de piedra tipo antracita el trabajo se realizó a una temperatura de 25°C, teniendo para ello una humedad relativa de entre el 30% y el 50%, para lo cual se manifiesta para producir 120Tn de Cal se debe de suministrar 214.32 toneladas de piedra caliza con respecto al trabajo llamado *“Diseño de una planta móvil de trituración de caliza para una capacidad de 50 Tn /h.”*, la cual se manifiesta que la comparación con respecto a este trabajo radica esencialmente en que para el tratamiento de la piedra caliza se inicia en la trituración de este material (URDAY, 2017).

La producción de CAL de forma artesanal que ha tenido la empresa SERVICIOS GENERALES ROSALINDA S.R.L. para el año 2015 se produjo 9600 toneladas de CAL, en el año 2016 se produjo 12600 toneladas para el año 2017 se produjeron solo 12000 toneladas siendo que para el año 2019 se produjeron un total de 13200 toneladas de CAL haciendo un aproximado de 1100 toneladas mensuales de producción para lo cual existe producción que no ha sido atendida por la empresa ROSALINDA S.R.L. solo en el periodo de enero a diciembre del 2019 se tiene que en el mes de enero no se atendió con 1350 toneladas, en el mes

de junio con 1350 toneladas y en el mes de diciembre del 2019 no se pudo atender con 1400 toneladas de CAL esto debido que en la empresa “Servicios Generales Rosalinda S.R.L”, Bambamarca – Cajamarca no se cuenta con la maquinaria especializada (horno convencional para la producción de cal), para producir lo requerido en el tiempo que se solicite ya prácticamente se está dejando de atender con el 50% del requerimiento mensual que se solicita en tal sentido se apoya lo manifestado por (CORREA, R, SANTILLAN, LI., 2016) en su estudio de investigación.

En el presente trabajo de investigación la capacidad nominal de diseño es de 120 toneladas de cal por día, sabiendo que por cada 100 kg de $CaCO_3$ se producen 56 kg de CaO y 44 kg de CO_2 tenemos que para producir 120 toneladas de cal se requieren 214.32 toneladas de piedra caliza atribuyendo esa cantidad de producción al diseño de 2 columnas es decir 107.16 toneladas de caliza en cada columna resultado que la altura de cada columna es de 10.30 metros con un diámetro de 2.574 metros. Las 3 zonas energéticas como son la zona de precalentamiento, la zona de calcinación y la zona de enfriamiento tienen 4 metros, 4 metros y 2.3 metros respectivamente con respecto a lo dicho por (CORREA, R, SANTILLAN, LI., 2016). Donde manifiesta que el proceso de producción se realiza artesanalmente usando hornos verticales de ladrillo, usando como combustible carbón tipo antracita, el proceso es de la siguiente manera: extracción de la roca caliza de la cantera, chancado de la roca, chancado del carbón antracita, quemado de la roca caliza con carbón antracita, selección de impurezas, despacho y transporte final. Se manifiesta que existe similitud en los resultados obtenidos.

En tal sentido se manifiesta que de las 7000 toneladas mensuales que es el requerimiento que se tiene de CAL, la empresa SERVICIOS GENERALES ROSALINDA S.R.L, tiene como requerimiento individual 2500 toneladas mensuales y esta se está haciendo de forma artesanal pero solo se está produciendo algo 36 toneladas diarias haciendo un total mensual aproximado de 1100 toneladas mensuales teniendo un déficit de 1400 toneladas que son se están atendiendo de tal forma para incrementar la

producción y cubrir ese déficit de no atención es por lo que se determinó diseñar un horno convencional para producir 12 toneladas de cal por día, existiendo la capacidad de producción y existiendo la demanda en el mercado es por lo que es rentable implementar la construcción de un horno convencional para la producción de cal.

VI. CONCLUSIONES

Se concluye que la empresa “Servicios Generales Rosalinda S.R.L”, Bambamarca – Cajamarca cuenta con un horno para la elaboración de Cal que no logra atender la gran demanda que tiene la Cal, sobre todo para las empresas mineras, debido a esto se tiene un déficit de producción con respecto a la cantidad de producto solicitado ascendente a un 50% del requerimiento mensual.

Se determinó que para producir 120 Tn de cal se debe de suministrar 214.32 toneladas de caliza, la altura del horno es de 10.30 m con un diámetro por cada columna de 2.574 m, teniendo como capacidad de producción por columna de Tn, se utilizó carbón de piedra tipo antracita.

En el diseño se determinó que en la zona de precalentamiento existe una transferencia de calor convección igual $q = 3.022 \times 10^5 W$, en la zona de calcinación de $q = 3.522 \times 10^5 W$ y por último en la zona de enfriamiento $q = 6.4 \times 10^5 W$, las tolvas de alimentación se diseñaron con un factor de seguridad igual a 5, soportan un peso de 2185 N, determinando que utilizo el acero ASTM A-36 de espesor igual a 3 mm

Para la construcción de un horno convencional de producción de cal en la empresa “Servicios Generales Rosalinda S.R.L” asciende a la suma de S/. 328,352.00 soles con un VAN igual a S/. 811,895.93 (Valor actual neto) es mayor que cero por lo que es aceptable, así mismo se tiene que el TIR igual a 173.3% siendo este mayor que la tasa de descuento por lo que esto indica que el proyecto de investigación es viable, sostenible y rentable.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda que para futuras investigaciones se realice una evaluación en los índices de CO₂ en el horno ya que este podría reaccionar con la cal viva y dar a lugar a la formación de carbonato de calcio.

Se debe realizar un estudio relacionado a las capa del refractario, esto debido a que cuando existen enfriamientos bruscos existe una reacción que ejerce el ladrillo utilizado en las paredes del horno haciendo que estas se fisuren.

Se recomienda realizar investigaciones con respecto al comportamiento el material refractario principalmente en la base de alúmina y la abrasión que esta tiene por parte de la caliza. Es necesario controlar el rango permitido con respecto al tamaño de la piedra caliza en la alimentación ya que este influye en la calidad de la Cal obtenida.

Se recomienda que para futuras investigaciones incentivar a plantear dentro del diseño medidas de seguridad basadas en la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo relacionándolo a la exposición de diversos peligros ergonómicos.

REFERENCIAS

- ARENAZA, Guillermo. 2016.** *Estudio de Factibilidad técnica - Económica para implementar una planta de producción de Cal en la Concesión Minera ARVAA 100 - La Encañada - Cajamarca, 2016.* Cajamarca - Perú : s.n., 2016. pág. 126.
- ARIAS, Fidias. 2012.** *El Proyecto de Investigación - Introducción a la Metodología Científica.* 6ta Edición. Caracas - Republica Bolivariana de Venezuela : Editorial Episteme, C.A., 2012. pág. 143. ISBN: 980 - 07 - 8529 - 9.
- AVALOS, Luis. 2016.** *Propuesta de mejora en la producción de CAL viva para reducir costos operativos en la Empresa PHUYU YURAQ II - Cajamarca.* Trujillo - Perú : s.n., 2016. pág. 151.
- CAMARA DE COMERCIO CAJAMARCA. 2016.** *La Industria de la Minería y la Producción de CAL en Cajamarca.* Cajamarca : s.n., 2016. pág. 76.
- CARRILLO, Constante. 2015.** *La Producción de CAL en el Perú.* Perú : s.n., 2015. pág. 123.
- CASTILLO, Angel. 2016.** *Parametros Energeticos de un Horno Continuo para la produccion de CAL a partir de la Capacidad de Producción.* Trujillo : s.n., 2016. pág. 82.
- COILA, Willy. 2018.** *Estudio y Analisis del Sistema Scada Wincc de Siemens en el proceso de Cacinación de CAL en los hornos verticales de MAERZ.* Puno : s.n., 2018. pág. 129.
- CORREA, R, SANTILLAN, LI. 2016.** *Factibilidad Economica de la Explotación de roca caliza para producir oxido de calcio en la conseción minera no metalica José Gálvez, Bambamarca, Cajamarca.* Cajamarca : s.n., 2016. pág. 236.
- HERNANDEZ, R, FERNANDEZ, C. & BATISTA, P. 2014.** *Metodología de la Investigación.* México : Editorial Mc Graw Hill, 2014. pág. 497.
- HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BATISTA, Pilar. 2006.** *Metodología de la Investigación.* 4a Edición. D.F. México : Mc Graw-Hill, 2006. pág. 497. ISBN: 968 - 422 - 931 - 3.

- HERRERA, David. 2012.** *Diseño del Proceso de Elaboración de un Producto para Acabado de Paredes, a partir del Hidroxido de Calcio Resultante de la Combustión de la Piedra Caliza.* Riobamba - Ecuador : s.n., 2012. pág. 140.
- LIZA, Raul. 2018.** *Evaluación de temperaturas en un horno convencional para la producción de cal.* Huanuco : s.n., 2018. pág. 356.
- MONTALUISA, E. & TIPAN, H. 2018.** *Diseño de un Horno para la Producción de CAL viva y de Cal Hidratada de 120 toneladas de producción diaria.* Quito - Ecuador : s.n., 2018. pág. 194.
- ROJAS, Rolando. 2016.** *Diseño de horno convencional de 2 toneladas para cocción de cal en Apurímac.* Apurímac : s.n., 2016. pág. 123.
- SANCHEZ, Manuel. 2017.** *Producción de Cal mediante un horno convencional de 200 toneladas en mineras de Cajamarca.* Cajamarca : s.n., 2017. pág. 13.
- SINALUISA, Marco. 2015.** *Estudio de Factibilidad para la Creación de una Planta de Producción de Cal Viva e Hidratada en la Parroquia San Juan.* Riobamba - Ecuador : s.n., 2015. pág. 161.
- SOTO, Javier. 2017.** *Diseño del Proceso de Producto a partir del Hidroxido de Calcio Proveniente de la Combustión del CAL.* Ecuador : s.n., 2017. pág. 178.
- URDAY, Peña. 2017.** *Diseño de una Planta móvil de Trituración de Caliza para una Capacidad de 50 Tn/h.* Perú : s.n., 2017. pág. 187.
- USEDÓ, Rafael. 2015.** *Estudio y Análisis de la Utilización de la CAL para el patrimonio arquitectónico.* Valencia - España : s.n., 2015.

IX. ANEXOS.

ANEXO N° 01


MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	UNIDADES
<p><u>Variable Independiente:</u> Diseño de un horno Convencional.</p>	<p>Selección y dimensionamiento teniendo en cuenta parámetros de diseño usando cálculos matemáticos para crear elementos que permita la correcta cocción de cal (AVALOS, 2016).</p>	<p>Actividad que permite crear elementos adecuados para la obtención óxido de calcio, teniendo en cuenta la potencia a trabajar y las temperaturas adecuadas de trabajo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Potencia. ➤ Rangos de Temperatura. 	<p>Watts. Celsius/ Kelvin</p>
<p><u>Variable Dependiente:</u> Producción de Cal en la Empresa “Servicios Generales Rosalinda</p>	<p>Elaboración u obtención de Cal teniendo en cuenta el material a usar, el capital de</p>	<p>Actividad que permite crear óxido de calcio, es decir cal, mediante la</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Producción de CAL. ➤ Tiempo 	<p>Kg. Horas</p>

S.R.L”, Bambamarca – Cajamarca.	inversión y el trabajo de obtención (CASTILLO, 2016).	calcinación de la piedra caliza.		
------------------------------------	--	-------------------------------------	--	--

ANEXO 02

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

	FICHA DE REVISIÓN DOCUMENTARIA
Tipo de Fuente	Libro <input type="checkbox"/> Revista <input type="checkbox"/> Manual <input type="checkbox"/> Norma <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>
Nombre de la Fuente	
Nombre del Documento	
Título / Asunto	
Volumen	
Tomo / Legajo	
Folio / Página	
Lugar y Fecha del Doc	
Autor	
Ubicación de la Fuente	
CONTENIDO	

ANEXO 03

LADRILLO REFRACTARIO A BASE DE ALUMINIA



ERECOS

empresa de refractarios colombianos s.a.

LADRILLOS REFRACTARIOS DE ALTA ALUMINA

BAUXAL 85

Clasificación	85% de Alúmina
NTC - 773, ASTM C-27	
Análisis Químico (%)	
Al ₂ O ₃	84.0
SiO ₂	7.2
Fe ₂ O ₃	1.3
TiO ₂	3.1
CaO	0.3
MgO	0.3
Alcalis	0.5
P ₂ O ₅	3.2
Cono Pirométrico Equivalente (PCE)	
Temperatura equivalente (°C)	>37
NTC -706, ASTM C-24	
Porosidad aparente (%)	17.0 - 21.0
NTC -674, ASTM C-20	
Densidad aparente (g/cm ³)	2.72 - 2.82
NTC -674, ASTM C-20	
Resistencia a la compresión en frío. Mpa (kg/cm ²)	52.0 - 72.0 (520 - 720)
NTC -682, ASTM C-133	
Módulo de ruptura en frío. Mpa (kg/cm ²)	13.0 - 19.0 (130 - 190)
NTC -682, ASTM C-133	
Cambio lineal permanente a 1600 ° C (%)	0.0 - 1.0E
NTC - 688, ASTM C - 113	
Deformación bajo carga en caliente a 1450 ° C (%)	1.0 - 2.0
NTC - 1107, ASTM C - 16	

Thermal conductivity (W/m K)	600°C	1.7	1.4
	1,000°C	1.9	1.5
	C		

ANEXO 04 DIMENSIONAMIENTO ESTÁNDAR DE LADRILLOS REFRACTARIOS

Dense Brick – 4.45 g/cm³ (278 lbs./ft.³) Hot Face – 5 hours exposure at 1980°C (3600°F)			
51 mm (2") Thick Brick	Hot Face	Cold Face	Cold Face Grog
No grog backup	1980°C (3600°F)	704°C (1300°F)	— —
26mm (1") grog backup	1980°C (3600°F)	1149°C (2100°F)	538°C (1000°F)
51mm (2") grog backup	1980°C (3600°F)	1371°C (2500°F)	427°C (800°F)

Standard Brick Sizes (Composition 1651, 1968, 2290, 3002 & 3004)

Brick	Dimensions (approximate)
25mm (1") straight	305 x 153 x 25mm (12" x 6" x 1")
19mm (3/4") split	305 x 153 x 19mm (12" x 6" x 3/4")
64mm (9") straight	230 x 114 x 64mm (9" x 4-1/2" x 2-1/2")
51mm (2") split	230 x 114 x 51mm (9" x 4-1/2" x 2")
32mm (1-1/4") split	230 x 114 x 32mm (9" x 4-1/2" x 1-1/4")
19mm (3/4") split	230 x 114 x 19mm (9" x 4-1/2" x 3/4")
13mm (1/2") split	230 x 114 x 13mm (9" x 4-1/2" x 1/2")

Physical Properties of Various Zirconia Compositions

Composition	1968	1651	872	871	890	2290	3004
Stabilizer	CaO (a)	CaO (a)	CaO (a)	CaO (a)	Y ₂ O ₃ (b)	Y ₂ O ₃ (b)	MgO (c)
Bulk Density (g/cm ³)	3.3	4.2	4.1	3	4	4.5	4.6
Porosity (%)	35	25	30	40	29	23	16

ANEXO 06

LADRILLO REFRACTARIO A BASE DE ALUMINIA

LADRILLOS REFRACTARIOS BASICOS.

Los ladrillos refractarios básicos más usados en los hornos industriales son los que se fabrican con los minerales magnesita y cromita, o las mezclas de ambos. La clasificación los agrupa en refractarios de magnesita, de magnesita-cromo, de cromo-magnesita y de cromo. Se distinguen por su gran densidad, alto punto de fusión y resistencia al ataque de escorias y óxidos básicos; tienen además moderada conductividad, pero alta expansión térmica. Son formados bajo altas presiones y quemados a temperaturas muy elevadas, salvo los químicamente ligados, que son aglutinados con alquitrán, resinas o gomo - resinas y que no son quemados, sino ya instalados en el horno, cuando se les opera. REPSA produce ladrillos básicos quemados a liga cerámica o directa, aglutinados químicamente o con resinas y modificados con funda "METALKASE", con agregado de carbón o temperados.

VER TABLA "D"

TABLA "D" LADRILLOS REFRACTARIOS				
CLASE*	MARCA	TIPO	%Mgo MINIMO	USOS Y APLICACIONES ⁽²⁾
MAGNESITA	REPSA HARCON	98	96	Paredes superiores de hornos eléctricos de arco.
K=2.4 (W/m K)	REPSA NULINE	98	96	Revestimiento de hornos convertidores L-D, zonas más agresivas de hornos eléctricos de arco.
	REPSA OXILINE KLP ⁽³⁾	98	96	Revestimiento de hornos convertidores L-D
	REPSA OXIBAK H	98	96	Protección de seguridad y hornos convertidores L-D regeneradores de calor, hornos eléctricos de arco.
	REPSA REPMAG B	95	91	Paredes inferiores sub-solera y línea de escoria de hornos eléctricos de acería, reverberos de cobre.
	REPSA MAGNELI ⁽⁴⁾	90	86	Zona de clinquerización de hornos rotatorios de cemento

DIMENSIONAMIENTO ESTANDAR DE LADRILLOS REFRACTARIOS

Dense Brick – 4.45 g/cm ³ (278 lbs./ft. ³) Hot Face – 5 hours exposure at 1980°C (3600°F)			
51 mm (2") Thick Brick	Hot Face	Cold Face	Cold Face Grog
No grog backup	1980°C (3600°F)	704°C (1300°F)	– –
26mm (1") grog backup	1980°C (3600°F)	1149°C (2100°F)	538°C (1000°F)
51mm (2") grog backup	1980°C (3600°F)	1371°C (2500°F)	427°C (800°F)

Standard Brick Sizes
(Composition 1651, 1968, 2290, 3002 & 3004)

Brick	Dimensions (approximate)
25mm (12") straight	305 x 153 x 25mm (12" x 6" x 1")
19mm (3/4") split	305 x 153 x 19mm (12" x 6" x 3/4")
64mm (9") straight	230 x 114 x 64mm (9" x 4-1/2" x 2-1/2")
51mm (2") split	230 x 114 x 51mm (9" x 4-1/2" x 2")
32mm (1-1/4") split	230 x 114 x 32mm (9" x 4-1/2" x 1-1/4")
19mm (3/4") split	230 x 114 x 19mm (9" x 4-1/2" x 3/4")
13mm (1/2") split	230 x 114 x 13mm (9" x 4-1/2" x 1/2")

Physical Properties
of Various Zirconia Compositions

Composition	1968	1651	872	871	890	2290	3004
Stabilizer	CaO (a)	CaO (a)	CaO (a)	CaO (a)	Y ₂ O ₃ (b)	Y ₂ O ₃ (b)	MgO (c)
Bulk Density (g/cm ³)	3.3	4.2	4.1	3	4	4.5	4.6
Porosity (%)	35	25	30	40	29	23	16