

**DISMINUCION DE COSTOS APROVECHANDO LA ENERGIA TERMICA
GENERADA EN PRODUCCION DE COQUE PARA PRODUCIR LADRILLOS;
PLANTA PROMINERCOQ-CORNEJO**

autor

ZURETH VALENTINA CHACON PEÑARANDA

Director

**FRANCISCO RAUL ARENCIBIA PARDO
MSc. Ingeniería Industrial.**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS MECÁNICA, MECATRÓNICA E
INDUSTRIAL FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA**



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
VILLA DEL ROSARIO, junio 2022**

Dedicatoria

Este trabajo va dedicado a Dios primeramente por la sabiduría que me ha dado en toda esta trayectoria academica, a mis padres porque me dieron la oportunidad de estudiar y su esfuerzo fue demasiado grande para que yo fuera profesional, a Fernando por ser tan especial, por entender mis esfuerzos, por amarme y siempre orar por mi bienestar.

Agradecimientos

Mi agradecimiento va dirigido a Dios quien por su infinita misericordia y perfecta voluntad me permite estar culminando mis estudios universitarios estando próxima recibir mi título profesional, gracias a mis padres por tanto amor, comprensión, apoyo y esfuerzo para formarme como mujer y poder alcanzar una profesión, sé que ellos están muy orgullosos de mí y eso me hace completamente feliz. Gracias a mi hermana por su apoyo en los momentos que lo requerí y por ser la pequeña de la casa la cual me impulsa a superarme para ser su ejemplo. Gracias a la familia Rodriguez Rodriguez por ayudarme en este proceso final, abrirme las puertas de su empresa para que realizara mis prácticas, creciendo en experiencia profesional, impartíendome tantos conocimientos que don Mauricio tiene por su trayectoria de tantos años de duro trabajo y Brayan siendo un apoyo y gran líder en la ejecución de este proyecto.

Resumen

El presente trabajo pretende ejecutar mejoras de índole económica a la planta situada en Cornejo, Norte de Santander de la empresa Prominercoq SAS., mediante el diseño de un sistema para cocción de ladrillo que emplee el poder calorífico emitido por los hornos productores de coque ya que actualmente la empresa cuenta con 200 hornos en función y con un estimado de 500 hornos para el próximo año, siendo esta una de las plantas coquizadoras más grandes del departamento.

Los resultados obtenidos determinaron una viabilidad favorable que al implementar la energía calorífica emitida en la coquización para fabricar en planta los ladrillos, disminuyen los costos de la compra de estos en la mitad, generando una tasa interna de retorno de 22% y un periodo de recuperación de la inversión de 4 meses, también como beneficio aparte al horno túnel tener gran capacidad de producción, el número de ladrillos que se fabricarían sería superior al que se requiere mensualmente generando así la comercialización del ladrillo a plantas coquizadoras cercanas obteniendo más ganancia en la empresa.

Palabras clave

Coque, ladrillo, horno, producción, temperatura, carbón.

Abstract

The present work intends to carry out improvements of an economic nature to the plant located in Cornejo, Norte de Santander of the company Prominercoq SAS., through the design of a brick firing system that uses the calorific power emitted by the coke producing ovens.

The results obtained determined a favorable viability that by implementing the heat energy emitted in the coking to manufacture the bricks in the plant, the costs of buying them are reduced by half, generating an internal rate of return of 22% and a recovery period. of the 4-month investment, also as a separate benefit to the tunnel kiln having a large production capacity,

the number of bricks that would be manufactured would be greater than that required monthly, thus generating the commercialization of the brick to nearby coking plants, obtaining more profit in the company.

Keywords:

Coke, brick, furnace, production, temperatura, coal.

Tabla de Contenido

1.	Índice de tablas y figuras...	3
1.	Introducción.....	5
2.	Marco Conceptual.....	6
2.1	Antecedentes.....	6
2.2	Bases teoricas	10
2.3	Bases legales.....	11
3.	Planteamiento del problema	12
4.	Objetivos.....	13
5.	Justificación	14
6.	Metodología.....	15
7.	Cronograma y descripción de actividades... ..	15-16
8.	Resultados y discusión.....	17
9.	Conclusiones.....	28
10.	Recomendaciones	
11.	Referencias bibliograficas	29

Lista de tablas

Tabla 1. Cronograma y descripción de Actividades.

Tabla 2. Ventajas de horno empleado actualmente para cocción de ladrillo, y horno propuesto para el proyecto.

Tabla 3. Costo y cantidad de ladrillos para las puertas por horno, planta Cornejo, Prominercoq, inversión inicial.

Tabla 4. Costo y cantidad de ladrillos perdidos por cada producción (cada 48 horas).

Tabla 5. Costo y cantidad de ladrillos para las puertas por horno, planta Cornejo, Prominercoq (en futuro)

Tabla 6. Costo y cantidad de ladrillos perdidos por cada producción (cada 48 horas, en futuro)

Tabla 7. Consumo mensual de ladrillo repuesto para puertas y costo mensual de compra.

Tabla 8. Cantidad y costo de ladrillos que se fabricarían mensualmente

Tabla 9. Tasa interna de retorno

Tabla 10. Periodo de recuperación de la inversión.

Lista de figuras

Figura 1. Normas legales aplicables

Figura 2. Hornos productores de coque en planta cornejo

Figura 3. Puertas de hornos selladas con ladrillo

Figura 4. Horno tipo colmena

Figura 5. Pasos para la fabricación de ladrillos

Figura 6. Horno tipo túnel

Figura 7. Propuesta de construcción horno continuo tipo túnel

1. Introducción

En Colombia, la industria del ladrillo de arcilla es heterogénea y altamente informal. La producción de ladrillos se basa en procedimientos artesanales y aunque algunas empresas han desarrollado mejorando habilidades de proceso e invirtiendo fuertemente, sigue siendo una de las industrias que tiene un gran consumo de recursos no renovables. De acuerdo con la Corporación Ambiental Empresarial (CAEM), el 25% de las toneladas de ladrillos en Colombia es producido por la gran industria en tan solo el 3% de los hornos, mientras que el 75% restante se produce en el 97% de hornos, lo que corrobora la alta informalidad (Gómez, 2019).

A nivel nacional se fabrican mensualmente 376.947 toneladas de ladrillo, lo que equivale a 4.523.367 al año, siendo este una investigación desarrollada por Anfalit a la firma Camargo y Asociados Ingenieros Constructores. El estudio muestra que el mercado adquirido de la industria ladrillera nacional fue un estimado de \$31.643 millones mensuales, que equivalen a 52.9% de la demanda potencial de la industria ladrillera. (Pacheco, 2015).

En Norte de Santander se produce alrededor de 6000 toneladas anuales de carbón metalúrgico importante para la producción de coque, producto considerable para el sector minero energético de Colombia, representando a nivel departamental la principal fuente de regalías, dichos datos demuestran un gran porcentaje de empresas dedicadas a este sector, adicional a esto dichas empresas requieren otros productos secundarios para ejecutar sus procesos productivos como lo es el ladrillo, el cual es adquirido a las ladrilleras de la región muchas de ellas ilegales.

Con la ejecución del presente proyecto se pretende contribuir a la reducción de costos, reducir el consumo de recursos no renovables y la disminución del impacto ambiental, ya que en la región de Norte de Santander las plantas productoras de coque tienen un consumo frecuente de ladrillo, obteniendo la necesidad de generar una alternativa para el aprovechamiento del poder calorífico que emiten los hornos, en especial para la fabricación de ladrillo, por lo cual se plantea el diseño y sistema de alimentación de un horno para la cocción de este producto, modificando el método tradicional empleado en las ladrilleras de la región.

2. Marco conceptual

2.1. Antecedentes

Internacionales

Barranzuela (2014), En su tesis de grado da a conocer la importancia de la fabricación de ladrillo y como genera puestos de trabajo a sectores socioeconómicos bajos y forma parte de la economía del país. Mediante un estudio en el área de producción de ladrillos en la región se tomaron datos para evaluar criterios según las normas establecidas analizando propiedades físicas y mecánicas para determinar las posibles causas de los defectos en el producto final. El aporte al presente proyecto es identificar las principales problemáticas e importancia de la producción de ladrillo en otros países, además de conocer las propiedades físicas y mecánicas empleados por estos.

Chojolan et al., (2016), en su tesis de maestría “Experiencias para mejorar la eficiencia energética de los hornos tradicionales de ladrillo para la cocción de ladrillo, teja, baldosa, de arcilla”. Referencian estudios realizados en Guatemala, México y Perú, donde se analizaron las estadísticas de fabricación de ladrillos y se integraron los tipos de combustibles utilizados para realizar actividades económicas que fueron: diesel, madera, carbón y cascarilla de arroz, y se determinó que no existen procesos. El aporte para el presente proyecto es conocer las fuentes de energía empleadas en la cocción de ladrillo a nivel internacional y como estas generan un impacto negativo a nivel económico y ambiental.

Brevis et al., (2016) en su tesis de magister citan estudios para la mejora de sus ⁷ emisiones atmosféricas en la comuna de Cauquenes, Región del Maule.” el cual es requisito para optar por el título de magister en gestión ambiental territorial de la universidad de Talca (Chile); los autores muestran ampliamente todas las etapas de la fabricación de ladrillos analizando sus problemas a lo largo del proceso empleando herramientas de recolección de datos tipo encuestas logran determinar la necesidad de generar un cambio tecnológico en el proceso de combustión ya que es uno de los más importantes en el área productiva. El aporte al presente proyecto permite inferir en que tipos de sistemas generan una homogenización de la temperatura interna de los hornos para mejorar la relación aire-combustible con mayor eficiencia.

Nacionales

Peña et al., (2015) en su artículo titulado “aprovechamiento de energía térmica con motores Stirling "En un Horno Prototipo de Coquización" definen la aplicación de un motor tipo Stirling mediante el uso de un horno prototipo de coquización tipo Colmena en el cual el calor producido por el horno en el proceso es utilizado en el motor Stirling para su funcionamiento, el aporte que tendrá al proyecto está en identificar las aplicaciones que tiene la energía térmica o el poder calorífico del proceso de coquización así como poder determinar las características técnicas para su aprovechamiento.

Fúquene et al., (2017) En su tesis de grado titulado “Evaluación de la Sostenibilidad 8 de los Sistemas de Producción del ladrillo en la Región de Boyacá, Colombia”, el cual es requisito para obtener el título de ingeniero civil de la universidad Santo Thomas de Aquino; los Autores identifican el problema de las emisiones generadas, la utilización de combustibles, las repercusiones en la salud humana y la utilización de recursos no renovables identificando la sostenibilidad de esta industria, el aporte que tendrá al proyecto es analizar del proceso actual de fabricación de ladrillo, los índices de emisiones y conocer la sostenibilidad de este sector.

Gómez et al., (2016), en su artículo titulado “Mejoramiento de la eficiencia térmica de un horno convencional para fabricar ladrillo artesanal” someten un estudio teórico-experimental sobre un horno convencional para producción de ladrillos donde se buscó optimizar su eficiencia térmica realizando un análisis de transferencia de calor identificando los intervalos de temperatura dentro del horno y el flujo de calor necesario para la cocción correcta de los ladrillos, el aporte que tendrá al presente proyecto está en conocer las etapas de cocción así como la estructura del horno convencional y sus temperaturas a lo largo del proceso de fabricación.

Regionales

Ramírez et al., (2017), en su artículo “Posición Competitiva de los chircales artesanales del área metropolitana de Cúcuta (Colombia), realizaron un análisis de 17 pequeñas empresas del sector cerámico tipo chircales analizando su tecnología siendo esta artesanal, los cuáles son métodos que utilizan el carbón como combustible. Mediante el uso de herramientas de ingeniería para análisis de datos se determinó la competitividad de este

sector analizando factores internos y externos. El aporte que tendrá este antecedente al presente proyecto es la información de la competitividad del sector cerámico en especial los chircales dentro de la región de Norte de Santander.

Sánchez et al., (2014), en su artículo “Evaluación de mezclas de arcillas para la fabricación de ladrillos refractarios que sirvan para la reconversión tecnológica de los hornos utilizados en Norte de Santander” tienen como principal objetivo analizar las propiedades físicas de cuatro tipos de materia prima realizando mediciones de temperatura para determinar la composición y las mezclas más apropiadas para la producción de un ladrillo tipo refractario. el aporte que tendrá hacia el proyecto es permitir conocer el tipo de mezclas empleado para la producción de este tipo de ladrillos, así como sus componentes y la temperatura requerida para su cocción.

Becerra et al., (2019), en su artículo “Criterios de Implementación ISO 14001:2015, Caso de Estudio, Coque Metalúrgico, Vereda Paso de los Ríos, Municipio de Cúcuta” Señalan que la producción de coque es un sector perteneciente a la Zona Minero Energética Norte Santander, que se ha convertido en una de las principales actividades de la región, donde se ha analizado ampliamente el proceso de producción y sus impactos a nivel ambiental, laboral y poblacional dentro de la planta coquizadora Induminas Tasajero LTDA. El aporte para el presente proyecto es identificar el proceso productivo de coquización, así como la legislación ambiental que regula sus impactos contaminantes.

Coque: Combustible obtenido de la calcinación o destilación seca de carbón mineral, está compuesto por carbón y tiene un alto poder calorífico

Arcilla: Suelo compuesto por agregados de silicato de aluminio hidratado, es de color blanco en estado puro y al mezclarse con agua forma un material muy maleable que se endurece al cocinarse.

Poder calorífico: es la energía liberada por unidad de masa o unidad de volumen de una sustancia en una reacción química.

Coquización: Los residuos de carbón y petróleo pesado se convierten térmicamente en coque.

Horno túnel continuo: son equipos que se componen de un carro o vagonetas, los cuales atraviesan un túnel caliente por medio de rieles.

Carbón metalúrgico: también conocido como carbón coquizable, se utiliza para producir coque, la principal fuente de carbono utilizada en la fabricación de acero.

<i>Norma</i>	<i>Descripción</i>
Documento CONPES 3943 de 2018	“Política para el mejoramiento de la calidad de aire” (Departamento Nacional de Planeación - DNP, 2018) señala que las fuentes fijas ¹ aportan emisiones de partículas al aire, por lo que es necesario orientar los esfuerzos a promover la innovación y el desarrollo de mejores técnicas y prácticas en la industria lo que incluye el uso de mejores tecnologías en los procesos productivos.
NTC 4205	esta norma establece los requisitos que deben cumplir los ladrillos y bloques cerámicos utilizando como unidades de mampostería y fija los parámetros con que se determinan los distintos tipos de unidades.
RESOLUCIÓN 619 DE 1997	[num. 2, num. 10 y num. 11 del artículo 5 de la Ley 99 de 1993], regular las condiciones generales para el saneamiento del medio ambiente y el uso, manejo y aprovechamiento de los recursos naturales con el fin de mitigar o eliminar el impacto de actividades contaminantes del entorno, determinar las normas ambientales mínimas y las regulaciones de carácter general aplicables a todas las actividades que puedan generar directa o indirectamente daños ambientales.
Artículo 73 del Decreto 948 de 1995	Consagra los casos que requieren permiso previo de emisión atmosférica, y en su párrafo primero estipula que en los casos previstos en los [literales a, c, d, f, y m del artículo 73 del Decreto 948/95], el Ministerio del Medio Ambiente establecerá los factores a partir de los cuales se requerirá permiso previo de emisión atmosférica.
Resolución 601 de 2006	Tabla de niveles máximos permisibles de emisiones según el tipo de contaminante
Ley 99 del 1993	Tasas retributivas y compensatorias obligatoriedad de la licencia ambiental

Figura 1. Normas legales aplicables. Autor (2022)

Las tendencias actuales en la producción de coque nacional es la utilización de los denominados horno tipo colmena sin recuperación de los productos secundarios que se obtienen o el poder calorífico que se emite. Este regreso ha sido impulsado por el menor interés en los subproductos, menor inversión y razones ambientales, el cual se ha venido desarrollando en este país. En norte de Santander los procesos de coquización emplean los anteriormente hornos mencionados en baterías, operados manualmente y empleando recursos no renovables.

Según el departamento de diseño, materiales y procesos, las temperaturas producidas de la utilización de la energía de los gases obtenidos en la coquización garantizan un rango de temperatura entre 1000° y 1200°C. (Universidad Francisco de Paula Santander, septiembre -1996).

El sector productor de ladrillo actualmente se caracteriza por emplear hornos tipo pampa, colmena, túnel y hornos continuos, sin embargo, dichos hornos requieren gran cantidad de carbón para generar la energía necesaria para la cocción de su producto, donde este insumo principal tiene un alto costo el cual aumenta notablemente el valor del producto final, añadiendo también los costos de mano de obra.

En el proceso de fabricación de ladrillo se deben formar las piezas generando una mezcla de arcilla que contiene de 8% a 12% de humedad. Al ingresar a un horno tipo túnel para la cocción el cual es alimentado por recursos no renovables como lo es el carbón, las temperaturas de la etapa inicial están en un rango de 300° a 350°C/hora. Luego se produce la deshidratación de los minerales de la arcilla, en unas temperaturas de 500-800 ° C, en el cual se mantiene la temperatura máxima donde se genera una cocción uniforme del ladrillo. Por último, la temperatura disminuye gradualmente.

3.1. Formulación del problema

¿Podemos utilizar la energía térmica generada en los hornos colmena para la cocción de ladrillos mediante una alternativa económicamente viable?

4. Objetivos

4.1. Objetivo General

Diseñar un sistema económico para cocción de ladrillo mediante el uso del poder calorífico emitido por los hornos colmena para la producción de coque.

4.2. Objetivos Específicos

- Realizar un estudio a fin de conocer los principales métodos de fabricación y consumo de ladrillo en la empresa coquizadora Prominercoq SAS
- Analizar los métodos, costos y procesos de cocción en ladrillo en Norte de Santander.
- Definir la estructura y la viabilidad del sistema de cocción de ladrillo para la planta Prominercoq.

Este trabajo de grado contempla generar la correcta disposición y aprovechamiento del poder calorífico que se emite en el proceso de producción de coque, con el objetivo de disminuir los gastos de compra de ladrillos requeridos, fabricándolos directamente mediante un sistema de cocción que permita reducir el consumo de recursos no renovables como lo es el carbón térmico necesario para dicho proceso en el método tradicional.

El fin de este proyecto es el diseño e investigación de un sistema de cocción de ladrillo alimentado por medio de ductos que transportan el poder calorífico obtenido del proceso de coquización mediante un horno túnel tipo continuo; Este tipo de horno ofrece ciertas ventajas, en especial que la temperatura permanece constante, no hay pérdidas de calor debido al enfriamiento tradicional y disminuye el costo de mantenimiento y operaciones en las condiciones normales de trabajo.

Si este proyecto se llegase a implementar en la planta coquizadora de la empresa Prominercoq SAS contribuiría a la disminución del costo de adquisición de ladrillo que es un insumo necesario para cocción del coque en el modelo tradicional del horno colmena permitiendo que este conserve la temperatura requerida para la obtención ideal del producto final, de igual forma se aprovecharía la temperatura generada por los gases emitidos en el proceso de coquización, otro beneficio es el impacto positivo ambiental, disminuyendo en gran manera los niveles de contaminación que son generados normalmente por la cocción de ladrillos.

6. Metodología

La investigación descriptiva conlleva como parte fundamental caracterizar una situación concreta donde se indiquen los rasgos que la caracterizan. Por ejemplo, Tamayo y Tamayo M. (Pág. 35), en su libro Proceso de Investigación Científica, la investigación descriptiva “comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o proceso de los fenómenos. El enfoque se hace sobre conclusiones dominantes o sobre grupo de personas, grupo o cosas, se conduce o funciona en presente”.

La metodología implementada para este trabajo es mixta, ya que requiere ubicarse en el lugar de investigación para evaluar y analizar las variables cualitativas y cuantitativas que se quieren estudiar, este tipo de investigación se caracteriza por la recolección de datos que se apeguen a las circunstancias actuales, por otra parte, también se empleará información documentada la cual generará soporte al estudio de análisis en los datos recolectados.

Al analizar los datos obtenidos se va a implementar el uso de la herramienta electrónica Excel, que permite la realización de diagramas, gráficos y tablas para obtener un mejor análisis de la información de tipo cuantitativo. Una vez determinada la base de datos se ejecutará la interpretación para determinar las ventajas y desventajas generadas.

7. Cronograma y descripción de actividades

7.1. Cronograma de actividades: El tiempo de duración de la presente investigación está estimado en un periodo de 12 semanas, representado en 6 actividades según los objetivos planteados.

Tabla 1.*Cronograma y descripción de Actividades*

ACTIVIDAD	SEMANAS											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1) Investigación sobre el proceso coquización y método actual de fabricación de ladrillos en Norte de Santander identificando variables como costos y utilización de recursos												
2) Análisis del proceso y método de fabricación de ladrillos en Norte de Santander.												
3) Definición y caracterización de un horno continuo tipo túnel para producción de ladrillo.												
4) Definición de diseño del horno continuo tipo túnel a utilizar para el aprovechamiento de la temperatura obtenida del proceso de coquización identificando variables importantes.												
5) Definición de estructura de análisis de datos obtenidos.												
6) Análisis de viabilidad y conclusiones sobre aplicación del sistema de cocción de ladrillo empleando la energía suministrada de los hornos de coquización.												

8. Resultados y discusión

Prominercoq SAS actualmente tiene en operación un total de 200 hornos tipo colmena para la producción de coque. En el proceso se requieren unidades de ladrillo para sellar las puertas de los hornos con el fin de conservar la temperatura dentro de este; debido a las altas temperaturas dicho material es el implementado en un gran porcentaje de plantas coquizadoras. Los ladrillos utilizados para las puertas de los hornos son 60 unidades por horno, al realizar el deshorne se procura romper las puertas con el mayor cuidado para preservar el ladrillo utilizado, sin embargo, siempre en promedio se pierden 6 ladrillos por horno. durante el proceso estas unidades son reemplazadas cada 48 horas siendo este el tiempo de producción de cada horno.

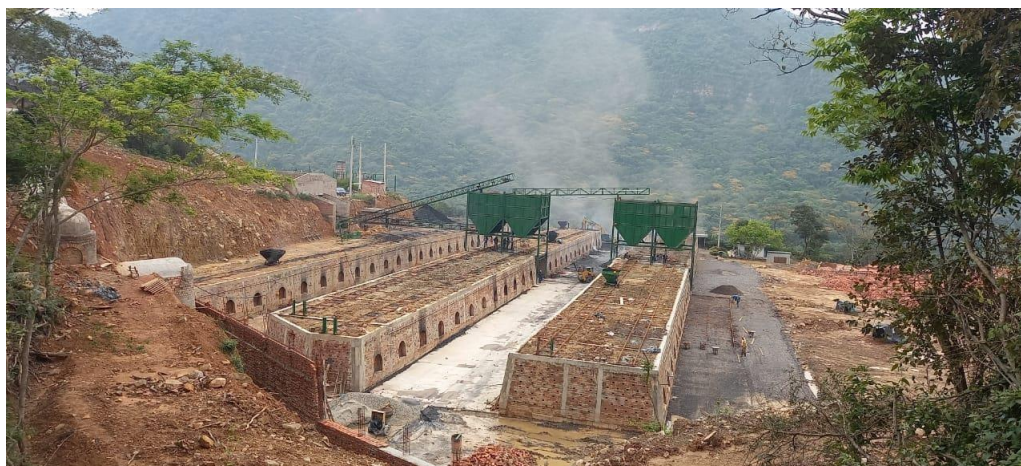


Figura 2. Hornos productores de coque en planta cornejo. Autor (2022)



Figura 3. *Puertas de hornos selladas con ladrillo. Autor (2022)*

8.1. Proceso de coquización y fabricación de ladrillos en Norte de Santander

El coque es un combustible sólido que se forma por medio del carbón metalúrgico en hornos de coquización. Este es utilizado para fabricar aceros, la producción se realiza a partir del carbón obtenido de la minería subterránea y se lleva a plantas para realizar el lavado con el fin de que no lleve a cocción materiales inertes que puedan dañar la calidad del producto final. Como paso siguiente el carbón se lleva a hornos que se precalientan entre los 400 y 800° C. y por la falta de oxígeno que se presenta se produce la coquización del insumo, donde se llega a temperaturas de hasta 1200 grados por un periodo determinado (guía de actuación y diagnóstico de enfermedades profesionales) que en el caso de la empresa Prominercoq es de 48 horas, en el deshorne se hace un choque térmico enfriando el producto final con agua.

En Norte de Santander para la producción de ladrillos se utiliza el método tradicional^{1a91} artesanal empleando los hornos tipo colmena, los costos que conlleva producir cada unidad de ladrillo se derivan del pago a obreros, insumos, energía, administración. La arcilla se puede extraer de un campo que cumpla con las características del producto y obteniendo la licencia correspondiente o comprándola a proveedores con un valor aproximado de 18.900 cada 50 kg

De manera general las empresas ladrilleras utilizan siete pasos o etapas para producir este producto, que conllevan a emplear diferentes procesos para su fabricación manual.

El ladrillo macizo 5 x 10 x 22 cm que es el empleado en la planta, tiene un costo de producción de \$ 400 la unidad y el precio de venta al por mayor \$ 750 más el transporte hasta la planta \$ 800 pesos colombianos. (Pacheco, C., Severiche, J. 2015, pp 36)



Figura 4. Horno tipo colmena. Fuente Google

8.2. Proceso y fabricación de ladrillos en Norte de Santander

El método actual de cocción de ladrillos en Norte de Santander se realiza por medio de los hornos tipo colmena, estos hornos están contruidos en forma circular o en ciertas oportunidades rectangulares con paredes y techo en ladrillo, estos contienen unos lugares en los laterales que funcionan como quema del carbón. Los gases de combustión ingresan por el área

superior del horno y obligatoriamente por su diseño salen por la parte inferior cruzando toda la carga de ladrillos hasta el fondo logrando salir del horno por las perforaciones del piso hasta la chimenea. (López, 2018, pp 1-2).

Este tipo de horno colmena al utilizar carbón para su combustión, está generando gran contaminación ambiental por el uso de recursos no renovables y seguir implementando este sistema de cocción de ladrillos en Norte de Santander con la cantidad de chircales existentes contribuiría a la masiva contaminación en el departamento.

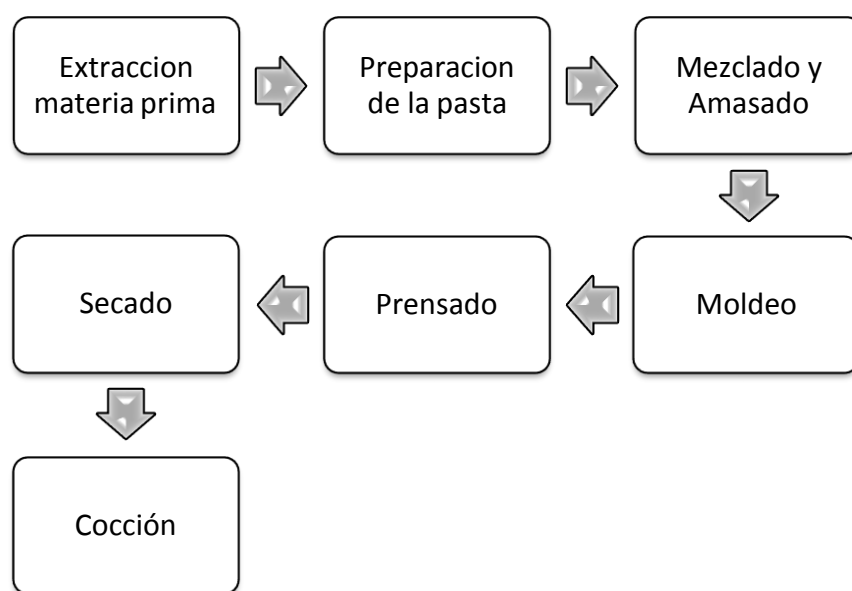


figura 5. *pasos para la fabricación de ladrillo. Autor de proyecto (2022)*

8.3. Definición y características de horno tipo túnel

Los hornos tipo túnel son hornos que se caracterizan por componerse de unas vagonetas que atraviesan el horno caliente por medio de rieles, el ladrillo se coloca en estos carros o

vagonetas por medio de montajes para que se pueda dar su cocción, la temperatura del horno ²¹ va en crecimiento hasta la mitad de este y después la siguiente mitad va disminuyendo en temperatura enfriando el producto hasta el final, momento en el cual es retirado del horno. Por su capacidad de mantener las altas temperaturas, este horno tipo túnel logra grandes volúmenes de producción alcanzando una gran consistencia en la calidad del producto.



Figura 6. Horno tipo túnel. Fuente Google

Tabla 2.

ventajas de horno empleado actualmente para cocción de ladrillo y horno propuesto para el proyecto.
Autor proyecto (2022)

Horno tipo colmena	Horno tipo túnel
El combustible y los residuos que este horno maneja no están en contacto con el producto final, manteniendo la calidad del ladrillo	- Uniformidad en la temperatura - Mínimo tiempo de inactividad - Menos parte humana en la operación - Ahorro de recursos no renovables al reutilizar la enérgica calorífica de la coquización.

8.4. Definición de horno tipo túnel propuesto

El horno continuo tipo túnel que se desea construir en la planta Cornejo de la empresa Prominercoq, cuenta con unas medidas de 10 m de largo, 3,50 m de alto y 3 m de ancho

Ancho	3 metros
Alto	3.50 metros
Largo	10 metros
Altura de columnas hasta inicio de cúpula	2 metros

Tabla 3. Medidas horno tipo túnel propuesto. Autor (2022)

Al implementar el horno continuo tipo túnel propuesto en este proyecto se obtendría una capacidad máxima de producción de ladrillos por su tamaño y agilidad en el proceso de cocción, ya que este horno elimina los invernaderos que se utilizan en los hornos tradicionales de cocción de ladrillos para el secado de estos, permitiendo el horno túnel el secado y la cocción en el mismo lugar, produciendo un aproximado de 120.000 unidades de ladrillo mensual, 40.000 unidades cada semana y disminuyendo el combustible utilizado en los hornos colmena que es el carbón, por el uso del poder calorífico del proceso de coquización. Un horno tipo túnel tiene gran cantidad de ventajas, entre esas los beneficios térmicos obtenidos son de 350.000 kilocalorias/tonelada siendo superior a los beneficios de los hornos colmena que están en 850.000 kilocalorias/tonelada, esto es un ahorro de consumo de combustible que con respecto a los hornos colmena llegan a ser de hasta 70 kilos/ tonelada en favor de los hornos túnel. Este horno túnel aprovecha en gran manera los excedentes del aire caliente del horno permitiendo que el producto sea secado eficientemente. Este tipo de horno continuo llamado túnel aporta también beneficios ambientales como una mejora de la calidad ambiental reduciendo las partículas contaminantes para la

atmosfera ya que este túnel alimentado energicamente por el calor emitido de los hornos^{2o3s} coquizadores no emplearía las técnicas comunes de combustión que es el carbón. (Arcillas del Sugamuxi ONG)

El costo de fabricación del horno tipo túnel en la planta de cornejo tiene un valor de \$ 202.300.000 millones de pesos, este valor se cotizó en la empresa contratista Construcciones Industriales MRR que fue la encarga de fabricar los hornos productores de coque.

 CONSTRUCCIONES INDUSTRIALES MRR				
San José de Cúcuta, Mayo de 2022				
SEÑORES:				
PROMINERCOQ				
REF: PROPUESTAS DE TRABAJO MANO DE OBRA CONSTRUCCION DE HORNO CONTINUO TIPO TUNEL CON DUCTOS PARA SU ALIMENTACION DE CALOR				
De acuerdo a su amable solicitud, me permito presentarle la siguiente Oferta.				
Objetivo de la propuesta				
Suministrar mano de obra a PROMINERCOQ en su centro de trabajo sector de Cornejo, para desarrollar trabajos correspondientes a la construcción de un horno continuo tipo túnel alimentado por medio de ductos que provienen de los hornos productores de coque, construido en mampostería				
MANO DE OBRA Y MATERIALES CONSTRUCCION HORNO CONTINUO TIPO TUNEL				
ITEM	DESCRIPCION	CANT	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL CON IVA 19%
1	Construcción de un horno continuo tipo túnel que incluye mano de obra y materiales, con medidas de 10 mt de largo, 3.50 mt de alto y 3 mt de ancho con columnas de 2 mt hasta inicio de cúpula.	1 und	\$ 170.000.000	\$ 202.300.000
TOTAL			\$ 202.300.000	

Figura 7. Propuesta de construcción horno tipo túnel. Empresa contratista (2022)

8.5. Análisis de datos obtenidos

En planta se calculó la cantidad de ladrillos que se utilizan por cada horno en las puertas y su gasto mensual al reponer aquellos que resultan averiados a causa del deshome

Tabla 3.

Costo y cantidad de ladrillos para las puertas por horno, planta cornejo, Prominercoq. Inversión inicial

Cantidad de hornos	Cantidad de ladrillos	Precio und de ladrillo	Precio total
1	60	800	\$48.000
200	12000	800	\$9.600.000

La empresa compra este producto requerido para la producción a un precio de 800 pesos por unidad. 200 hornos de coque consumen 12000 ladrillos en las puertas para un valor de \$ 9.600.000 iniciales.

En promedio después de cada deshome quedan reutilizables 54 ladrillos por horno lo cual en total nos quedarían 54 ladrillos x 200 hornos = 10800 ladrillos utilizables.

Tabla 4.

Costo y cantidad de ladrillos perdidos por cada producción (cada 48 horas)

cantidad hornos	cantidad ladrillos	precio und ladrillo	precio total
1	6	800	\$ 4.800
200	1200	800	\$ 960.000

Los ladrillos perdidos cada 48 horas 1200 para un valor de \$ 960.000

Aparte esos ladrillos que se reutilizan después de algunos deshomes se van perdiendo por la exposición a las altas temperaturas que se generan en la producción del coque.

Tabla 5.

Costo y cantidad de ladrillos para las puertas por horno, planta cornejo, Prominercoq (en futuro)

cantidad hornos	cantidad ladrillos	precio und ladrillo	precio total
1	60	80	\$ 48.000
500	30000	80	\$ 24.000.000

En planta se están construyendo 300 hornos más, lo cual sería un total de 500 hornos

La cantidad de ladrillos utilizados para las puertas de estos hornos sería 60 ladrillos x 500 hornos

= 30.000 ladrillos que tendrían un gasto de 30.000 ladrillos x 800pesos = 24.000.000

Tabla 6.

Costo y cantidad de ladrillos perdidos por cada producción (cada 48 horas) en futuro

Cantidad hornos	Cantidad ladrillos	Precio und ladrillo	Precio total
1	6	80	\$ 4.800
500	3000	80	\$ 2.400.000

Después de la producción cada 48 horas perderíamos 6 ladrillos por horno para un total 6

ladrillos x 500 hornos = 3.000 ladrillos que tendrían un costo de 2.400.000

Tabla 7.

Consumo mensual de ladrillo repuesto para puertas y costo mensual de compra

unidades de ladrillo de reposición mensual, producción actual				
cantidad de hornos en producción	cantidad de ladrillos por horno mensual	total mensual de ladrillos	precio unidad de ladrillo puesto en planta	costo total mensual
200	90	18000	800	\$ 14.400.000
unidades de ladrillo de reposición mensual, producción futura				
cantidad de hornos en producción	cantidad de ladrillos por horno mensual	total mensual de ladrillos	precio unidad de ladrillo puesto en planta	costo total mensual

500	90	45000	800	\$ 36.000.000	26
-----	----	-------	-----	---------------	----

En la producción actual los 200 hornos consumen de reposición 90 ladrillos cada uno, para un total de 18.000 ladrillos de reposición con un costo de \$ 14.400.000 mensuales. Y en la producción futura de 500 hornos sería un gasto de 45.000 ladrillos mensual lo que equivale a un costo de \$ 36.000.00

Tabla 8. *Cantidad y costo de ladrillos que se fabricarían mensualmente*

Cantidad y costos de ladrillos fabricados en planta		
cantidad de ladrillos fabricados mensualmente	costo x und de ladrillo	costo total gastado mensual
120.000	\$400	\$48.000.000

El horno túnel cotizado y con las medidas respectivas tiene una capacidad para producir 120.000 unidades de ladrillos mensualmente, siendo el costo mensual de \$ 48.000.000 de pesos.

8.6 Viabilidad del proyecto

Para calcular la viabilidad de este proyecto fue implementada la Tasa Interna de Retorno (TIR) por medio de Excel, la cual supone que el dinero que se gana año tras año se reinvierte en su totalidad, y si el rendimiento es mayor que el mínimo fijado como aceptable, la inversión es económicamente rentable. (Bacca, 2013)

Tabla 9. *Tasa interna de retorno. Autor (2022)*

TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	
MES	FLUJO DE CAJA
0	-\$200.000.000
1	\$48.000.000
2	\$48.000.000
3	\$48.000.000
4	\$48.000.000
5	\$48.000.000
6	\$48.000.000
7	\$48.000.000
8	\$48.000.000
9	\$48.000.000
10	\$48.000.000
11	\$48.000.000
12	\$48.000.000
TIR EXCEL	22%

También se utilizó para la evaluación de viabilidad el periodo de recuperación de la inversión (PIR) mostrándonos que el periodo de recuperación seria en 4 meses, indicando favorablemente un tiempo corto para recuperar la inversión lo que quiere decir que a partir del 5 mes la empresa empezará a generar ganancias porque aparte de que obtiene sus propios ladrillos para los hornos de coquización, también tiene gran cantidad de ladrillos para vender a empresas coquizadoras cercanas.

Tabla 10. *Periodo de recuperación de la inversión*

PERIODO DE RECUPERACION DE LA INVERSION (PIR)		
PIR	4,16666667	meses

9. Conclusiones

La empresa Prominercoq invierte mensualmente gran cantidad de dinero en la compra de ladrillos a proveedores, no generando ganancias. Por ende, esta empresa al tener alta producción de coque nos lleva a pensar en la cantidad de energía térmica desperdiciada en su planta.

En Norte de Santander la gran cantidad de chircales o plantas productoras de ladrillos utilizan el tradicional horno tipo colmena, el cual se maneja con recursos no renovables como lo es el carbón.

Al implementar un horno túnel para la cocción de ladrillos en planta con ductos que transporten el calor de los hornos coquizadores se obtienen ganancias a corto plazo ahorrando la compra de ladrillos a terceros.

Al horno túnel tener gran cantidad de producción, mensualmente se producen más cantidades de ladrillos que los que se requieren, por ende, la empresa puede comercializar sus propios ladrillos a plantas cercanas generando más ganancias.

10. Referencias bibliográficas

- Pimienta, C. (2019) Ladrilleras de Colombia, unidas en nuevo Comité de la ANDI. ANDI Recuperado de: <http://www.andi.com.co/Home/Noticia/15597-ladrilleras-de-colombia-unidas-en-nuevo#:~:text=Las%20ladrilleras%2021%2C%20Mel%C3%A9ndez%2C%20Helios,as%C3%AD%20como%20para%20representar%20sus>
- Rincón C, Gil J, Lesmes C, Caro C (2017). *Evaluación de la Sostenibilidad de la Producción de Ladrillo en la Región de Boyacá, Colombia. Revista L'esprit Ingeniux*, 35(45). Recuperado de: <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/lingenieux/article/view/1364/1263>
- Barranzuela Lescano, J. (2014). *Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la Región Piura* (trabajo de grado, Universidad de Piura) Recuperado de: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1755/ICI_199.pdf
- Chojolan Duarte, O. D. y Cifuentes, J. I. (2016). *Experiencias para mejorar la eficiencia energética de los hornos tradicionales de ladrillo para la cocción de ladrillo, teja, baldosa, de arcilla*. (Tesis de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala). Recuperado de: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/4462/1/Experiencias%20para%20mejorar%20la%20eficiencia%20energ%C3%A9tica%20de%20los%20hornos%20tradicionales%20de%20ladrillo%20para%20la%20cocc%C3%B3n%20de%20ladrillo%2C%20teja%2C%20baldosa%2C%20de%20arcilla.pdf>
- Brevis Díaz, A. A. y Salinas Salas, G. (2016). *Aplicaciones tecnológicas al proceso de fabricación artesanal de ladrillos para la mejora de sus emisiones atmosféricas en la comuna de Cauquenes, Región del Maule*. (Tesis de maestría, Universidad de Talca, Chile) Recuperado de: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/1797267>
- Peña, D., Niño J., Salamanca, J., (2015). *Aprovechamiento de energía térmica con motores Stirling: en un horno prototipo de coquización*, (Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia). Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/283261506_APROVECHAMIENTO_DE_ENERGIA_TERMICA_CON_MOTORES_STIRLING_En_un_Horno_Prototipo_de_Coquizacion
- Gómez, A. Jiménez, I. Ávila, O. Reséndiz, C. (2016) *Mejoramiento de la eficiencia térmica de un horno convencional para fabricar ladrillo artesanal*. *Revista Tecnología e innovación*, 3(9). Recuperado de: https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Tecnologia_e_innovacion/vol3

- Ramírez, R., Romero, Y. (2017) *Posición Competitiva de los chircales artesanales del área metropolitana de Cúcuta (Colombia)*. *Revista Espacio*, 38(61). Recuperado de: <https://www.revistaespacios.com/a17v38n61/a17v38n61p28.pdf>
- Sánchez, J., Orozco, J. y Peñaloza, L. (2014) *Evaluación de mezclas de arcillas para la fabricación de ladrillos refractarios que sirvan para la reconversión tecnológica de los hornos utilizados en Norte de Santander*. *Revista de investigaciones universidad del Quindío*. 26(1). Recuperado de: <https://ojs.uniquindio.edu.co/ojs/index.php/riuq/article/view/132>
- Becerra, L., Trigos, E. y Lizcano, J. (2019) *Criterios de implementación ISO 14001:2015, caso de estudio, coque metalúrgico, vereda paso de los ríos, municipio de Cúcuta*. *Revista ambiental inicial*. Recuperado de: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/30566>
- Portafolio de mejores técnicas disponibles y mejores prácticas ambientales para el sector alfarero y de producción de ladrillo en Colombia*. (s.f). Recuperado de: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/12/PORTAFOLIO-BUENAS-PRACTICAS-SECTOR-LADRILLO.pdf>
- Icontec (25 de octubre de 2000). Ingeniería civil y arquitectura. Unidades de mampostería de arcilla cocida. Ladrillos y bloques cerámicos. [NTC 4205] Recuperado de <http://www.cytarcillasyprefabricados.com/wp-content/uploads/2017/02/NTC-4205-Unidades-de-mamposteria-de-arcilla-ladrillos-y-bloques-ceramicos.pdf>
- Ministerio del medio ambiente (Diciembre de 1993). Ley general ambiental de Colombia. [ley 99 de 1993] Recuperado de: <http://www.oas.org/dsd/EnvironmentLaw/Serviciosambientales/Colombia/Ley99de1993demedioambienteColombia.pdf>
- Ministerio del medio ambiente (7 de Julio de 1997). Por la cual se establecen parcialmente los factores a partir de los cuales se requiere permiso de emisión atmosférica para fuentes fijas. [Resolución 619]. Recuperado de: https://www.cornare.gov.co/SIAR/aire/FUENTES_FIJAS/NORMATIVA/Resolucion_619_de_1997.pdf
- Acción industrial y tecnológica Arcillas del Sugamuxi ONG (Julio de 2017) proyecto horno túnel. https://actiweb.one/arcillasdelsugamuxi/proyecto_horno_tunel.html

López, Y. (2019) *Hornos tipo colmena*. Recuperado de: 31
<https://es.scribd.com/document/508365214/HORNOS-COLMENA>

Arango, A., Rodriguez, H. (2017) *Análisis de las emisiones de contaminantes asociados a la fabricación de ladrillos y propuesta de reconversión tecnológica Nemocón – Colombia* (Trabajo de grado, Universidad Francisco José de Caldas) recuperado de:
<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/6716/ArangoOrdo%C3%B1ez%C3%81ngelaPatricia2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Guía de actuación y diagnóstico de enfermedades profesionales, (2018)
www.argentina.gob.ar/sites/default/files/14.7_produccion_de_coque_-_final_0.pdf

Pacheco, C., Severiche, J. (2015) *Plan de negocios para la producción comercialización de ladrillos ecológicos - ecoladrillo*. (Trabajo de grado, Universidad de Santander) recuperado de:
https://udes.edu.co/images/carreras/tecnologicos/gestion_industrial/documentos/plan_de_negicos_para_la_produccion_de_ladrillos.pdf