



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

TRABAJO DE TITULACIÓN

**“CONSTRUCCIÓN EXPERIMENTAL DE UN HORNO DE LEÑA
MEJORADO, PARA COMPARAR SU EFICIENCIA CON UN HORNO DE
LEÑA TRADICIONAL”**

Autor:

Cristian Vicente Cabrera Moreno

Tutor:

Ing. Carlos Burgos Msc.

Riobamba – Ecuador

2018

CALIFICACIÓN

Los miembros del tribunal de Graduación del proyecto de investigación titulado: CONSTRUCCIÓN EXPERIMENTAL DE UN HORNO DE LEÑA MEJORADO, PARA COMPARAR SU EFICIENCIA CON UN HORNO DE LEÑA TRADICIONAL.

Presentado por: Cristian Vicente Cabrera Moreno y Dirigida por: Ing. Carlos Burgos Msc. Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Carlos Burgos Msc.

TUTOR DEL PROYECTO



FIRMA

Ing. Patricia Viñan

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



FIRMA

Ing. Juan José Flores.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



FIRMA

DERECHOS DE AUTORÍA

Yo, Cristian Vicente Cabrera Moreno soy responsable de las ideas, doctrinas, resultados, propuestas, expuestas en la presente investigación y los derechos de autoría pertenecen a la Universidad Nacional De Chimborazo.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Cristian Cabrera', is written over a horizontal line.

Cristian Vicente Cabrera Moreno

060424778-3

AGRADECIMIENTO

Me permito dar las gracias a Dios, por haber sido quien me dio la vida por medio de mis padres, MARIO VICENTE CABRERA VALLEJO Y MARIA ESTUARDO MORENO NUÑEZ, quienes cuidaron de mí y me apoyaron en las decisiones que he tomado, han estado ahí siempre cuando los he necesitado y me han alentado para terminar mis estudios. En segundo lugar, agradezco a mis hermanos, FRANCISCO, JOSUE, BENJAMIN, y a mis amigos, EDISSON Y DIEGO quienes han estado conmigo en las buenas y malas. A la UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO por ser la institución que me permitió ingresar a sus instalaciones para adquirir conocimiento que fueron impartidos por todos mis docentes a quien agradezco profundamente por las experiencias académicas y laborales que cada uno supo compartir conmigo y así ir alimentando el conocimiento académico que poseo hasta este nivel. También a mis abuelitos, mis tíos y mis primos quienes siempre me han aconsejado y han estado ahí para cualquier cosa que necesite. ¡Desde lo más profundo de mi corazón gracias!

Cristian Vicente Cabrera Moreno

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación dedico a mis padres MARIO CABRERA Y MARIA MORENO, por ser el pilar fundamental de mis estudios quienes me apoyaron desde que inicie mis estudios básicos hasta los superiores, además a mi hijita ARIANNA CABRERA quien ha sido mi inspiración para terminar mis estudios y mi proyecto de investigación.

Cristian Vicente Cabrera Moreno

ÍNDICE GENERAL

1. PROBLEMATIZACIÓN	1
1.1 Introducción	1
1.2 Antecedentes	1
1.3 Planteamiento del problema.....	2
1.3.1 Situación problemática.....	2
1.3.2 Formulación del problema	2
1.4 Objetivos del proyecto	2
1.4.1 Objetivo general.....	2
1.4.2 Objetivos específicos	2
1.5 Justificación del proyecto	3
1.6 Beneficiarios	3
1.6.1 Directos	3
1.6.2 Indirectos.....	3
1.7 Filosofía de la investigación	3
1.7.1 Misión	3
1.7.2 Visión.....	3
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1 Antecedentes de investigaciones anteriores.....	4
2.2 Fundamentación teórica	4
2.2.1 Horno ecológico: menos leña, más comida	4
2.2.2 Mejora continua	5
2.2.3 Principales características	5
2.2.4 Ventajas.....	6
2.2.5 Eficiencia energética.....	7
2.2.6 Ahorro de energía en la industria.....	7
2.2.7 Cámara de cocción	7
2.2.8 Fuego continuo.....	8
2.2.9 Sistema de cocción.....	8
2.2.10 Costo del horno mejorado en comparación al tradicional	9
2.2.11 Aislante térmico	9
2.2.12 Tipos de aislamientos térmicos	10
2.2.13 Formas de los aislamientos	10
2.2.14 Mecanismo de aislamiento térmico	11

2.2.15 Transferencia de calor.....	11
2.2.16 Conductividad térmica.....	11
2.2.17 Materiales aislantes.....	13
2.2.18 Características de materiales aislantes.....	13
2.2.19 Características de aceros inoxidables para alimentos.....	15
2.2.20 Aplicaciones y Acero que se usara en el proyecto.....	16
2.2.21 Definición de términos básicos.....	16
3. MARCO METODOLÓGICO	17
3.1 Diseño de la investigación.....	17
3.2 Tipo de investigación.....	17
3.3 Población y muestra.....	17
3.4 Técnicas de investigación.....	17
3.5 Procedimiento.....	17
3.6 Análisis de Datos.....	18
3.7 Planteamiento de la hipótesis.....	18
3.7.1 Operacionalización de las variables.....	18
3.7.2 Prueba de Hipótesis.....	20
4. RESULTADO DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
4.1 Funcionalidad del horno.....	21
4.2 Selección de materiales más óptimos para la construcción del horno mejorado.....	22
4.3 Presentación de resultados para selección de materiales.....	26
5. Alternativas de SOLUCIÓN	27
5.1 Descripción de la alternativa de solución.....	27
5.2 Diseño.....	28
5.3 Presupuesto.....	29
5.4 Aplicación.....	30
5.5 Análisis interpretación y presentación de resultados.....	50
5.6 Comparación de resultados obtenidos.....	54
6. Marco Hipotético	63
6.1 Planteamiento de Hipótesis.....	63
6.1.1 Hipótesis estadística.....	63
6.1.2 Nivel de significación.....	63
6.1.3 Criterio.....	63
6.1.4 Calculo.....	64

6.1.5 Decisión	64
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	65
7.1 Conclusiones	65
7.2 Recomendaciones	65
8. BIBLIOGRAFÍA, WEBGRAFÍA Y ANEXOS	67
8.1 Bibliografía	67
8.2 Webgrafía.....	67
8.3 Anexos	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Capacidad calorífica de materiales	12
Tabla 2. Temperaturas que soportan materiales.....	13
Tabla 3. Operacionalización de variables	19
Tabla 4. Materiales para el horno.....	26
Tabla 5. Presupuesto invertido en el proyecto	29
Tabla 6. Temperaturas de horno TRADICIONAL (HT).	53
Tabla 7. Temperaturas de horno MEJORADO (HM).....	54
Tabla 8. Comportamiento de la temperatura en la pared de entrada.....	55
Tabla 9. Comportamiento de la temperatura en la pared de medio	56
Tabla 10. Comportamiento de la temperatura en la pared de fondo	57
Tabla 11. Comportamiento de la temperatura en la parte media	58
Tabla 12. Comportamiento de la temperatura promedio de los hornos.	59
Tabla 13. Comparación de temperaturas promedio.	60
Tabla 14. Grafico resumen.....	60
Tabla 13. Correlación de Pearson.	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diseño de horno económico.	5
Figura 2. Almacenamiento de leña.	6
Figura 3. Horno Económico Universidad de Tucumán.	8
Figura 4. Horno tipo tambor de INTA.	9
Figura 5. Tipos de aislantes térmicos.....	10
Figura 6. Partes de horno tipo Tambor.	21
Figura 7. Láminas de acero inoxidable AISI 304 mate.	22
Figura 8. Láminas de acero inoxidable tipo 430.....	23
Figura 9. Ladrillos de construcción.	24
Figura 10. Lana de Vidrio Industrial.	25
Figura 11. Cemento refractario.	26
Figura 12. Funcionamiento del horno mejorado.....	27
Figura 13. Diseño del horno mejorado.	28
Figura 14. Diseño del horno tradicional.	29
Figura 15. Estructura metálica de acero inoxidable del horno mejorado.	30
Figura 16. Delimitación	31
Figura 17. Cimentación.....	32
Figura 18. Nivelación	33
Figura 19. Base de horno	34
Figura 20. Relleno de piedras y vidrio.....	35
Figura 21. Parrilla del cenicero.....	36
Figura 22. Fogón del horno.....	37
Figura 23. Lamina de tol.....	38
Figura 24. Interior fogón.....	39
Figura 25. Colocando estructura de acero.	40
Figura 26. Lana de vidrio.....	41
Figura 27. Lana de vidrio alrededor de todo el horno.	42
Figura 28. Compactando vidrio	43
Figura 29. Lana de vidrio compactado	44
Figura 30. Horno cubierto.....	45
Figura 31. Enlucido.....	46
Figura 32. Enlucido completo.....	47
Figura 33. Comprobación de grietas	48

Figura 34. Puntos donde se han tomado las medidas de temperatura.....	50
Figura 35. Pesando 5 Kg de masa.....	51
Figura 36. Encendido de leña para las pruebas.....	51
Figura 37. Cuyes crudos para hornear	52
Figura 38. Cuyes preparados en el horno mejorado	52
Figura 39. Ejemplo de toma de temperatura en la pared de entrada.....	53
Figura 40. Encendido del horno de la segunda toma.....	61
Figura 41. Quema de 3 Kg de masa.....	61

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Ecuación de Calor	14
Ecuación 2. Delta promedio.....	54

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Factura de la estructura del horno mejorado	68
Anexo 2. Acero Inoxidable AISI 304.	69
Anexo 3. Horno Tradicional.	70
Anexo 4. Manual de uso del horno mejorado.	71
Anexo 5. Cuadro de problemas y soluciones.....	72
Anexo 6. Horno Mejorado CAD	73
Anexo 7. Horno Tradicional CAD.....	74

RESUMEN

El trabajo de investigación propone una manera para mejorar la calidad de productos que se hornean en hornos de leña. Los hornos de leña tradicionales al momento de quemar la leña contaminan con ceniza y CO₂ el producto que se está cocinando, razón por la cual se ha planeado la investigación de un nuevo método para hornear con leña. Y se ha propuesto un horno de leña mejorado basándose en investigaciones realizadas por universidades en Argentina los cuales crean un horno tipo tambor.

La investigación tiene 3 fases para poder desarrollarla por completo:

Fase 1: se investigó sobre los materiales más óptimos para la construcción de hornos y los materiales requeridos para la manipulación de alimentos.

Fase 2: la construcción del nuevo horno de leña mejorado

Fase 3: se tomó las medidas de temperatura del horno de leña mejorado para compararlas con las medidas tomadas en el horno de leña tradicional.

ABSTRACT

This research work proposes a way to improve the quality of products that are baked in firewood-powered ovens. Traditional firewood-powered ovens in the moment of burning firewood contaminate the product being baked with ash and CO₂, for this reason the investigation of a new method for baking with firewood has been planned, and an improved firewood-powered oven based on research carried out by Argentinean universities was proposed, it was a drum-like oven.

The research was completely developed based on 3 stages:

Stage 1: Investigation about the most appropriate materials for the construction of ovens and the materials required for the handling of food.

Stage 2: the construction of an improved new firewood oven.

Stage 3: the temperature measures of the improved new firewood oven were taken in order to compare with the ones taken from a traditional firewood oven.



Reviewed by: Armas, Geovanny, Mgs.

Linguistic Competences Professor

CAPÍTULO I

1. PROBLEMATIZACIÓN

1.1 Introducción

La contaminación de CO₂ y ceniza en los alimentos es uno de los problemas ambientales que se da por la quema de leña. En el ambiente se transporta aire contaminado no solo con ceniza si no también con varias sustancias a todos los rincones del mundo por las corrientes de aire existentes. La mayor parte de la contaminación atmosférica procede de las emisiones que resultan de la quema de carbón y petróleo con el fin de generar energía para uso industrial o doméstico.

La presente investigación se fundamenta en el aumento significativo que ha tenido con el pasar del tiempo la producción artesanal de pan en la ciudad de Guano, considerando que esta actividad se desenvuelve de forma desordenada en ciertos casos, lo que con lleva a una mayor utilización de recursos energéticos, los mismo que se requieren principalmente para el funcionamiento de los hornos, en donde se produce una combustión cuyo resultado a más de la generación de energía es la emisión de varios contaminantes lo cual contamina a los alimentos y también perturba a los diferentes ecosistemas de la zona y al personal que labora en la elaboración de pan.

1.2 Antecedentes

En el cantón Guano existen panaderías artesanales con hornos a gas y apenas dos establecimientos realizan el pan en horno de leña, realizan el pan personas con conocimiento empírico en el área. Tienen una gran cantidad de turistas que llegan a visitar el cantón cada semana y en su mayoría los fines de semana.

Conociendo que un correcto horneado del pan en horno de leña, garantiza un sabor único en dichas unidades, se plantea construir un horno mejorado para encontrar una nueva manera de construir hornos, que sean más eficientes y sea más limpio al momento de hornear los alimentos, librándonos de humo y cenizas, aportando así a las panaderías del cantón.

1.3 Planteamiento del problema

1.3.1 Situación problemática

La contaminación y la cantidad de energía desperdiciada por los hornos convencionales de leña, impulsan a que se tome una nueva forma de construir un horno de leña, de una manera más eficiente y que aproveche de mejor manera el calor producido por un combustible, en este caso leña, el uso de leña produce CO₂ y ceniza que contamina el producto que se hornea en los hornos tradicionales. Por lo que se ha tomado la decisión de realizar la construcción de un horno mejorado en el cual se le determinara la eficiencia de calor o energía.

Razón por la cual mediante un estudio permanente y sistemático de dicha problemática se propone crear un horno mejorado que cumpla con requerimientos de salubridad y de eficiencia.

1.3.2 Formulación del problema

¿De qué manera la construcción de un horno de leña mejorado tiene relación directa en comparación con un horno de leña tradicional?

1.4 Objetivos del proyecto

1.4.1 Objetivo general.

Construir un horno de leña mejorado, para la optimización de energía y calor, comparando con un horno de leña tradicional.

1.4.2 Objetivos específicos

- Seleccionar los materiales óptimos para la construcción del horno de leña mejorado.
- Ensamblar el horno de leña mejorado.
- Medir las variables para determinar la eficiencia energética.
- Relacionar los datos obtenidos entre el horno de leña mejorado y el horno de leña tradicional.

1.5 Justificación del proyecto

La justificación de esta investigación está en conocer si el horno mejorado es más eficiente en el uso de energía que el horno tradicional.

1.6 Beneficiarios

1.6.1 Directos

Los beneficiarios directos serán las personas del cantón guano y personas en general que les interese este tipo de horno mejorado.

1.6.2 Indirectos

Los beneficiarios indirectos serán las personas que reciban productos elaborados en este horno, ya que serán elaborados sin la presencia de humo o ceniza, aportando en la salud de los comensales.

1.7 Filosofía de la investigación

1.7.1 Misión

Brindar un servicio de horneado mejorado el cual cumpla con las expectativas de las panificadoras, la cocción del producto sea uniforme y rápida, con la ventaja de consumir menos combustible.

1.7.2 Visión

Ser una opción de horno para que nuevas panificadoras escojan construir esta opción de horno moderno y eficiente. O que incluso pizzerías o lugares que necesiten hornear podrán usar este tipo de horno mejorado para mejorar su producción y asepsia al momento de hornear el alimento.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de investigaciones anteriores

Trata sobre la búsqueda de documentos semejantes con el fin de descubrir las investigaciones que ya otras personas o universidades las han realizado, por lo tanto se menciona las siguientes investigaciones realizadas con un enfoque parecido a este estudio.

Un primer trabajo corresponde a (Pro Huerta, Argentina, 2011), quien propuso una “CONSTRUCCIÓN DEL HORNO DE TAMBOR”. El cual está destinado a los equipos técnicos, instituciones, grupos y familias que participan del programa Pro- Huerta del INTA y Ministerio de Desarrollo Social de la Nación en el marco del Hambre más Urgente, a fin de apoyar las acciones de capacitación relacionadas con el uso de energías alternativas. En este caso fue la construcción de un horno tambor paso a paso.

Un segundo trabajo encontrado con temática similar corresponde a (Franco, Argentina, 2010), quienes realizan un “Sistema tecnológico para uso eficiente de la energía de la biomasa” Su atención se centra en la optimización productiva y en el uso eficiente de energía y recursos. Para ello, brinda herramientas para transformar el modelo actual de desarrollo basado en el uso y desgaste de los recursos naturales, por otro basado en la sustentabilidad y preservación del medio natural. También este documento habla sobre las características de bloques y como construir bloques para la construcción de un horno similar al que se está planteando en esta investigación.

2.2 Fundamentación teórica

2.2.1 Horno ecológico: menos leña, más comida

Nació como horno chileno, pero también se lo conoce con otras denominaciones: horno ecológico, de tambor, económico u horno de alto rendimiento, entre varios nombres que suele recibir.

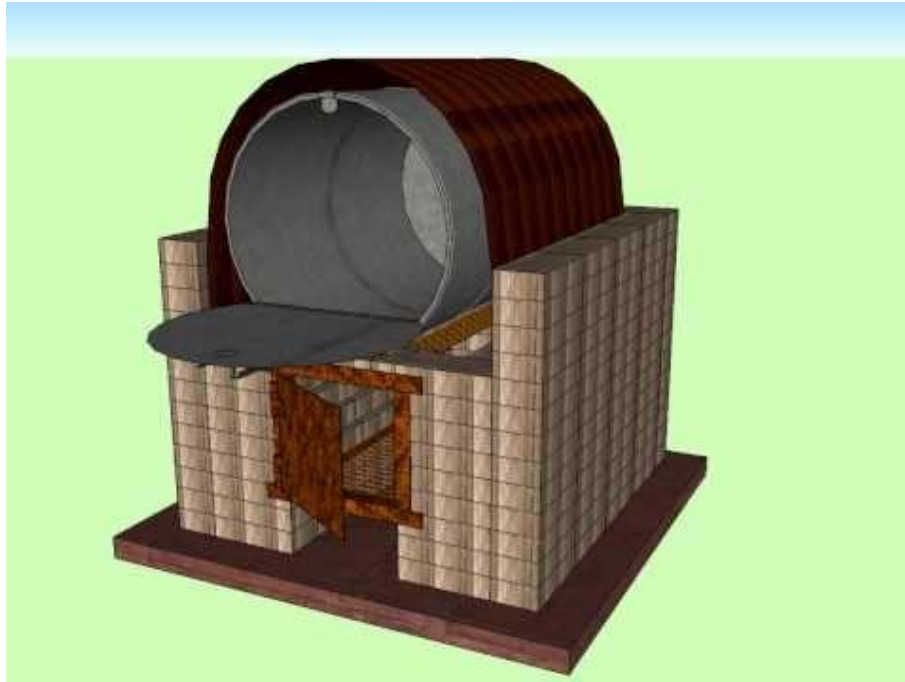


Figura 1. Diseño de horno económico.

Fuente: Arq. Susana Montenegro (Universidad de Tucumán, Argentina)

Singular y adaptado a la cocina nacional, este horno funciona de manera semejante a las antiguas cocinas de hierro alimentadas a leña. El fuego y el calor rodean al horno, que está en un compartimiento aislado y no toma contacto con los gases quemados. Sus ventajas respecto de las cocinas son la gran capacidad del horno y una forma de cocción más pareja.

2.2.2 Mejora continua

La mejora continua es una estrategia de la calidad, es un concepto que pretende mejorar los productos, servicios y procesos. La mejora continua significa que el indicador más fiable de la mejora de la calidad de un servicio es el incremento continuo y cuantificable de la satisfacción del cliente. Esto exige a la Organización adoptar una aproximación centrada en los resultados en materia de incremento continuo de la satisfacción del cliente, integrado en el ciclo anual de planificación de actividades de la Organización. (Deming Edwards, 1987)

2.2.3 Principales características

Se distingue por ser de construcción sencilla y rápida. Posee una cámara para el fuego, con una entrada para la leña, una cámara de cocción de la comida y una chimenea. Las paredes

pueden ser de ladrillo, o ladrillos asentados en barro. Tiene capacidad para dos parrillas, donde podrán cocinarse hasta 16 panes caseros medianos y varias docenas de empanadas.

Su funcionamiento es económico, ya que usa como combustible leña pequeña y de bajas calorías, pero también es posible emplear cajones de madera, cartones y papeles. Además, admite residuos como hojas secas, cáscaras de frutas o materiales de desecho. Así, utiliza la mitad de la leña que necesita un horno de barro tradicional para el mismo tipo de comida.

En síntesis, el horno ecológico permite ahorrar tiempo, trabajo y dinero. Disminuye el consumo de combustible (leña) y contribuye a un mejor manejo de los recursos naturales.



Figura 2. Almacenamiento de leña.

Fuente: A. Martínez, 2018

2.2.4 Ventajas

Son varias las ventajas que tenemos al optar por este tipo de horno mejorado y eficiente. Ventajas tales como:

- El humo del combustible no se transmite al sabor de las comidas.
- Entra en régimen rápidamente.
- Admite cualquier combustible.
- Se puede cocinar en él de forma ininterrumpida.
- Se cocina más comida que en un horno tradicional de la misma medida.
- Cocción óptima de 150° a 200°.

2.2.5 Eficiencia energética

La eficiencia energética es una práctica que tiene como objetivo reducir el consumo de energía. La eficiencia energética es el uso eficiente de la energía, de esta manera optimizar los procesos productivos y el empleo de la energía utilizando lo mismo o menos para producir más bienes y servicios. Dicho de otra manera, producir más con menos energía. No se trata de ahorrar luz, sino de iluminar mejor consumiendo menos electricidad, por ejemplo.

Los individuos y las organizaciones que son consumidores directos de la energía pueden reducir el consumo energético para disminuir costos y promover sustentabilidad económica, política y ambiental. Los usuarios industriales y comerciales pueden desear aumentar eficacia y maximizar así su beneficio. El consumo de la energía está directamente relacionado con la situación económica y los ciclos económicos, por lo que es necesaria una aproximación global que permita el diseño de políticas de eficiencia energética.

2.2.6 Ahorro de energía en la industria

La industria es uno de los sectores de la sociedad más necesitados del ahorro de energía, ya que su logro supone una mayor competitividad.

El sector del transporte es muy importante el ahorro de combustible mediante el aumento de la eficiencia de consumo de los vehículos y una adecuada gestión del combustible, mediante rutas más cortas, adecuado mantenimiento de la flota, conducción eficiente, etc. La reducción de costes de combustible aumenta los beneficios. Cabe recalcar que se le puede llamar combustible a cualquier cosa que pueda dar energía, ya sea leña, gasolina, carbón, diesel, etc.

2.2.7 Cámara de cocción

No tiene contacto con los gases de combustión, hornea manteniendo el sabor y los nutrientes naturales de las comidas, otorgando un excelente dorado a masas, carnes y guarniciones. Con la ventaja que los alimentos pueden ser distribuidos en dos niveles: piso y dos rejillas.



Figura 3. Horno Económico Universidad de Tucumán.

Fuente: Arq. Susana Montenegro (Universidad de Tucumán, Argentina)

2.2.8 Fuego continuo

A diferencia del horno de barro que al perder temperatura, requiere repetir la operación de calentamiento; este sistema, manteniendo la fuente de energía (leña o gas), sigue cocinando indefinidamente.

2.2.9 Sistema de cocción

Es como cualquier tipo de horno (de acuerdo al producto a cocinar es la temperatura que hay que proporcionarle) la temperatura se regula fácilmente con mayor o menor cantidad de energía (leña o gas)

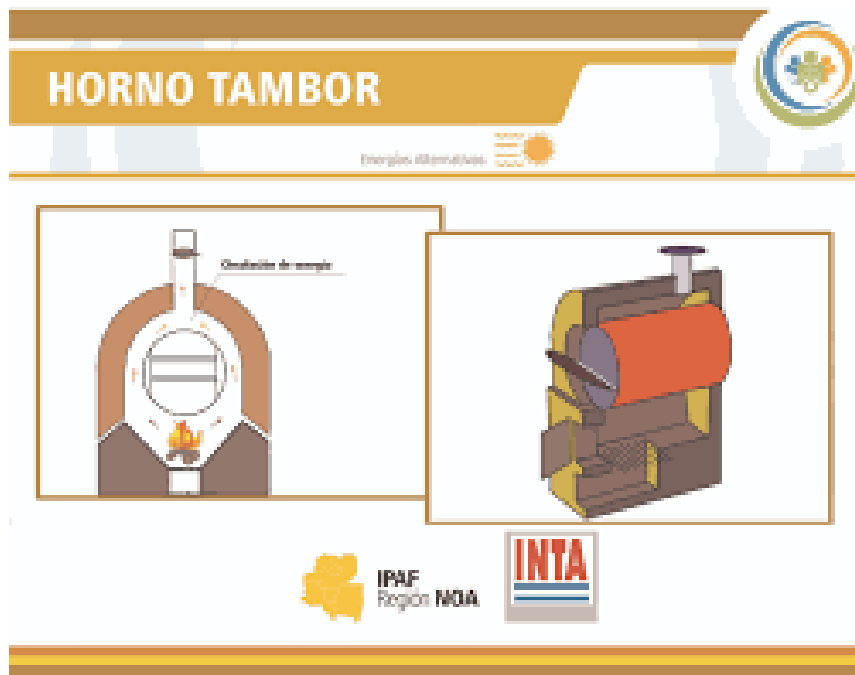


Figura 4. Horno tipo tambor de INTA.

Fuente: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

2.2.10 Costo del horno mejorado en comparación al tradicional

Montar este tipo de hornos tiene un costo inicial que duplica al del horno de barro tradicional, pero en usos continuos se amortiza rápidamente al tener costos mínimos de consumo de energía, tomando en cuenta también que se han utilizado materiales adecuados para la industria alimenticia.

2.2.11 Aislante térmico

Un aislamiento consiste en proteger las superficies calientes, como la pared de un horno, o las frías, como la pared de un refrigerador, a través de materiales de baja conductividad térmica (k).

El objetivo de un aislamiento térmico es minimizar los flujos de calor, debido a:

- Problemas técnicos (seguridad, evitar condensación)
- Problemas económicos (ahorro de energía)
- Buscar un estado confortable.
- Mantener la Temperatura dentro de un proceso

2.2.12 Tipos de aislamientos térmicos

- Fibrosos (lana mineral, fibra de vidrio, fibra cerámica). Materiales procesados a partir de la fusión de materiales a base de sílice, alúmina, escoria o roca basáltica, convertidos en fibras por proceso de soplado o centrifugado, para ser distribuidas de modo multidireccional
- Celulares (vidrio espumado, poli estireno expandido, elastómeros, espuma fenólica, poliisocianurato). Compuestos por pequeñísimas celdas individuales separadas entre sí. el material celular puede ser vidrio o plástico espumado
- Granulados (vermiculita expandida, silicato de calcio, perlita expandida, tierra diatomácea). Compuestos por nódulos que contienen espacios vacíos. no son considerados como celulares debido a que el gas (aire) puede transitar entre los espacios individuales. son combinados con fibras de refuerzo con lo que se consigue rigidez, estructura y forma.

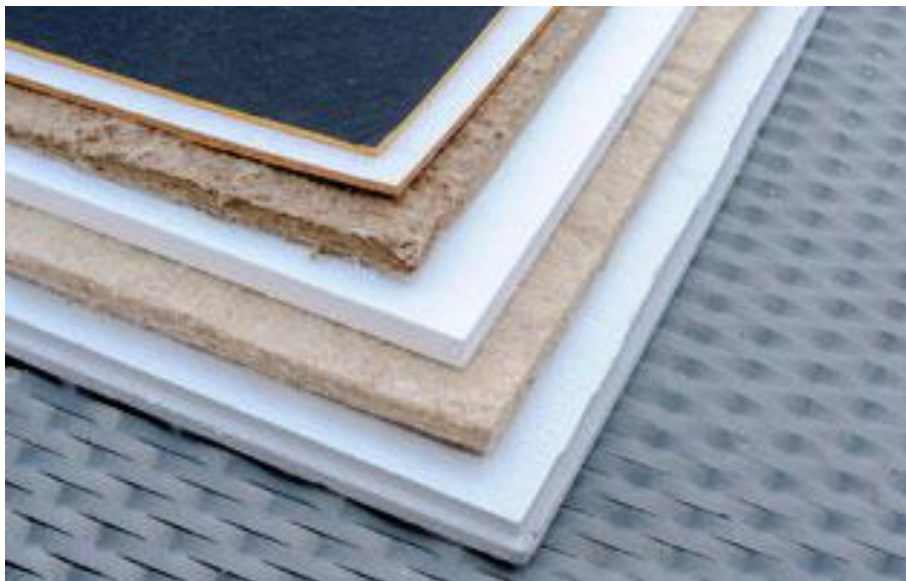


Figura 5. Tipos de aislantes térmicos.

Fuente: Leroy Merlín España S.L.U. 2016

2.2.13 Formas de los aislamientos

Los aislamientos térmicos pueden ser producidos en una variedad de formas de acuerdo a su función y aplicación específica.

- Rígidos: Placas y Bloques en forma rectangular y preformados para tubería (medias cañas, bloques curvos).
- Flexibles: Preformados en Hojas, rollos, tubos, o en unidades que tienen un alto grado de flexibilidad.
- Colchonetas Flexibles: Están cubiertos por una o ambas caras con un respaldo rígido (foil de aluminio, malla de gallinero, metal desplegado), o entretejidos - agujados (Mantas)
- Cementos Monolíticos: Producidos con materiales fibrosos y granulares cementados con bentonita, que mezclados con agua generan masas viscosas de gran adherencia.
- Espumado en Sitio: Espuma de poliuretano vaciada o espumada en sitio para cubrir o rellenar área irregular.

2.2.14 Mecanismo de aislamiento térmico

Los materiales aislantes contienen aire aprisionado, en pequeños poros, entre las fibras o copos. Este aire aprisionado en pequeñas células retarda el flujo de calor, debido a que poco calor es transferido por convección de un lado de la célula al otro.

El material aislante debe ser lo suficientemente opaco (o reflexivo) para reducir la transmisión de calor por radiación.

2.2.15 Transferencia de calor

Consiste en la transferencia de energía de una región para otra, como resultado de una diferencia de temperaturas entre ellas. Los mecanismos son:

- Conducción : depende solamente de un T
- Radiación : depende solamente de un T
- Convección: depende de un T y transporte de masa.

2.2.16 Conductividad térmica

Es la capacidad de los materiales para dejar pasar el calor. Es una propiedad intrínseca de cada material que varía en función de la temperatura a la que se efectúa la medida. La conductividad térmica es nula en el vacío ideal, y muy baja en ambientes donde se ha practicado un vacío elevado. El coeficiente de conductividad térmica caracteriza la cantidad

de calor necesario por m², para que atravesando durante 1 hora, 1m de material homogéneo obtenga una diferencia de 1°C de temperatura entre las dos caras

Tabla 1. Capacidad calorífica de materiales

Material	Kcal/m h °C	Característica
Plata	360	CONDUCTOR
Aluminio	166	
Latón	80	
Hierro o acero	40 - 50	
Material refractario	2 - 4	
Granito	1,5 - 3,4	MAL-CONDUCTOR
Hielo	1,5	
Vidrio	0,3 - 1,1	
Ladrillo Común	1	
Vidrio	0,7	AISLANTES
Agua	0,5	
Yeso	0,32	
Arena Seca	0,3	
Amianto en hojas	0,14	
Tolueno	0,12	
Alcohol etílico	0,155	
Acetona	0,150	
Algodón	0,048	
Fibra de Vidrio (material a usarse)	0,045	
Lana Mineral	0,033	
Fibra Cerámica	0,029	
Aire	0,022	
Gas Carbónico	0,0135	

Fuente: Serway. Physics for Scientists and Engineers

Sears, Z & Y. Física Universitaria

2.2.17 Materiales aislantes

Podemos señalar una serie de materiales de buena calidad y comercialmente utilizados:

Tabla 2. Temperaturas que soportan materiales.

ELASTÓMEROS	104 C
POLIETILENO	80 C
POLIURETANO	110 C
VIDRIO CELULAR	482 C
LANA DE ROCA / FIBRA MINERAL	538 C
FIBRA DE VIDRIO	454 C
SILICATO DE CALCIO	815 C
PERLITA EXPANDIDA	649 C
VERMICULITA EXPANDIDA	970 C
FIBRA CERÁMICA	1260 C

Fuente: Serway. Physics for Scientists and Engineers

Sears, Z & Y. Física Universitaria

2.2.18 Características de materiales aislantes

Las principales características del aislante que se utilizó en este horno son:

- Bajo coeficiente de conductividad térmica (k):

Cuanto menor es "k", menor será el espesor necesario para una misma capacidad aislante.

- Baja masa específica

Con el fin de reducir las sollicitaciones mecánicas sobre la estructura del equipo aislado, un aislante de baja densidad presenta un menor almacenamiento de calor

durante el calentamiento del equipo. El calor se lo puede calcular en base a la siguiente ecuación:

Ecuación 1. Ecuación de Calor

$$(Q = M \cdot C_p \cdot \Delta T). \quad (1).$$

Dónde:

Q: Calor producido

M: Masa de la leña (en Kg).

C_p: Calor específico de la leña

ΔT: Variación de temperatura

- Resistencia mecánica compatible con el uso.

El aislamiento debe ser dimensionado para soportar las sollicitaciones mecánicas normales de su operación, sin deformarse.

- Incombustibilidad

El material aislante debe presentar bajo índice de propagación de llama.

(Ex: Madera seca = 100, fibra vidrio = 0).

- Estabilidad química y física

Las propiedades físico-químicas del material aislante no se deben alterar a lo largo de su uso, manteniendo las características iniciales del diseño

- Inercia química

Los materiales aislantes no deben presentar tendencias a reaccionar químicamente con otros materiales durante su utilización.

- Baja higroscopicidad

La absorción de agua, ya sea en estado líquido o vapor resultará en un deterioro de la capacidad de aislamiento, por el aumento de la conductividad térmica. Un aislamiento

completamente seco puede aumentar su conductividad en hasta 15 veces, cuando es humedecido. Y si es congelado, puede aumentar hasta en 50 veces. (SAS, 2011)

2.2.19 Características de aceros inoxidable para alimentos.

Las máquinas y equipos utilizados en la industria conservera, así como los destinados al sector de la restauración, deben garantizar niveles muy altos de higiene. El acero inoxidable es casi siempre la opción obligatoria en estas áreas, gracias a su inalterabilidad. Cada aleación tiene sus propias fortalezas y desventajas, que requieren una elección cuidadosa entre los cientos de variaciones de este material. El acero inoxidable debe limpiarse para mantener su buen aspecto y preservar su resistencia a la corrosión. Los componentes del acero inoxidable no experimentarán corrosión bajo condiciones de uso doméstico, siempre que se haya seleccionado el tipo adecuado y se hayan seguido los procedimientos normales.

Gracias a sus propiedades de soldadura, conformado y acabado, el acero inoxidable satisface los requisitos de los utensilios y elementos de cocina relativos a un diseño sin costuras (higiénico), superficies no adherentes, rigidez a largo plazo, etc.

AISI 430: Es un acero de propósito general por su ductilidad y buenas características de maleabilidad y resistencia a la corrosión. Es ideal para muebles y decoración interior, empleándose también para adornos y molduras automotrices, materiales de construcción, adornos interiores arquitectónicos y paneles, equipos de cocina, entre otras aplicaciones domésticas, sumado a un amplio espectro de aplicaciones en la industria.

AISI 304: Posee el mismo rango de aplicación que el AISI 430, pero por sus características químicas al incorporar Níquel, permite lograr productos más complejos (ya sea por procesos de formado o soldado) y posee un espectro de resistencia mayor al AISI 430 frente a ciertos agentes en determinadas condiciones de temperatura y pH.

AISI 316: Posee el mismo rango de aplicación que el AISI 304, pero por la incorporación de Molibdeno en su estructura, su resistencia a la corrosión es superior al AISI 430 y al AISI 304 lo que permite emplearlo en medios más agresivos, como ácidos y atmósfera salina. Se

utiliza para adornos arquitectónicos, equipo para el procesamiento de alimentos, farmacéutico, fotográfico, textil, laboratorios, etc.

2.2.20 Aplicaciones y Acero que se usara en el proyecto.

El acero inoxidable tipo 304 es uno de los grados más comúnmente utilizados. Ambos aceros inoxidables 304 y 316 se utilizan en la industria de alimentos y bebidas. Los silos, las cubas, los tanques de queso y de frutas y los tanques de vino a menudo son hechos ya sea de acero inoxidable 304 o 316. El acero inoxidable tipo 316 se utiliza a menudo en aplicaciones marinas como los accesorios de un barco. Este tipo de acero inoxidable también fue empleado para revestir el exterior de las Torres Petronas en Malasia y la torre Jin Mao en China.

Con la información recabada se ha decidido utilizar los aceros 430 y 304 para la construcción de la estructura y las bandejas del horno mejorado, tomando en cuenta también el costo de los diferentes aceros inoxidables.

2.2.21 Definición de términos básicos

Son definiciones de palabras que se encontraran en el desarrollo de este estudio entre estas tenemos las siguientes:

Costos. - Es el valor monetario de un bien, el mismo que puede recuperarse por la venta de este bien.

Gasto. - es la cantidad de dinero que sale de una organización por la prestación de un servicio u producto.

Refractarios. - Los Refractarios son materiales cerámicos que están diseñados para permanecer en una gran variedad de condiciones severas de servicio incluyendo altas temperaturas, líquidos y gases corrosivos, abrasión, esfuerzos mecánicos y térmicos inducidos.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Diseño de la investigación

CUASI EXPERIMENTAL. – Este estudio es cuasi experimental y se refiere a diseños de investigación experimentales en los cuales los sujetos o grupos de sujetos de estudio no están asignados aleatoriamente

3.2 Tipo de investigación

DESCRIPTIVA. - También conocida como la investigación estadística, describe los datos y este debe tener un impacto en las vidas de la gente que le rodea.

3.3 Población y muestra.

Como se trata de una investigación para determinar la eficiencia energética del horno de leña mejorado, la investigación no tiene muestra ni población involucrándose en la investigación.

3.4 Técnicas de investigación.

Las técnicas que se utilizaran serán observación directa, medición de trabajo, foro (inducción del trabajo que se realizara) y la revisión bibliográfica.

3.5 Procedimiento.

En esta investigación primero revisaremos la fuente secundaria, para determinar de qué forma se construye el horno mejorado o también llamado de tambor. Con esta información se procedió a seleccionar los materiales y con ponentes necesarios para la construcción del horno. Una vez determinado los materiales y procedimientos para la construcción se procedió a ensamblar el horno mejorando (ver Figura 15).

3.6 Análisis de Datos

Para el análisis de datos en esta investigación se utilizará las herramientas informáticas:

- Excel para realizar los cálculos de eficiencia.
- SPSS para demostrar la hipótesis

3.7 Planteamiento de la hipótesis

La construcción experimental de un horno de leña mejorado, no tiene relación directa con un horno de leña tradicional

3.7.1 Operacionalización de las variables

El siguiente cuadro narra el significado de cada variable, Conceptualización, indicador, técnica y el instrumento que se ocupó para la extracción de datos utilizados en la investigación.

Tabla 3. Operacionalización de variables

Variable	Conceptualización	Indicadores	Técnica	Instrumento
<p>Independiente</p> <p>Construcción de un horno mejorado</p>	<p>Actividad que implica la construcción de un horno mejorado, para el cálculo de la eficiencia que tendrá el horno, en base a tiempos de horneado y nivel máximo de temperatura alcanzada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Temperatura alcanzada: la temperatura en grados centígrados.) 	<ul style="list-style-type: none"> •Observación directa Encuestas •Medición de temperaturas. •Revisión bibliográfica. 	<ul style="list-style-type: none"> •Estructura metálica de acero para alimentos inoxidable. •Ladrillos, Fibra de vidrio, Varillas, Cemento refractario, Barro •Mano de obra para la construcción
<p>V. Dependiente</p> <p>Eficiencia energética.</p>	<p>La eficiencia energética es una práctica que tiene como objetivo reducir el consumo de energía. La eficiencia energética es el uso eficiente de energía, de esta manera optimizar los procesos productivos y el empleo de la energía utilizando lo mismo o menos para producir más bienes y servicios.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Comparación de tiempo de horneado, entre el horno mejora y el horno convencional. •Resultados de comparación de eficiencia entre los hornos. 	<ul style="list-style-type: none"> •Recolección de datos secundarios •Observación 	<ul style="list-style-type: none"> •Cronometro •Termómetro •Computador •Software.

Elaborado por: El autor.

3.7.2 Prueba de Hipótesis

Para la comprobación de hipótesis se hará uso de la técnica estadística:

Coefficiente de correlación de Pearson.- es una medida de la relación lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas, se representa con el símbolo 'r' y proporciona una medida numérica de la correlación entre dos variables.

En esta investigación se desea encontrar la relación entre un horno mejorado en comparación de en un horno tradicional.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Funcionalidad del horno

- Es increíble que el horno no desprenda humo durante la combustión. Aparece una especie de trama de gases transparente que casi no se ve. La leña, que son solo recortes secos, entra en la cámara de fuego y se enciende con fuerza gracias a la ventana, abierta en este caso para el impulso de aire necesario. Inmediatamente pasa a la cámara de circulación de gases, un espacio hueco y soldado entre el tanque principal y otro, que genera el túnel de combustión.
- El calor es mucho más intenso que con el método convencional y la cantidad de leña no tiene punto de comparación.

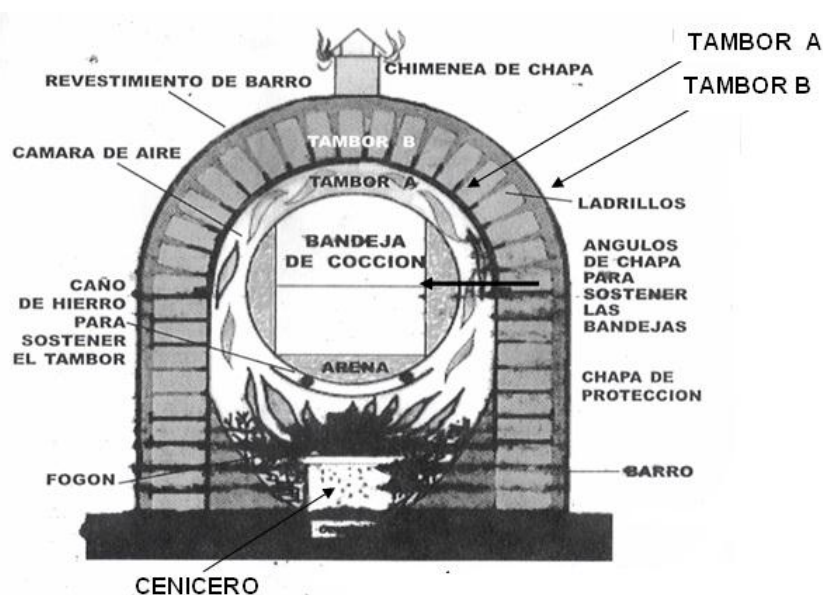


Figura 6. Partes de horno tipo Tambor.

Fuente: “Programa Pro Huerta”: Carlos Cazorla y Pedro Solé

Se tendrá que obtener las medidas de temperatura para comparar la temperatura del horno tradicional con las medidas de temperatura del horno mejorado.

4.2 Selección de materiales más óptimos para la construcción del horno mejorado

Lamina de 1.5mm (AISI 304)

Se ha seleccionado lámina de acero de 1.5mm de espesor para la cámara interior, para las latas, para los separadores, para guías y los soportes, se ha seleccionado acero inoxidable tipo 304 por su costo a diferencia del acero 316 que es más costo y es indicado para un uso de ácidos y a materiales corrosivos. Se ha determinado que tiene que ser de acero inoxidable porque es de los recomendados para industria alimenticia (ver Figura 7). El acero inoxidable 304 es esencialmente no magnético en estado recocado, los aceros inoxidables son aleaciones de hierro con un mínimo de un 10,5% de cromo (fuente: Goodfellow 2008 – 2019). Para especificaciones técnicas sobre el acero AISI 304 ver (Anexo 2).

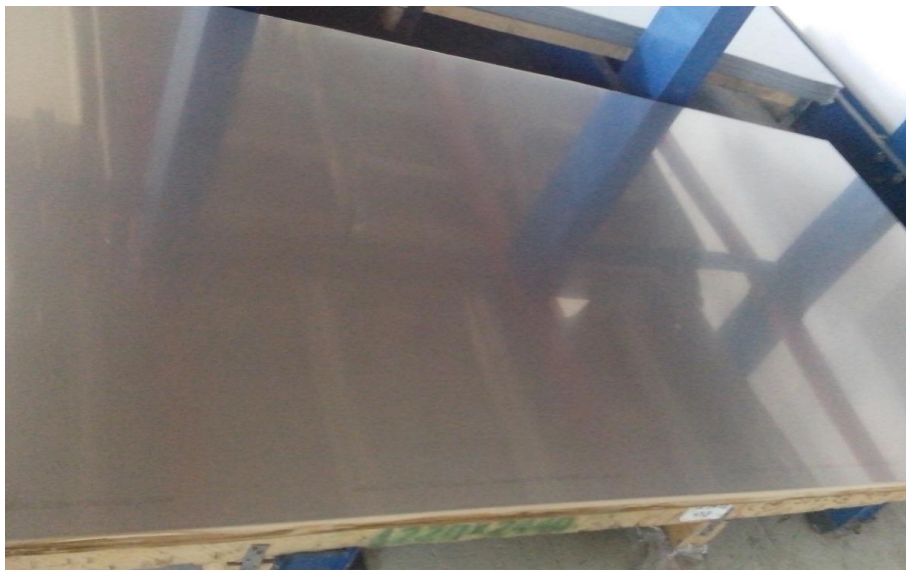


Figura 7. Láminas de acero inoxidable AISI 304 mate.

Elaborado por: El autor.

Lamina de acero (430)

Se ha seleccionado acero 430 para el exterior del horno y la chimenea. Este acero 430 contiene, de un modo general, un tenor de cromo superior. Este aumento en la cantidad de cromo mejora la resistencia a la corrosión en diversos medios, pero sacrifica en parte otras propiedades, como la resistencia al impacto. Es un acero que soporta a la intemperie y a un clima corrosivo este acero 430 contiene 16 a 18% de cromo y un máximo de 0,12% de carbono (fuente: NKS México 2019) (ver Figura 8).

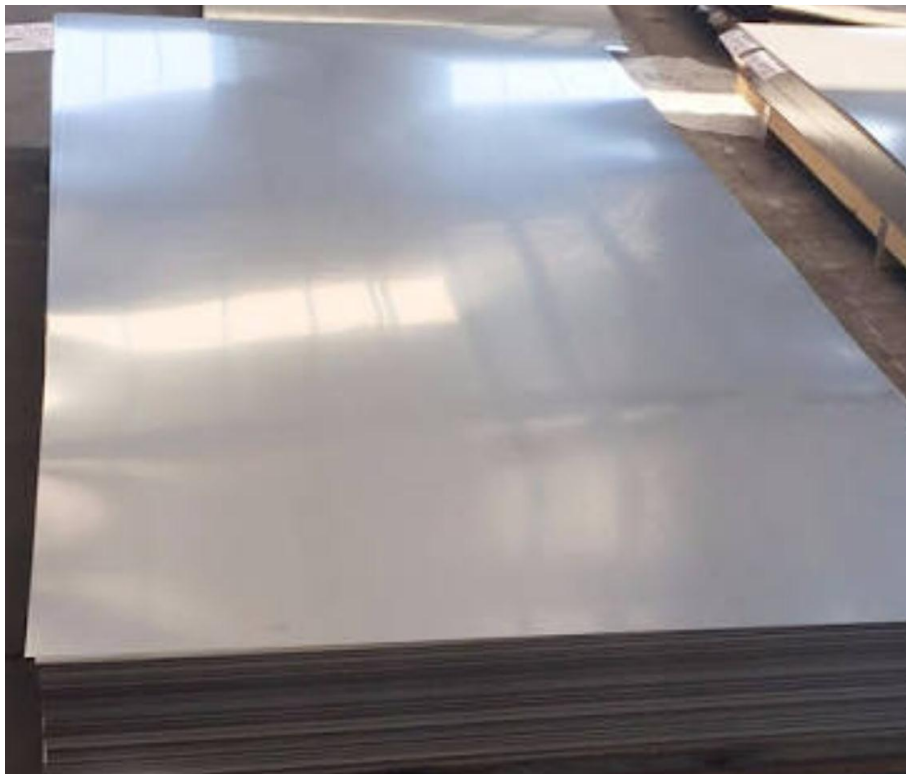


Figura 8. Láminas de acero inoxidable tipo 430.

Elaborado por: El autor.

Ladrillo de construcción

Se ha utilizado ladrillo de construcción común ya que se recubrió previamente el exterior metálico del horno con lana de vidrio, asilando así el calor, y que no afecte el exterior y al ladrillo. Se puede recubrir el horno con ladrillo normal gracias a la gran eficiencia del aislante usado para este horno mejorado (ver Figura 9).



Figura 9. Ladrillos de construcción.

Elaborado por: El autor.

Lana de Vidrio

Se escogido lana de vidrio como aislante térmico para el horno mejorado. Esta lana de vidrio recubre todo el exterior metálico del horno. Lo que permite que se aproveche al máximo el calor en el horno. La lana de vidrio es una fibra mineral fabricada con millones de filamentos de vidrio unidos con un aglutinante. El espacio libre con aire atrapado entre las fibras aumenta la resistencia a la transmisión de calor (fuente: HyN Empaquetaduras e Importaciones) (ver Figura 10).



Figura 10. Lana de Vidrio Industrial.

Fuente: Empresas R&R Empresary

Cemento refractario

Pese a que el aislante de vidrio actúa muy eficiente aislando el calor se ha recubierto con cemento refractario y ladrillos de construcción (ver Figura 11). El cemento refractario se utiliza en la construcción cuando hay temperaturas muy altas en los hornos industriales, sus propiedades aislantes o refractarias, resistencia a la compresión ruptura.



Figura 11. Cemento refractario.

Elaborado por: El autor.

4.3 Presentación de resultados para selección de materiales

Tabla 4. Materiales para el horno.

Numero	Descripción	Cantidad	Dimensiones
1	Acero Inoxidable 304	3 planchas	1,20 x 2,40 (m)
2	Acero inoxidable 430	1 plancha	1,20 x 2,40 (m)
3	Lana de Vidrio	45 Kg	-----
4	Ladrillo de construcción	250 unidades	20 x 10 x 5 (cm)
5	Cemento refractario	100 Kg	-----

Elaborado por: El autor.

CAPÍTULO V

5. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

5.1 Descripción de la alternativa de solución.

En los hornos tradicionales existe contaminación, del producto por la quema directa del material combustible, leña de eucalipto, en el hogar, contaminando el producto con ceniza y CO_2 (ver Anexo 3). El ministerio de salud ya tuvo un llamado de atención a todas las panaderías que utilizan estos hornos tradicionales en el cantón Guano.

En este proyecto de investigación como alternativa de solución se ha procedido a diseñar un horno que permite la transferencia de calor por conducción a través de una pared metálica de acero inoxidable, evitando la contaminación del producto (ver Figura 12).



Figura 12. Funcionamiento del horno mejorado.

Elaborado por: El autor

5.2 Diseño

Se realizó el diseño de la estructura del horno mejorado (ver Figura 13), utilizando como fuente de información otras investigaciones, para así enviar al técnico que construyo la estructura de acero inoxidable específico para alimentos, cumpliendo con la exigencia del ministerio de salud en la preparación de alimentos, diferenciándose de los hornos presentados en otras investigaciones que lo realizan tan solo en hierro comercial y sin usar un aislante térmico para mejorar el rendimiento del nuevo horno.

A continuación se presentan la estructura del horno mejorado y la estructura del horno tradicional, pero para aumentar la escala y poder observar de mejor manera las medidas se puede ir al Anexo 6 y 7 (ver Anexo 6 y 7).

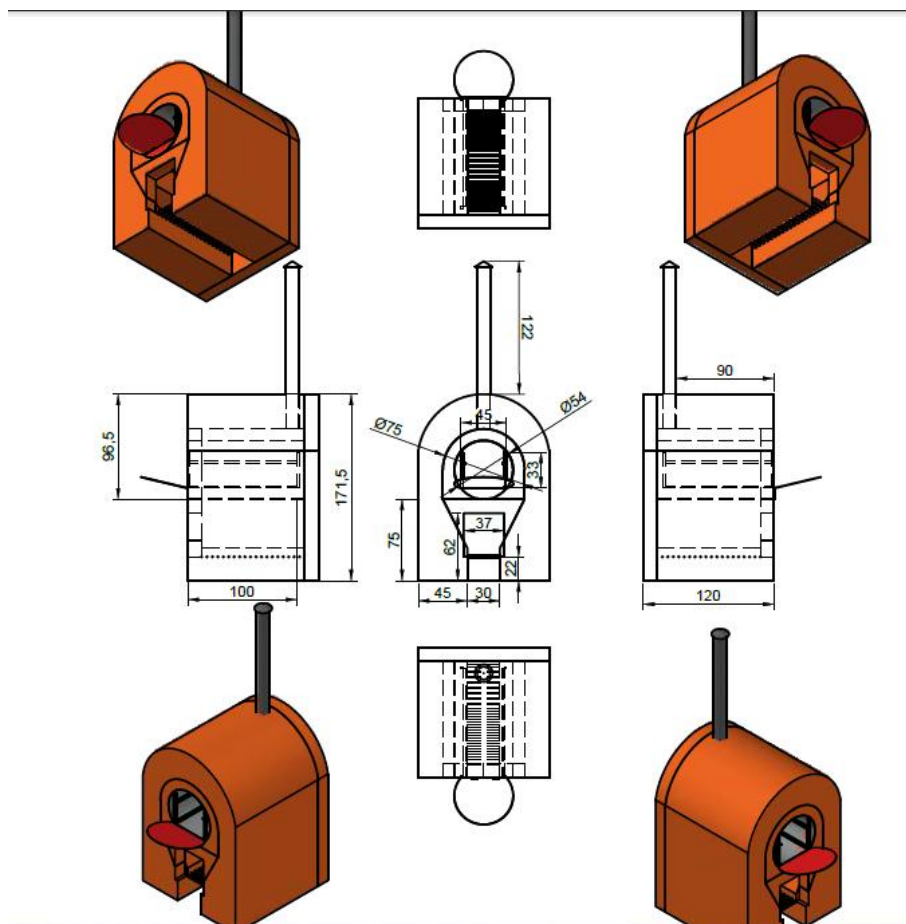


Figura 13. Diseño del horno mejorado.

Elaborado por: El autor

En el anexo 7 se puede observar el horno tradicional con sus dimensiones (ver Anexo 7).

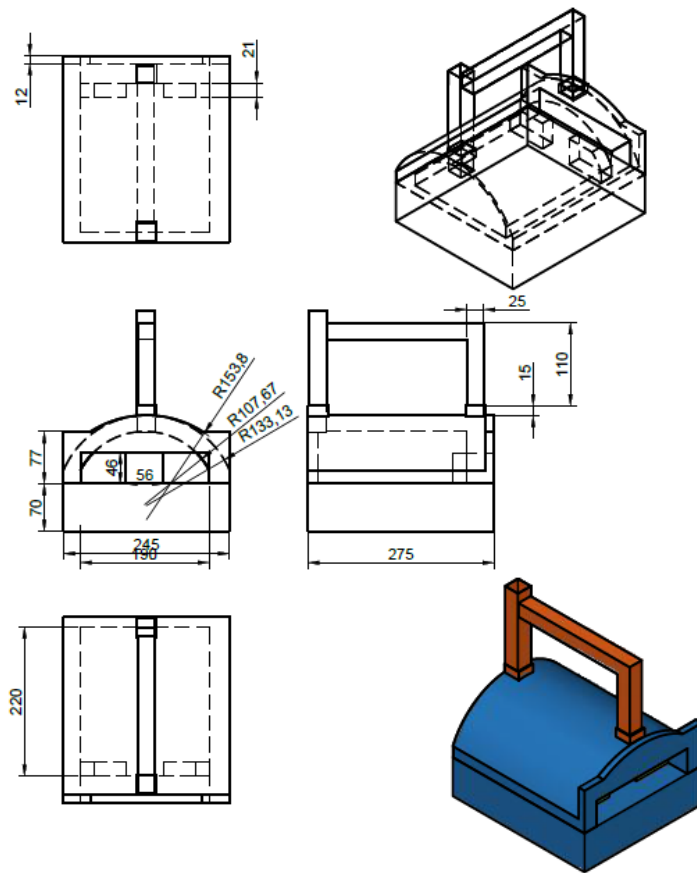


Figura 14. Diseño del horno tradicional.

Elaborado por: El autor

5.3 Presupuesto

Para la aplicación de este proyecto se ha invertido aproximadamente: 990\$

Tabla 5. Presupuesto invertido en el proyecto

Activo	Costo
Estructura metálica de acero inoxidable	600\$
Materiales de construcción	150\$
Lana de vidrio	40\$
Mano de obra	200\$
TOTAL	990\$

Elaborado por: El autor

5.4 Aplicación

La ejecución del proyecto de investigación dio inicio el 21 de agosto de 2018. Con ayuda de Inoxidables Elite del señor Tenegusnay Morocho Jorge Gustavo se realizó una estructura de acero inoxidable (ver Figura 15) cumpliendo así con las exigencias para industria alimenticia. Inoxidables Elite entregó la estructura inoxidable del horno el día 21 de septiembre de 2018.



Figura 15. Estructura metálica de acero inoxidable del horno mejorado.

Elaborado por: El autor

El lugar en donde se construyó el horno fue en finca Cabrera en la ciudad de Guano. En este lugar se llevó a cabo la construcción del horno, con ayuda de un trabajador para que construya la obra civil. Se decidió el lugar donde se ubicaría el horno mejorado y se empezó con la construcción. Se inició delimitando el área que ocupara la base del horno con una medida de 1,20m x 1,50m (ver Figura 16).



Figura 16. Delimitación

Elaborado por: El autor

Una vez que se escogió el lugar para la construcción del horno y que se ha delimitado el área que ocupara, se dio inicio a la construcción de la parte civil que demora 1 semana. Se inició el proceso de construcción con la cimentación del lugar. Esto ayudara a compactar bien la tierra en la base y también ayudara a que los ladrillos y el cemento se adhieran de una mejor manera.



Figura 17. Cimentación
Elaborado por: El autor

Para asegurarnos que el horno se vaya construyendo de manera correcta utilizamos el instrumento nivel, de esta manera se va verificando que los ladrillos estén nivelados y poco a poco se fue colocando los ladrillos base del horno verificando con el nivel cada hilera de ladrillos (ver Figura 18).



Figura 18. Nivelación

Elaborado por: El autor

Con ayuda del nivel se fue asegurando todas las hileras de la base del horno, como se puede ver se han colocado 10 hileras de ladrillos para la base del horno, que están correctamente niveladas (ver Figura 19).



Figura 19. Base de horno

Elaborado por: El autor

Se levantó la primera parte del horno, dejando un espacio en el centro y rellenando con piedras y botellas este espacio, ya que esto ayudara a conservar el calor del fogón. Se dejó también un espacio el cual será el cenicero y parte del fogón del horno (ver Figura 20).



Figura 20. Relleno de piedras y vidrio

Elaborado por: El autor

Se cimento varillas entre los ladrillos que servirán de parrilla para que la leña se pueda quemar por encima del suelo y la ceniza pueda descender, permitiendo que la limpieza de la ceniza del horno sea mucho más fácil de realizar (ver Figura 21).



Figura 21. Parrilla del cenicero

Elaborado por: El autor

Se terminó el espacio para el fogón que es el lugar donde se quema la leña, se lo ha construido de manera escalonada para que el calor se pueda distribuir de mejor manera por los lados del horno. Se construyó también una pequeña pendiente para que la ceniza resbale a la parte inferior y no se acumule ceniza en la parte del fondo del fogón (ver Figura 22).



Figura 22. Fogón del horno

Elaborado por: El autor

Al igual que las varillas anteriores que se cimentaron para el cenicero, al finalizar el fogón se han cimentado unas varillas que sostienen una lámina de tol. A esta lámina será donde el fuego resultado de la combustión de leña llegue de manera directa (ver Figura 23), evitando así que la combustión de la leña, cree hollín en la base del barril del horno.



Figura 23. Lamina de tol

Elaborado por: El autor

Como se puede observar en (ver Figura 24) el horno se asienta en el tol que ayuda a proteger la base del horno del hollín y también ayuda a la distribución del calor para los lados del horno, este calor estará circulando por dentro calentado así el horno de una manera eficiente.



Figura 24. Interior fogón

Elaborado por: El autor

Una vez terminado el fogón y colocado el tol, se coloca la estructura de acero para ir la recubriendo con ladrillo dejando un espacio de 10 centímetros (ver Figura 25). Pero antes de cubrir el horno por completo tenemos que colocar en ese espacio el aislante térmico que se escogido para este proyecto.



Figura 25. Colocando estructura de acero.

Elaborado por: El autor

El aislante que se utilizó para este horno es lana de vidrio (ver Figura 26), por sus cualidades para conservar el calor y por la facilidad para adquirirlo se decidió utilizar este aislante para el horno. Un espacio de 10 cm fue el espacio entre la estructura y el ladrillo que se dejó, este espacio es el cual ocupa el aislante de vidrio.



Figura 26. Lana de vidrio

Elaborado por: El autor

Este aislante fue colocado alrededor de toda la estructura de acero, separando así el acero del ladrillo (ver Figura 27), asegurándose que las pérdidas de calor sean menores y el horno aumente su eficiente al aprovechar al máximo el calor alrededor del horno.



Figura 27. Lana de vidrio alrededor de todo el horno.

Elaborado por: El autor

Nos aseguramos de que el horno sea completamente cubierto con la lana de vidrio, tratando de compactar lo que más se pueda (ver Figura 28), con la ayuda de un mazo nos aseguramos que la lana de vidrio quede completamente compactada entre el ladrillo y la estructura de acero.



Figura 28. Compactando vidrio

Elaborado por: El autor

Para que no exista filtración de calor, ni tampoco pérdidas al momento de utilizar el horno nos aseguramos de que toda la estructura sea cubierta con el aislante de lana de vidrio (ver Figura 29).



Figura 29. Lana de vidrio compactado

Elaborado por: El autor

Se cubrió hasta la corona del horno con lana de vidrio para que aislara todo el calor posible asegurándose de que quede bien compacto el aislante. Finalmente se cubrió todo el horno con ladrillos (ver Figura 30).



Figura 30. Horno cubierto

Elaborado por: El autor

Para culminar con la construcción de este horno mejorado se comienza a enlucir el horno con cemento refractario ya que por sus características es más resistente al calor y no crea grietas (ver Figura 31).



Figura 31. Enlucido.

Elaborado por: El autor

Se terminó el horno al enlucirlo por completo. Una vez construido el horno mejorado se lo dejó secar durante 15 días, para que las paredes y ladrillos se sequen por completo y evitar que se generen grietas en el horno (ver Figura 32).



Figura 32. Enlucido completo

Elaborado por: El autor

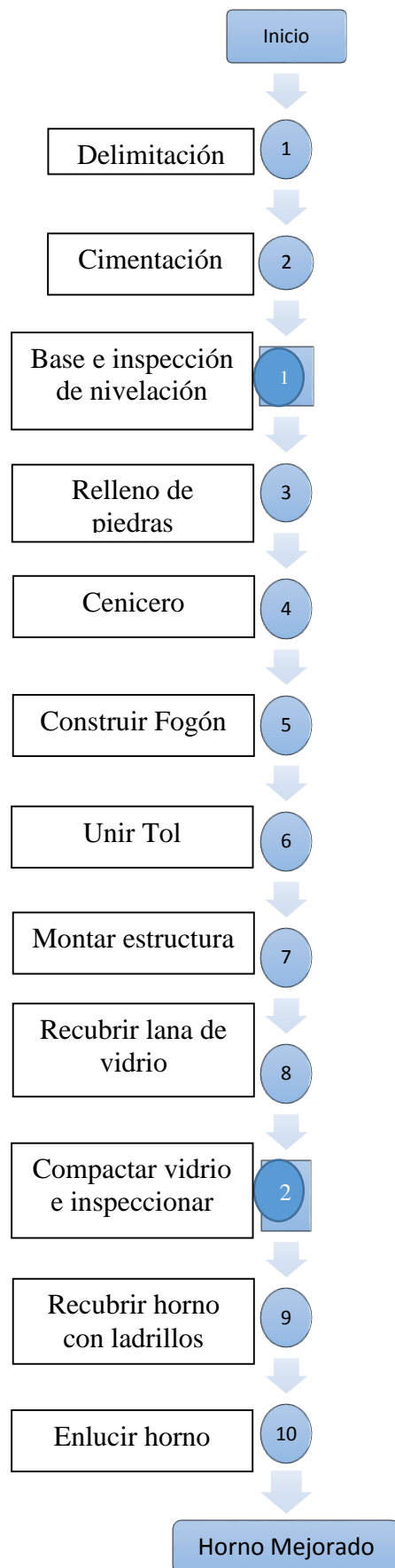
Con el horno ya seco se procedió a encender el horno y a comprobar que no haya grietas ni fugas de calor por las paredes y al rededor del horno (ver Figura 33); se comprobó que el horno estaba en perfectas condiciones para su funcionamiento y se dio paso a tomar los datos de temperatura para las comparaciones respectivas con las temperaturas del horno tradicional.



Figura 33. Comprobación de grietas

Elaborado por: El autor

Diagrama de Construcción del Horno Mejorado



5.5 Análisis interpretación y presentación de resultados

Como se dijo en el punto anterior las pruebas se realizaron el 10 de octubre de 2018, con un termómetro laser, equipo que la UNACH me pudo facilitar para poder medir altas temperaturas, de una manera más cómoda al no ingresar la mano con un termómetro, ayudándonos así a minimizar cualquier accidente por quemadura, a diferencia que con otro tipo de termómetro.

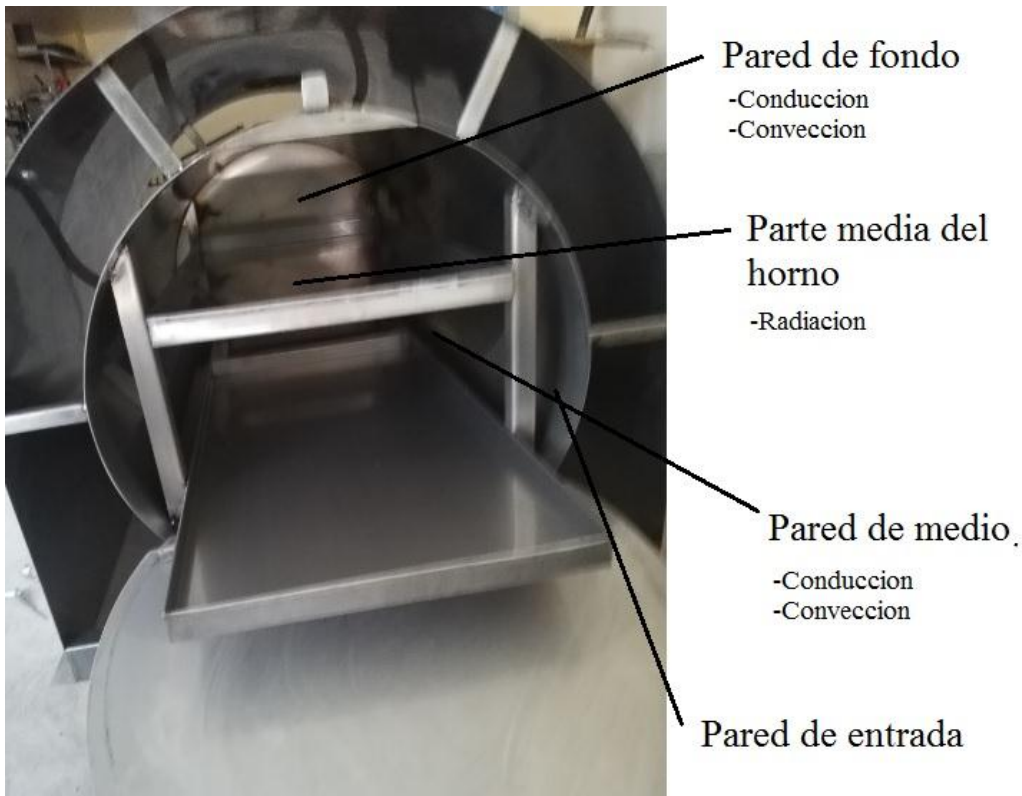


Figura 34. Puntos donde se han tomado las medidas de temperatura.

Elaborado por: El autor

Las pruebas se han realizado con una cantidad de masa de 5 Kg (ver Figura 35) y con esta cantidad de leña se procedió a encenderlo con ayuda de un poco de hoja seca que ya estaba incluido en los 5 Kg de masa (ver Figura 36). Mientras se realizaban las pruebas de calor se prepararon 2 cuyes para comprobar la uniformidad de calor en el horno (ver Figuras 37 y 38).



Figura 35. Pesando 5 Kg de masa.

Elaborado por: El autor



Figura 36. Encendido de leña para las pruebas.

Elaborado por: El autor



Figura 37. Cuyes crudos para hornear

Elaborado por: El autor



Figura 38. Cuyes preparados en el horno mejorado

Elaborado por: El autor

Los puntos donde se han tomado las medidas son en las paredes de inicio, medio y fondo, se ha tomado la temperatura en el medio del horno y en la parte externa del horno obteniendo los siguientes resultados. Ver ejemplo en la siguiente figura (ver Figura 39):



Figura 39. Ejemplo de toma de temperatura en la pared de entrada

Elaborado por: El autor

Tabla 6. Temperaturas de horno TRADICIONAL (HT).

Horno de Leña Tradicional (HT)						
Tiempo (minutos)	Temperatura pared de entrada (C°)	Temperatura pared de medio (C°)	Temperatura pared de fondo (C°)	Temperatura pared externa (C°)	Temperatura parte media del horno (C°)	Temperatura promedio HT (C°)
0	212	252	210	37	184	224,67
10	201	242	189	36	183	210,67
20	198	223	192	35	190	204,33
30	204	220	190	35	186	204,67
40	180	203	185	34	178	189,33
50	167	190	187	34	170	181,33
60	166	178	175	34	175	173,00
70	169	174	178	33	171	173,67
80	160	171	176	34	162	169,00
90	158	168	174	35	160	166,67
100	151	165	172	34		162,67
media	179	199	184	35	176	187

Elaborado por: El autor

Tabla 7. Temperaturas de horno MEJORADO (HM).

Horno de Leña Mejorado (HM)						
Tiempo (minutos)	Temperatura pared de entrada (C°)	Temperatura pared de medio (C°)	Temperatura pared de fondo (C°)	Temperatura pared externa (C°)	Temperatura parte media del horno (C°)	Temperatura promedio HM (C°)
0	240	245	226	32	250	237
10	261	260	244	33	260	255
20	265	265	251	34	263	260,33
30	270	268	257	35	270	265
40	266	268	249	33	250	261
50	248	254	237	32	230	246,33
60	239	241	235	32	220	238,33
70	225	235	222	31	210	227,33
80	217	215	209	30	189	213,67
90	197	203	189	30	178	196,33
100	186	191	180	30	170	185,67
media	238	240	227	32	226	235

Elaborado por: El autor

5.6 Comparación de resultados obtenidos.

Diferencia promedio (Δ).

Con el valor de medias de temperatura se encontró la diferencia promedio, con este valor sabremos cuanto es la eficiencia en grados centígrados que mejora con el horno mejorado en comparación con el horno tradicional. Para encontrar el (Δ) promedio de temperatura se utilizará la siguiente ecuación.

Ecuación 2. Delta promedio.

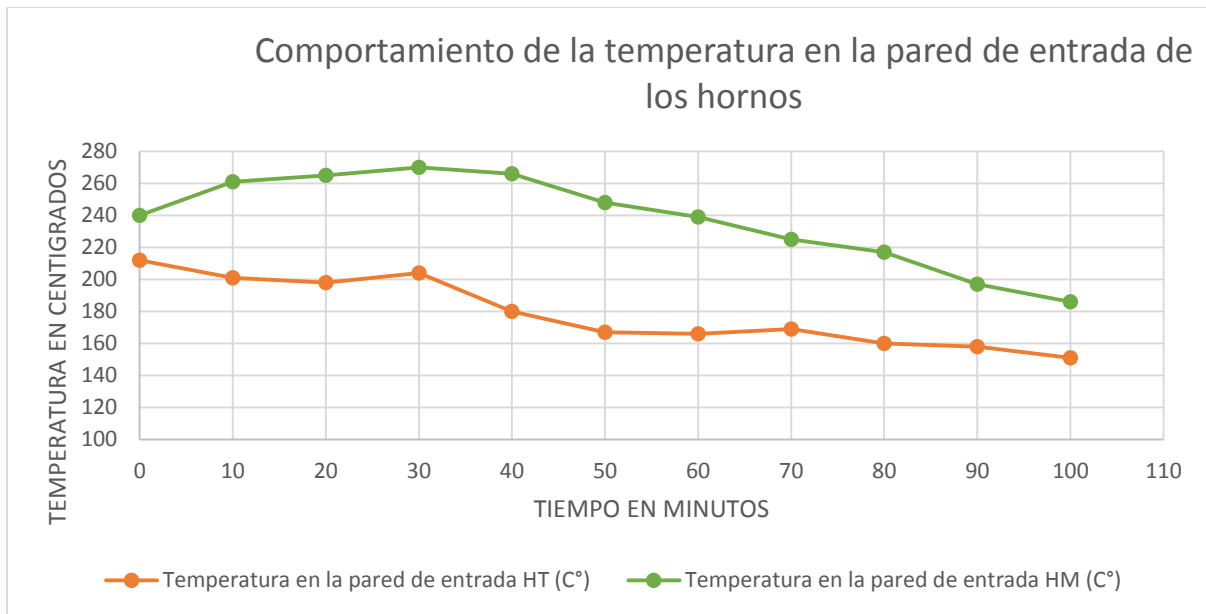
$$\Delta = mhm - mht$$

(2).

Temperatura pared de entrada

En la siguiente grafica se puede observar la diferencia de calor en la pared de entrada, comparando entre el horno mejorado y el horno tradicional.

Tabla 8. Comportamiento de la temperatura en la pared de entrada



Elaborado por: El autor

Temperatura media de horno mejorado (mhm): 238

Temperatura media de horno tradicional (mht): 179

$$\Delta = mhm - mht$$

$$\Delta = 238 - 179$$

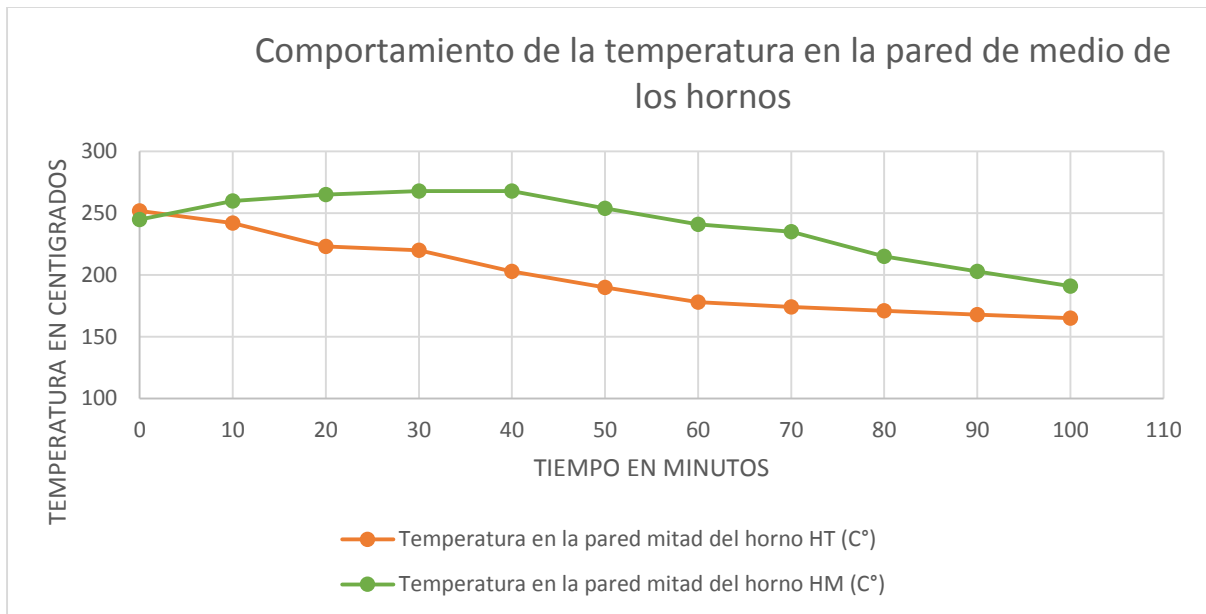
$$\Delta = 59$$

Son 59 grados centígrados la diferencia de temperatura entre HM y HT.

Temperatura pared de medio

En la siguiente grafica se puede observar la diferencia de calor en la pared de medio, comparando entre el horno mejorado y el horno tradicional.

Tabla 9. Comportamiento de la temperatura en la pared de medio



Elaborado por: El autor

Temperatura media de horno mejorado (mhm): 240

Temperatura media de horno tradicional (mht): 199

$$\Delta = mhm - mht$$

$$\Delta = 240 - 199$$

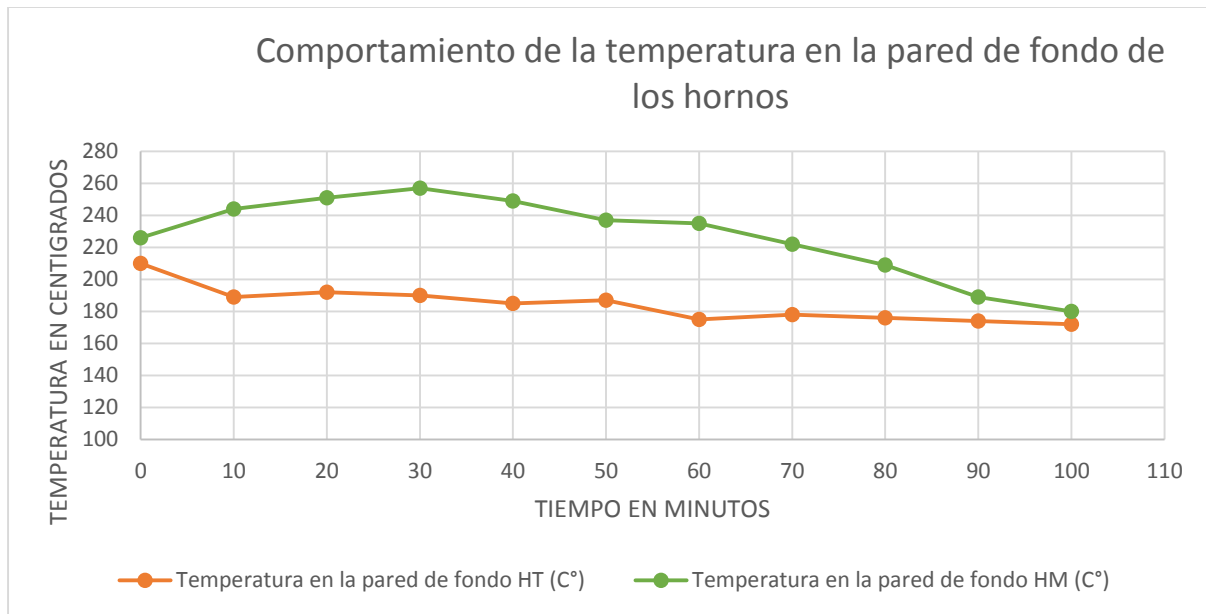
$$\Delta = 41$$

Son 41 grados centígrados la diferencia de temperatura entre HM y HT.

Temperatura pared de fondo

En la siguiente grafica se puede observar la diferencia de calor en la pared de fondo, comparando entre el horno mejorado y el horno tradicional.

Tabla 10. Comportamiento de la temperatura en la pared de fondo



Elaborado por: El autor

Temperatura media de horno mejorado (mhm): 284

Temperatura media de horno tradicional (mht): 227

$$\Delta = mhm - mht$$

$$\Delta = 284 - 227$$

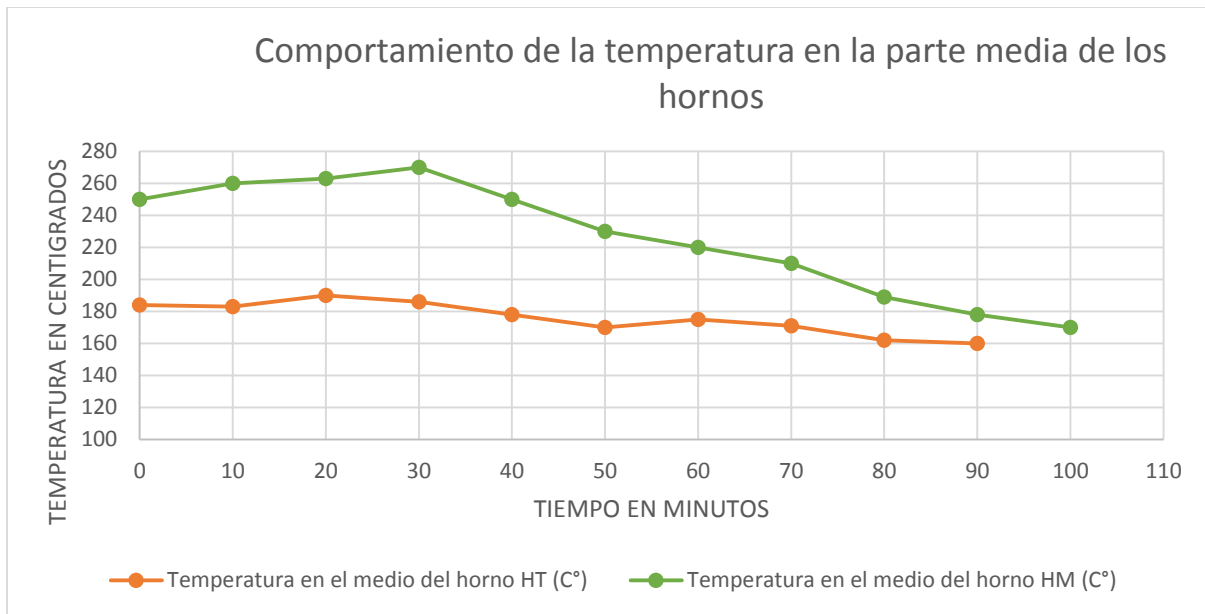
$$\Delta = 57$$

Son 57 grados centígrados la diferencia de temperatura entre HM y HT.

Temperatura parte media del horno

En la siguiente grafica se puede observar la diferencia de calor en la parte media del horno, comparando entre el horno mejorado y el horno tradicional.

Tabla 11. Comportamiento de la temperatura en la parte media



Elaborado por: El autor

Temperatura media de horno mejorado (mhm): 226

Temperatura media de horno tradicional (mht): 176

$$\Delta = mhm - mht$$

$$\Delta = 226 - 176$$

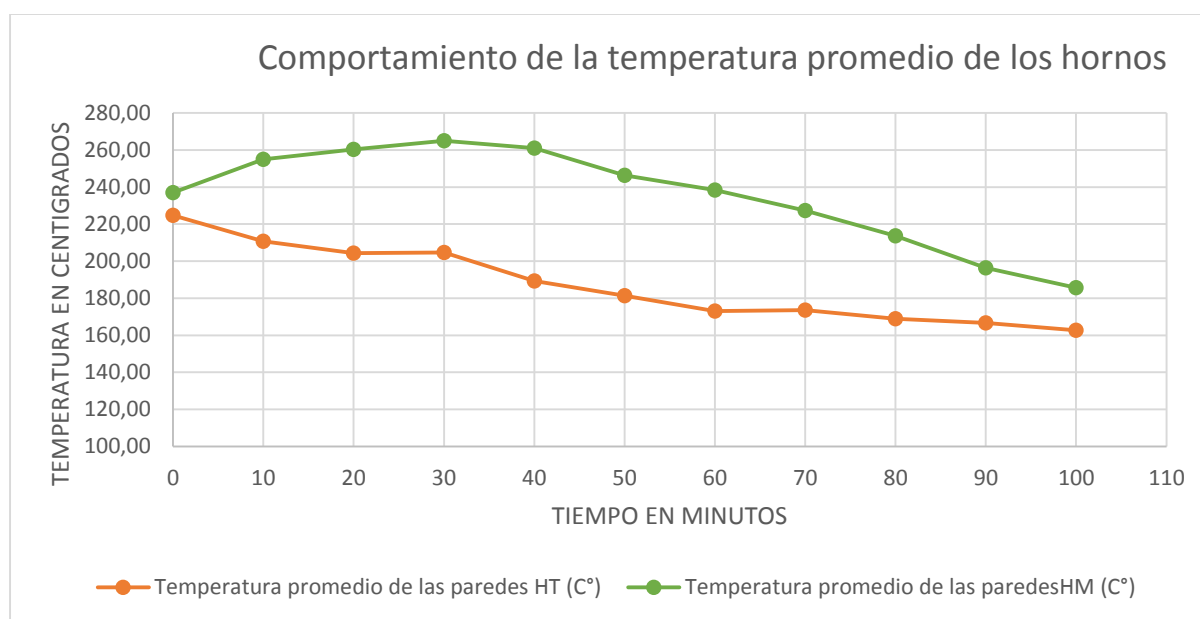
$$\Delta = 50$$

Son 50 grados centígrados la diferencia de temperatura entre HM y HT.

Temperatura promedio de los hornos

En la siguiente grafica se puede observar la diferencia de temperatura promedio, comparando entre el horno mejorado y el horno tradicional.

Tabla 12. Comportamiento de la temperatura promedio de los hornos.



Elaborado por: El autor

Temperatura media de horno mejorado (mhm): 235

Temperatura media de horno tradicional (mht): 187

$$\Delta = mhm - mht$$

$$\Delta = 235 - 187$$

$$\Delta = 48$$

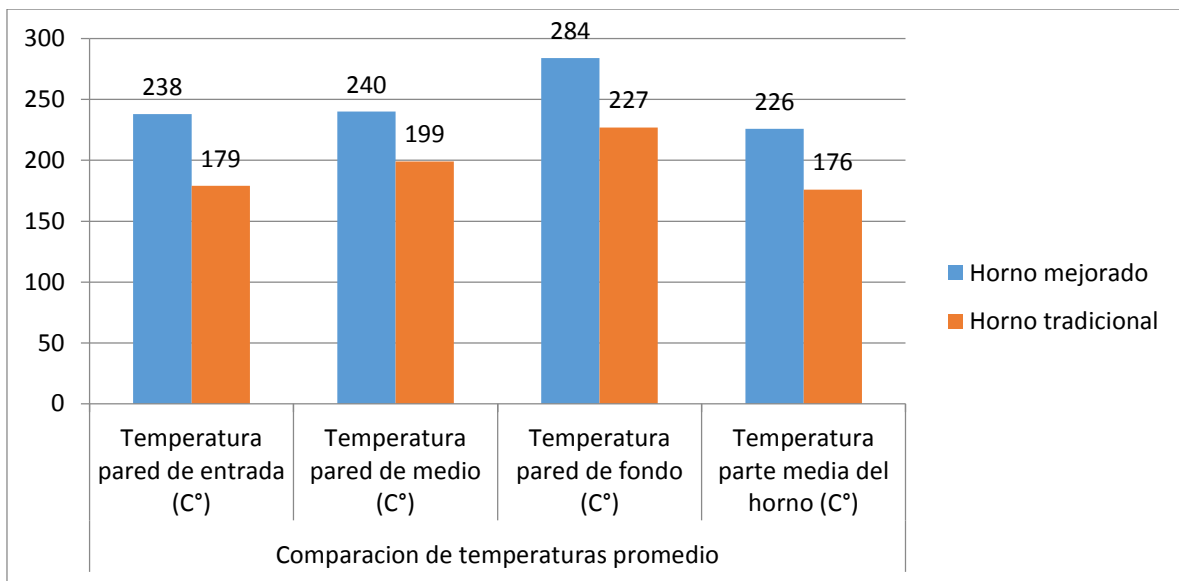
Son 48 grados centígrados la diferencia de temperatura entre HM y HT.

Tabla 13. Comparación de temperaturas promedio.

	Comparación de temperaturas promedio			
	Temperatura pared de entrada (C°)	Temperatura pared de medio (C°)	Temperatura pared de fondo (C°)	Temperatura parte media del horno (C°)
Horno mejorado	238	240	284	226
Horno tradicional	179	199	227	176

Elaborado por: El autor

Tabla 14. Grafico resumen



Para concluir se ha calculado la cantidad de calor “Q” con 5 Kg y con 3 Kg. Se ha realizado una segunda toma de datos solo con 3 Kg de leña para así, mediante la ecuación de interpolación saber cuánto calor me dará las diferentes cantidades de masa que ingrese a quemar al horno (ver Figura 40 y 41).



Figura 40. Encendido del horno de la segunda toma

Elaborado por: El autor



Figura 41. Quema de 3 Kg de masa

Elaborado por: El autor

Tenemos que tener en cuenta que la leña utilizada para este estudio es eucalipto y tiene ya 1 año de reposo por lo que la considera una madera seca. El calor específico de las maderas secas en general va de 0.5 a 0.6 (kcal/kg °C). El calor específico de la madera de eucalipto es 0.584 kcal/kg °C.

Dando como resultado el siguiente calculo:

Con 5 Kg de masa

Datos:

M (masa): 5 Kg

Cp (leña de eucalipto): 0.584 kcal/kg °C.

ΔT (temperatura mayor y menor tomada): (270-189) °C.

$$(Q = M * Cp * \Delta T).$$

$$Q = 5\text{Kg} * (0.584 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}) * (270-189) \text{ C}^\circ.$$

$$Q = 5\text{Kg} * (0.584 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}) * (245) \text{ C}^\circ$$

$$Q = 715.4 \text{ kcal}$$

Con 3 Kg de masa

Datos:

M (masa): 3 Kg

Cp (leña de eucalipto): 0.584 kcal/kg °C.

ΔT (temperatura mayor y menor tomada): (243-160) °C.

$$(Q = M * Cp * \Delta T).$$

$$Q = 3\text{Kg} * (0.584 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}) * (243-160) \text{ C}^\circ.$$

$$Q = 3\text{Kg} * (0.584 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}) * (218) \text{ C}^\circ$$

$$Q = 381.94 \text{ kcal}$$

La diferencia es de 333.46 kcal entre 5 kg de masa y 3 kg de masa.

CAPÍTULO VI

6. MARCO HIPOTÉTICO

6.1 Planteamiento de Hipótesis

La construcción experimental de un horno de leña mejorado, no tiene relación directa con un horno de leña tradicional.

6.1.1 Hipótesis estadística

Hi: Las medidas de temperatura después de la construcción experimental de un horno de leña mejorado, no tiene relación directa con el horno de leña tradicional.

Ho: Las medidas de temperatura después de la construcción experimental de un horno de leña mejorado, tiene relación directa con el horno de leña tradicional.

6.1.2 Nivel de significación

El margen de error que tenemos en la investigación es:

$$\alpha=5\%$$

6.1.3 Criterio

Si el número que se encontrara en el cálculo en SPSS, es menor que 0,05 se rechaza la hipótesis nula, por consiguiente se acepta hipótesis de investigación.

6.1.4 Calculo

Para la comprobación de esta hipótesis se tomó 11 datos de temperatura promedio para contrarrestar las dos variables, horno mejorado (HM) y del horno tradicional (HT), mismas que será aceptada o refutada por el método de correlación mediante el coeficiente de Pearson.

Tabla 15. Correlación de Pearson.

		HM	HT
HM	Correlación de Pearson	1	,705*
	Sig. (bilateral)		,015
	N	11	11
HT	Correlación de Pearson	,705*	1
	Sig. (bilateral)	,015	
	N	11	11

*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Elaborado por: El autor. (Enero 2019)

6.1.5 Decisión

Las dos variables en estudio están relacionadas en un 70,5%, su relación es directa teniendo una covarianza positiva $S_{xy} > 0$. Por tanto se acepta la hipótesis de investigación.

CAPÍTULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

- Con los resultados obtenidos se concluye que el horno mejorado es más eficiente que el horno tradicional al llegar a temperaturas más altas y llegar a ellas en mucho menor tiempo.
- Al realizar los cálculos en SPSS se aceptó la hipótesis de investigación. Que dice que las medidas de temperatura del horno mejorado, no tiene relación directa con el horno de leña tradicional. Al cumplir con un 70.5% aceptando la hipótesis de investigación.
- El aislante térmico que se utilizó para la construcción cumple con las exigencias de trabajo, ya que el horno al exterior no presenta presencia de calor, asilando así el calor gracias al aislante de lana de vidrio, aumentando también la eficiencia del horno mejorado
- En caso de tener algún problema con el horno revisar el anexo 5. Cuadro de problemas y soluciones, en búsqueda de alguna posible solución.
- Al momento de encender los hornos, el horno mejorado es mucho más veloz al momento de calentarse. El horno tradicional toma un tiempo de 40 minutos a diferencia del horno mejorado que solo le toma 7 minutos en estar listo para comenzar a trabajar.
- El uso del acero inoxidable AISI 304 en el horno mejorado asegura que el alimento sea cocinado con el material más óptimo para industria alimenticia.

7.2 Recomendaciones

- Es recomendable que el horno se lo construya con un buen aislante térmico para que no pierda calor por sus paredes y pueda optimizar de mejor manera el calor que está siendo producido por la quema de leña
- Se recomienda leer el “Manual de uso del horno mejorado”, que se encuentra en el anexo 4.

- Al tener una gran ventaja que el horno mejorado, no demora mucho tiempo en su tiempo de construcción, se lo puede implementar en comunidades donde puedan usar el horno de manera compartida con varias personas, y se lo podría realizar con materiales más económicos.
- El horno mejorado también se lo puede construir con material reciclado, reduciendo sus costos de construcción, pero también reduciendo los estándares de calidad que requieren los productos alimenticios en la implementación de acero inoxidable para alimentos. Pese a eso se lo podría construir para lugares que no cuenten con grandes recursos y aun así rendiría de manera excelente.

CAPÍTULO VIII

8. BIBLIOGRAFÍA, WEBGRAFÍA Y ANEXOS

8.1 Bibliografía

- Franco, Argentina, (2010). Sistema tecnológico para uso eficiente de la energía de la biomasa
- Folleto Horno Casero de Barro y Metal de Vicente R. HERNANDEZ. Editado e Impreso en 1991.
- Instituto Valenciano de la Edificación (2011) PRODUCTOS Y MATERIALES Propiedades de aislantes térmicos para rehabilitación energética.
- Jesús Chávez (2009) EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE PROPIEDADES TÉRMICAS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
- Pro Huerta, Argentina (2011). Construcción del horno tambor

8.2 Webgrafía

- https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-construccion_del_horno_de_tambor.pdf
- https://www.hagaloustedmismo.cl/files/pdf/proyectos/pa-co11_como%20hacer%20un%20horno%20con%20un%20tambor%20y%20ladrillos%20refractarios.pdf
- <http://www.chubut.gov.ar/portal/wp-organismos/energiasrenovables/wp-content/uploads/sites/43/2014/07/Hornos-Econ%C3%B3micos-Construyendo-mi-Horno.pdf>
- <http://www.simas.org.ni/media/publicaciones/HORNOS%20MEJORADOS%20BR.pdf>
- <https://nks.com/es/distribuidor-de-acero-inoxidable/acero-inoxidable-304/>
- <http://www.goodfellow.com/S/Acero-Inoxidable-AISI-304.html>
- <http://www.aceroinoxidablee.com/acero-inoxidable-tipo-430-serie-400>

8.3 Anexos

Anexo 1. Factura de la estructura del horno mejorado



TENEGUSRAY MOROCHO JORGE GUSTAVO

INOXIDABLES ELITE

Dirección Matriz: Barrio: LA LIBERTAD Calle: AV. JUAN FELIX PROAÑO Intersección: ISLANDIA

Dirección Sucursal: Barrio: LA LIBERTAD Calle: AV. JUAN FELIX PROAÑO Intersección: ISLANDIA

OBLIGADO A LLEVAR NO

R.U.C.: 0603484783001

FACTURA

No. 001-100-00000059

NÚMERO DE AUTORIZACIÓN
210920180106034847830012001100000000596063269311

FECHA Y HORA DE AUTORIZACIÓN: 21/09/2018 12:31:20

AMBIENTE: PRODUCCIÓN

EMISIÓN: NORMAL

CLAVE DE ACCESO

210920180106034847830012001100000000596063269311

Razón Social / Nombres y Apellido: CABRERA VALLEJO MARIO VICENTE

Identificación: 0802127052

Fecha Emisión: 21/09/2018

Dirección:

Guía Remisión:

Cod. Principal	Cod. Auxiliar	Cantidad	Descripción	Detalle Adicional	Precio Unitario	Subsidio	Precio sin Subsidio	Descuento	Precio Total
3	2008	1.00	HORNO INDUSTRIAL	HORNO INDUSTRIAL	600.00	0.00	0.00	0.00	600.00

Información Adicional

Dirección: JUAN MONTALVO 2056 Y JUNIN

Teléfono: 032946218

Email: mario@cabrerav.com

Forma de pago	Valor
01 - SIN UTILIZACIÓN DEL SISTEMA FINANCIERO	600.00

SUBTOTAL 14%	0.00
SUBTOTAL 0%	600.00
SUBTOTAL NO OBJETO DE IVA	0.00
SUBTOTAL EXENTO DE IVA	0.00
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS	600.00
TOTAL DESCUENTO	0.00
ICE	0.00
IVA 14%	0.00
IRBPNR	0.00
PROPINA	0.00
VALOR TOTAL	600.00
VALOR TOTAL SIN SUBSIDIO	0.00
AHORRO POR SUBSIDIO: (Incluye IVA cuando corresponda)	0.00

Anexo 2. Acero Inoxidable AISI 304.

Norma: AISI 304

DESCRIPCIÓN DE ACUERDO A NORMA	JIS	SUS 304
	ASTM	304
	DIN	4301

ESPEORES desde 0.40-15mm

DIMENSIONES 1220 x 2440mm (estándar)
1220 x otros largos (especial)

COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)								
C Max	Si Max	Mn	P Max	S Max	Ni	Cr	Mo	Otros
0,08	1	2	0,04	0,03	8 - 10,5	18 - 20	XX	XX

PROPIEDADES MECÁNICAS						
RESISTENCIA MECÁNICA		PUNTO DE FLUENCIA		Elongación % Min.	PRUEBAS DE DUREZA (MAX)	
Kg/mm ²	Psi	Kg/mm ²	Psi		ROCKWELL B	VICKERS
49	69500	18	25500	40	81,7	160

Anexo 3. Horno Tradicional.



Elaborado por: El autor

Anexo 4. Manual de uso del horno mejorado.

Manual para uso del horno mejorado

Antes de encender el horno:

- Limpiar el cenicero y fogón, también asegurarse de que no esté con algún animal dentro ya que suelen refugiarse ahí por el calor del horno.
- Revisar que la leña este bien seca, ya que así se generara menos cantidad de humo al momento de encender el horno
- Revisar que la parte interna del horno (el hogar) esté limpio y libre de residuos de alimentos ya que estos desprenderán olor a quemado si se los deja.
- Asegurarse cuanto será la cantidad y el tipo de alimento a preparar, ya que de esto dependerá la cantidad de leña que se utilizara para el horno, se recomienda encender el horno con 3Kg de leña seca y dependiendo del uso que le queramos dar aumentar la cantidad de leña en el fogón del horno.

Durante el uso del horno:

- Durante la cocción se tiene que cerrar el fogón para que el calor no escape y se aproveche de mejor manera el calor generado por la quema de leña
- Tener cuidado al momento de abrir la puerta del horno ya que podría estar muy caliente y generar una quemadura
- Al sacar las latas de dentro del horno, tener cuidado ya que las latas estarán a alta temperatura.

Después de haber usado el horno:

- Asegurarse de que el fogón este apagado para que no se desperdicie combustible (leña).
- Dejar que el horno se enfrié por sí mismo, no aplicar agua o ningún producto para enfriarlo
- Si se quemó una gran cantidad leña se deberá limpiar el cenicero.
- Limpiar el horno cuando el calor sea aceptable con un pedazo de tela humedecida, el poco calor del horno que aún le quedaría, ayudara a que salga con más facilidad grasa o residuos de alimentos.

Anexo 5. Cuadro de problemas y soluciones

Cuadro de problemas y soluciones

Tabla 14. Tabla de solución de problemas.

Posibles problemas.	Posibles causas.	Posibles soluciones.
Se produce humo en exceso	<ul style="list-style-type: none"> • La leña esta mojada o no está limpia y contiene tierra. 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar que la leña este completamente seca y libre de impurezas o tierra.
El humo se regresa y no sigue el ducto normal de la chimenea	<ul style="list-style-type: none"> • Chimenea obstruida en el ducto que no permite pasar el humo. • Puerta del fogón abierta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar que la boca final de la chimenea este despejada y libre de obstáculos • Cerrar la puerta del fogón para que el humo siga su camino y no se regrese.
Alimentos adheridos a las latas del horno	<ul style="list-style-type: none"> • Después del uso del horno al preparar algún alimento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Limpiar la parte que se necesita con agua caliente y un trapo
Una quemadura en la piel	<ul style="list-style-type: none"> • Por topar alguna parte de metal del horno a alta temperatura. 	<ul style="list-style-type: none"> • Prevenir esto usando guantes para hornear • Colocar inmediatamente vaselina o pasta dental que aliviará la quemadura

Anexo 6. Horno Mejorado CAD

Anexo 7. Horno Tradicional CAD