



UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”



FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**«DISEÑO DE UNA PLANTA DE AÑEJAMIENTO DE
ARROZ PARA MOLINO LATINO SAC»**

Autor:

Bach. Barturen Baca, Segundo Raphael

Asesor:

Dr Ing. CIP.

ANIBAL JESUS SALAZAR MENDOZA

**LAMBAYEQUE -PERÚ
2022**



UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”



FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

TESIS

TITULO:

**«DISEÑO DE UNA PLANTA DE AÑEJAMIENTO DE
ARROZ PARA MOLINO LATINO SAC»**

CONTENIDOS

- Capítulo I : Introducción
Capítulo II : Marco Teórico.
Capítulo III : Marco Metodológico.
Capítulo IV : Desarrollo de la Investigación.
Capítulo V : Conclusiones y Recomendaciones.
Capítulo VI : Referencias Bibliográficas

Autor: Bach. Barturen Baca, Segundo Raphael



MSC OSCAR MÉNDEZ CRUZ
PRESIDENTE



ING. TAPIA ASENJO ROBINSON
MIEMBRO



ING. HÉCTOR OLIDEN NÚÑEZ
SECRETARIO



DR. ANIBAL SALAZAR MENDOZA
ASESOR

LAMBAYEQUE – PERÚ
2022



**UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”**



FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**«DISEÑO DE UNA PLANTA DE AÑEJAMIENTO
DE ARROZ PARA MOLINO LATINO SAC»**

Autor:

Bach. Barturen Baca, Segundo Raphael

Aprobado por el jurado Examinador:

PRESIDENTE : MSC OSCAR MÉNDEZ CRUZ

SECRETARIO : ING. HÉCTOR OLIDEN NÚÑEZ

MIEMBRO : ING. TAPIA ASENJO ROBINSON

ASESOR : DR. ANIBAL SALAZAR MENDOZA

**LAMBAYEQUE – PERU
2022**

DEDICATORIA:

Dedico el Presente Trabajo de Investigación a Mis Padres, por su incansable apoyo y aliento para llegar a ser un Profesional y a mis profesores por su dedicación a mi formación, en especial a mis Asesor y Jurados por la orientación recibida para la elaboración del presente trabajo de investigación

AGRADECIMIENTO:

Agradezco a la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica – FIME, por los años de instrucción recibidos, y que me permiten desempeñarme en la vida Profesional y contribuir a solucionar los problemas de la sociedad y contribuir al crecimiento de nuestra amada Patria

RESUMEN

La industria del Pilado del arroz, es una actividad que en los últimos 30 años se ha desenvuelto, en un ambiente de constante innovación, pasando por innovaciones en el proceso de secado del arroz en cascara, pre limpieza, descascarado, Pulido y lustrado , clasificado, abrillantado, y más modernamente procesos de embolsado, clasificación por color, desempedrado, y añejado artificial, todo por lograr hacer que el publico consumidor compre nuestro producto y no el de la competencia, en el caso del proceso de añejamiento, ha quedado demostrado que el arroz envejecido de manera natural ante el accionar del tiempo y del medio, tienen mayor aceptación que el arroz no envejecido, por lo que por motivo de acortar el periodo de Dinero – Producto – Dinero, mediante procesos de secado artificial se ha convertido en una actividad muy rentable, en nuestro medio se han impuesto añejadores con el uso de Gas Natural – abundante en presencia en nuestro País, que consiste en instalaciones que calientan columnas de aire, las cuales a su vez se utilizan para secar – añejar, el arroz en periodos de tiempo muy corto y así poder venderlos lo antes posible

Consiste en recipientes que aprovechando los principios de la transferencia de calor por Conducción y Convención, especialmente diseñados para maximizar los procesos, de intercambio de calor y masa (secado), existen alternativas de utilización de resistencias eléctricas, del quemado o gasificación, pirolisis o cualquier tratamiento de biotecnología de la biomasa, para lograr mejorar el proceso y tiempo de añejado, como conclusiones tenemos que es viable, el proceso de secado y añejado del arroz

Palabras claves: Añejamiento, Calentamiento , Gas Natural , Mejora

ABSTRACT

The rice milling industry is an activity that has developed in the last 30 years, in an environment of constant innovation, through innovations in the process of drying rice in the husk, pre-cleaning, hulling, polishing and polishing, classified, polished, and more modernly bagging processes, color classification, stoning, and artificial aging, all to make the consumer public buy our product and not that of the competition, in the case of the aging process, it has been shown that Rice that is naturally aged in the face of time and the environment is more widely accepted than unaged rice, for which reason, due to shortening the period of Money - Product - Money, through artificial drying processes it has become a very profitable activity, in our environment aging agents have been imposed with the use of Natural Gas - abundant in presence in our Country, which consists of facilities that heat columns of air, which in turn are used to dry - age, the rice in very short periods of time and thus be able to sell them as soon as possible

It consists of containers that, taking advantage of the principles of heat transfer by Conduction and Convection, specially designed to maximize the processes of heat and mass exchange (drying), there are alternatives for the use of electrical resistances, burning or gasification, pyrolysis or any Biotechnology treatment of biomass, in order to improve the aging process and time, as conclusions we have that the drying and aging process of rice is viable

KEY WORDS: Aging, Heating, Natural Gas, Improvement

INDICE :

DEDICATORIA:	3
AGRADECIMIENTO:	4
RESUMEN	5
ABSTRACT	6
I,. INTRODUCCIÓN	8
II,. MARCO TEORICO	13
III.- METODOLOGIA	30
IV.- DESARROLLO DE LA INVESTIGACION	35
4.1.DESCRIBIR LA TECNOLOGÍA DE SECADO POR GAS NATURAL, SUS PRINCIPALES COMPONENTES Y LAS FUNCIONES QUE ESTOS CUMPLE	35
4.2.DIMENSIONAR LAS CARACTERÍSTICAS DE EQUIPOS DE ENVEJECIMIENTO POR GAS NATURAL , A SER UTILIZADOS, INDICANDO LA INNOVACIÓN INTRODUCIDA	51
4.3.- CÁLCULOS PRINCIPALES PARA EL DISEÑO DE LOS EQUIPOS DE ENVEJECIMIENTO Y NIVELES DE INVERSIÓN NECESARIOS	63
4.4.- DETERMINACIÓN DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA Y FINANCIERA DE LA MÁQUINA DE ENVEJECIMIENTO DISEÑADA	81
V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
VI.- REFERENCIA BIBLOGRAFICAS	89

I., INTRODUCCIÓN

La industria arrocera en la región Lambayeque, el nororiente del Perú y el Perú en general han acelerado su desarrollo en los últimos 31 años, en donde se anuló el monopolio en la comercialización del arroz y pilado del arroz, que tenía la empresa ECASA , el cual tercerizaba en una relación cerrada de molinos el pilado del arroz, existía pues un solo molino de arroz en un determinado valle o zona de valle, esto traía ineficiencia, y falta de dinamismo en la innovación tecnológica, con la liberación del mercado, se permitió el ingreso de nueva tecnología, por ejemplo los pulidores y lustradores de piedra pómez troncocónicos, esto ha originado una fuerte competencia por capturar los diversos mercados de arroz existentes en el país, así por ejemplo en la etapa de pulido, se introdujo el pulido por micro chorro de agua, en la fase final se pasó desde el embolsado para consumo final, pasando por el abrillantado y la selección por color, hasta el proceso de envejecimiento para lograr mayor producción de arroz graneado, también es conveniente el mencionar los procesos de despiedrado, recuperación y clasificación del polvillo de arroz, cascara y otros subproductos

En cuanto al proceso de añejamiento, es un proceso en etapa de desarrollo tecnológico, por lo que la presente tesis, tiene como objetivo el contribuir al rol de innovación y desarrollo en la industria de procesamiento arrocero, que debe tener la industria arrocera en Lambayeque, en donde en el corredor de Chiclayo a Lambayeque, se agrupan la mayor concentración de molinos de arroz existentes en el Perú, por lo que contribuciones en el desarrollo térmico, mecánico y eléctrico son muy necesarios, para mejorar la calidad del arroz pilado producido, así por ejemplo de acuerdo (Monteiro, 2017) ,« el consumo de arroz en el Perú y en todo el mundo se basa a que este producto ofrece un valor nutricional excepcional para las personas que lo consumen. La calidad del arroz varía entre variedades, incluso entre las diferentes regiones del Perú debido a sus costumbres y manera de elaborarlo y apreciarlo por el público consumidor, el Perú se califica por tener distintas zonas geográficas como costa, sierra y selva, lo cual ocasiona que debido a las circunstancias atmosféricas de cada zona y sumado a las distintas costumbres

que tienen las personas de cada región, se requieran distintas precisiones que debe cumplir el arroz que ellos compran. Es por esto que en la sierra se consume el arroz más seco, a diferencia de la costa que se consume arroces frescos», también debemos de tener en cuenta lo expresado por, (Castro, 2017) , que nos indica « El arroz añejo o envejecido, también llamado arroz añejo es un grano de arroz que ha permanecido almacenado por largo tiempo y que ha sufrido alteraciones en sus propiedades físicas químicas originando un buen impacto sobre la propiedad de cocimiento del arroz y en la calidad al momento de su consumo final. Este es un proceso espontaneo y natural. El producto final se puede decir en términos corrientes es más graneado, más entero y más esponjoso. Estas características son las exigidas por un gran porcentaje de consumidores de arroz en el mundo, en la actualidad en el Perú, ya se referencia del considerable aumento de consumo de arroz añejo.»

Otra de las causas de la presencia de arroz añejo en los molinos de arroz en la costa norte del Perú , es según, (Bihalva, 2019), nos indica, « que para abastecer el mercado de consumo de arroz añejo y con la finalidad de resolver el problema logístico del largo tiempo de almacenamiento que es necesario para el añejamiento natural se ha avanzado un nuevo método de producción de arroz, que ha recibido el nombre de añejamiento artificial, en el cual se busca obtener un arroz de similares características al arroz añejo natural, pero en un lapso menor de tiempo, incluso de solo unas horas. El añejamiento artificial que se realiza en máquinas diseñadas y que es objetivo mejorarlas, depende de dos criterios: el tiempo y la temperatura de añejamiento.

De acuerdo a lo referido, se decidió desarrollar la presente Investigación para tesis profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, planteando como primer motivo el evaluar el efecto de la temperatura y el tiempo en el proceso de añejamiento artificial de arroz blanco sobre sus características fisicoquímicas y organolépticas, con los objetivos específicos: determinar las temperaturas y tiempos del procesamiento de añejamiento artificial; evaluar características físicas del arroz añejo obtenido; comparar con las características físicas de los arroces añejado natural; determinar la combinación de temperatura y tiempo que permite obtener el mejor arroz añejado artificial, y como segundo objetivo determinar las características del horno y quemador que permite obtener el calor y temperatura

necesaria, para los procesos de transferencia de calor y masa, en el espacio y tiempo necesario para crear las condiciones de temperatura necesarias, con eficiencia energética, seguridad ambiental y operacional y viabilidad técnica y económica, que permita que siga el progreso y la actualización de la industria molinera nacional

También debemos de tener en cuenta, la variable socio económico, de la larga cadena de comercialización del arroz añejo y procesado en general, pues permiten que los mayores márgenes de utilidad, sean para los dueños de molinos y comerciantes mayoristas, que son los que almacenan el arroz recién cosechado y de baja calidad, y que es procesado en los grandes molinos de arroz, impidiendo de los agricultores medianos y pequeños no puedan comercializar directamente su producto, con una buena calidad y a un mayor precio, perdiendo pues rentabilidad en su producción y comercialización

Los principales parámetros funcionales, a considerar para el diseño del secador son

- El material que está en contacto con el arroz debe cumplir con las normas establecidas para alimentos
- El horno de envejecimiento debe ser de fácil y rápido mantenimiento, operación y montaje y se debe desmontar de una forma fácil y cómoda
- Debe tener un correcto aislamiento para evitar pérdidas de calor y poder causar daños al operador y personal y visitas en general
- La entrada y salida del producto debe ser ágil y rápida
- El ingreso de aire debe contar con un sencillo control

Las principales alternativas tecnológicas, que a la fecha existen en el mercado son las siguientes:

Alternativa Horno eléctrico: Constituye el envejecimiento por horno eléctrico uno de los más tecnificados, y que proporcionan productos de gran calidad, tiene un costo unitario de producción elevado, pero el tiempo de proceso del producto es corto, consiste básicamente en depositar el producto en una cámara donde el arroz es calentado por medio de lámparas infrarrojas, que aceleran de manera conveniente el proceso de envejecimiento, haciendo que los almidones y amilo pectinas formen largas cadenas y se desarrollen mejor y de esta manera tener un producto de buena calidad

Entre las principales ventajas de este proceso, podemos mencionar:

- Producto de gran calidad
- Periodo de envejecimiento corto, por lo tanto, la rentabilidad es mayor y con corto plazo, lo cual beneficia la liquidez del negocio
- Se puede controlar y mejorar el envejecimiento
- Es un proceso automatizado

Entre las principales desventajas debemos de mencionar:

- Alto consumo específico de combustible en particular y energía en general
- Altos costos pre operativos, operativos y post operativos (OPEX)
- Mayor nivel de inversión (CAPEX)
- Alto costo de mantenimiento

Alternativa : Sistema de intercambiador de calor con Gas Natural (GN)

Este tipo de envejecimiento usando como fuente energética el Gas Natural, en la actualidad es uno de los procesos más usados por su elevado rendimiento y bajo costo de operación y se trata básicamente de generar calor por una llama producida por el gas, el cual logra la elevación de la temperatura del aire, el cual es impulsado por un sistema de ventilación forzada, a una cámara de calentamiento , el arroz en depositado en recipientes limpios de acero inoxidable, con capacidades de 50 a 100 Kgs, los cuales son almacenados al interior de la cámara, esta cámara se calienta con el aire impulsado por el ventilador al interior, para obtener un correcto envejecimiento, se debe tener un control en línea y exacto de la temperatura, tanto para los procesos de calentamiento como para los procesos de enfriamiento

Entre las principales ventajas debemos mencionar "

- Bajo costo de operación y mantenimiento (OPEX)
- Producción con altos estándares de calidad, similar que para el caso del horno eléctrico
- Tiempo del proceso de envejecimiento, también es corto, por lo tanto las utilidades y la liquidez es a corto plazo
- Proceso automatizado
- Costo de equipos relativamente bajos (CAPEX)

Entre las principales desventajas debemos de mencionar

- Alto costo del almacenamiento y transporte de los combustibles

- Riesgos de incendio, explosión y contaminación por manejo de los combustibles
- Distribución de perfiles de temperatura no homogéneas en la cámara de combustión y calentamiento

Por tales motivos identificamos el siguiente problema científico, **¿El envejecimiento de artificial de los granos de arroz, es una necesidad de la industria Molinera, para complacer los requerimientos de los usuarios, el cual se debe realizar con las consideraciones de calidad, eficiencia y minimización de costos, que la hagan viable y atractiva para los empresarios arroceros ?**

Para la solución del problema científico, se plantean los siguientes objetivos generales y específicos

Objetivo General: Implementar una planta de envejecimiento artificial del arroz, que maximice la calidad y precio de arroz producido y pilado, con los más bajos costos de producción a través de un sistema innovador de horno con Gas Natural

Y los siguientes objetivos específicos:

- Describir la tecnología de secado por Gas Natural, sus principales componentes y las funciones que estos cumplen
- Dimensionar las características de equipos de envejecimiento por gas natural, a ser utilizados, indicando la innovación introducida
- Cálculos principales para el diseño de los equipos de envejecimiento y niveles de inversión necesarios
- Determinación de la viabilidad económica y financiera de la máquina de envejecimiento diseñada

Justificación General

(Gonzales, 2020) «La justificación de la presente investigación es la exposición de las razones por las que se ha decidido desarrollar el trabajo o estudio. Por este motivo, es una etapa determinante en el diseño de un proyecto de investigación. En la justificación de la investigación el investigador o estudiante explica cuáles son las ventajas o beneficios de realizar el estudio o trabajo.»

Justificación Económica – financiera:

(Niño, 2016) ,«Al implementar el presente prototipo del sistema automatizado de añejamiento, uno de los puntos fundamentales es obtener un producto de mejor

calidad y por ende mejor precio del arroz, tanto para su comercialización interna, como para su exportación , además los componentes del prototipo son de fácil acceso y relativo bajo costo en el mercado, lo cual será sustentado con los respectivos indicadores de Valor Actual Neto y Rentabilidad (Tasa interna de Retorno a flujos económicos y flujos financieros)»

Justificación Medio ambiental:

(Santos, 2017), «El presente proyecto de investigación está tomando como base central de estudio las energías renovables, al enfocarnos a desarrollar un sistema automatizado específicamente para un secador por flujo de aire forzado, el cual se caracteriza por aprovechar energías limpias, con lo cual se garantiza que al finalizar el proceso de añejado el producto esté libre de gases contaminantes que afectan a la calidad del producto como el arroz, producto de consumo masivo en el Perú .»

Justificación Social:

(Bejar, 2017)«Al obtener un producto excelente que cumpla con todos los estándares de calidad exigidos, se podrá tener como resultado un mejor precio en la comercialización y/o exportación y así también una apertura hacia nuevos mercados internacionales, y se genera riqueza en el medio rural de la región y del País »

Justificación Técnica:

(D, 2017)«Generar tecnología propia y que puede ser exportada a otras regiones y/o otros países, generando investigación y patentes de origen peruano potenciando de esa manera la industria de producción de bienes de capital»

II,. MARCO TEORICO

El estudio sistemático, del estado del arte, implica el análisis de experiencias anteriores realizadas sobre el tema o conexos, el estudio de teorías o temáticas relacionadas y el análisis de temas relacionados desde el punto de vista científico

En lo relativo a experiencias anteriores debemos de indicar :

Según lo indicado por, (Bobbio, 2018), « en su trabajo de investigación tuvo como objetivo el evaluar la calidad de semillas de arroz orgánico sometidas a tratamientos alternativos a diferentes temperaturas de almacenamiento. Los tratamientos utilizados fueron romero, albahaca, producto biológico, fungicida químico y las variables analizadas fueron porcentajes de germinación y primer conteo de germinación, índice de velocidad de germinación, longitud y masa seca de plántulas de brotes y raíces y envejecimiento acelerado. Durante el almacenamiento, la temperatura que mostró mejores resultados en general fue de 40°C, posiblemente por romper el letargo encontrado en las semillas en los análisis iniciales y por brindar mejores condiciones de desarrollo a las semillas de arroz orgánico. Se concluye pues que el tratamiento alternativo Manjeriçao está indicado para preservar la calidad de las semillas de arroz orgánico IRGA »

De acuerdo a las investigaciones de, (Costa, 2018) , nos indica que « del estudio en granos de arroz de dos cultivares híbridos y dos variedades, beneficiados inmediatamente después de la cosecha y luego de 6 meses de almacenamiento de los granos descascarados a 20°C, analizando contenidos de 18 aminoácidos, proteínas totales, amilosa, humedad, temperatura de gelatinización (estimación), más los parámetros de calidad industrial, cocción, textura, viscosidad y sensorial, preferencia y aceptación. Los resultados permitieron concluir que:

- El aumento en el tiempo de almacenamiento provoca reducciones en el contenido y cambios en el perfil de aminoácidos, sin diferencias de comportamiento entre variedades e híbridos
- El contenido total de proteína del endospermo no define el grado de flojedad (o empapado) de los granos, ni está relacionado con la preferencia del consumidor por el arroz después de la cocción
- El aumento en el contenido de cisteína provoca un aumento en la liberación de arroz cocido durante el almacenamiento

- Los parámetros de las evaluaciones texturométricas y reológicas reflejan los resultados del análisis sensorial y la aceptación del arroz después de la cocción
- El aumento del tiempo de almacenamiento provoca un aumento inicial en el rendimiento industrial y reducciones en la blancura y el grado de pulido, pero no cambia la transparencia del arroz»

Con rigor científico, debemos de rescatar lo afirmado por, (Schiavon, 2016), « en su trabajo de investigación tuvo como objetivo de trabajo el buscar respuestas científicas y tecnológicas asociadas a esta tecnología. Estudió los efectos del enfriamiento en el almacenamiento del arroz, evaluando cuatro temperaturas de enfriamiento (20, 16, 12 y 8 ° C) en comparación con la temperatura ambiente (24 ° C), durante un año, en granos con 15 y 12%. De humedad. Se realizaron cuatro evaluaciones (1°, 4°, 8° y 12° mes), con análisis de desempeño industrial, parámetros de color, parámetros de cocción, perfil texturométricas, atributos sensoriales y propiedades fisicoquímicas de los granos. Se concluyó que:

El enfriamiento de granos secos (12% de humedad inicial) a temperaturas de 16 ° C o menos preserva la conservabilidad, propiedades

Tecnológicas, desempeño industrial, parámetros de cocción y atributos sensoriales del arroz en al menos un año de almacenamiento;

Enfriar los granos semisecos (15% de la humedad inicial) a temperaturas de 16 ° C o menos conserva la estabilidad, las propiedades tecnológicas, el desempeño industrial, los parámetros de cocción y los atributos sensoriales del arroz hasta por cuatro meses de almacenamiento.»

Así mismo tenemos en cuenta lo investigado por, (Menezes, 2017), « en donde el objetivo de su investigación tuvo como objetivo estudiar la prueba de envejecimiento acelerado en diferentes concentraciones de sal para determinar el potencial fisiológico y sanitario de los cultivares de arroz. Se utilizaron semillas de arroz de los cultivares Irga 409, Irga 424 y Epagri 144. La prueba de envejecimiento acelerado se realizó en tres etapas: prueba tradicional con uso de agua; Ensayo utilizando soluciones de NaCl saturadas (SS) y sobresaturadas (SSS) durante períodos de 24, 48, 72 y 96 horas a 42 ° C. Posteriormente se evaluó el grado de humedad, germinación y sanidad de la semilla. Los efectos deletéreos de la prueba de envejecimiento acelerado se mitigaron con el aumento de las concentraciones

de sal. La prueba de envejecimiento acelerado en SS a las 48 h y en SSS a las 48, 72 y 96 h permite clasificar cultivares de arroz en diferentes niveles de vigor. Las semillas contaminadas por agentes fúngicos tuvieron una respuesta positiva en la germinación con el uso de métodos con solución salina.

Así mismo debemos de considerar, que, (Kaminski, 2017) « en su trabajo de investigación tuvo como objetivo, determinar las condiciones de atmósfera y temperatura más favorables para el proceso de envejecimiento en el almacenamiento del arroz, reduciendo el tiempo para que este cereal presente una cocción satisfactoria, sin compromiso tecnológico y sensorial de los granos. Paralelamente, se evaluaron diferentes variedades de arroz de regadío (BR-IRGA 410, IRGA 416 e IRGA 417), la composición química de los granos y, mediante análisis sensorial, la aceptación y preferencia de los consumidores. La intensidad del proceso de envejecimiento se verificó periódicamente mediante análisis relacionados con las características de cocción, elongación, textura, viscosidad, actividad enzimática, color y composición química de los granos después del pulido. El almacenamiento durante períodos más largos (hasta 180 días) y temperaturas (hasta 35 ° C) mostró los cambios más pronunciados en los parámetros evaluados por propiedades de cocción (menor absorción de agua, pH y residuos en el agua de cocción), prueba de cocción (mayor rendimiento volumétrico, tiempo de cocción y liberación), alargamiento (valores de cambio proporcional más altos, tasa de alargamiento y alargamiento efectivo); textura (menor firmeza y adhesividad, además de mayor elasticidad y cohesión); propiedades viscoamilográficas (granulado de almidón más organizado durante el almacenamiento, verificado principalmente por menor rotura, mayor viscosidad y retrogradación). Las variedades mostraron comportamientos diferentes en los parámetros analíticos probados, pero las condiciones de almacenamiento favorables al envejecimiento del arroz promovieron mejores características culinarias para todos. La composición química de los granos se modificó poco durante el almacenamiento, de manera significativa para la materia mineral, los compuestos fenólicos, la amilosa y el almidón resistente. En el análisis sensorial, realizado a los 60 y 180 días de almacenamiento, los consumidores mostraron mayor aceptación y preferencia por el arroz con mayores características de envejecimiento.»

Así mismo, de acuerdo a lo afirmado por, (Jones, 2017), « en su investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes temperaturas de secado sobre la integridad física, la calidad fisiológica y la composición química de semillas de arroz. Se formaron cuatro lotes de cada cultivar, los cuales se secaron por el método estacionario, utilizando las siguientes temperaturas: 32°C, 38°C, 44°C y 50°C. Luego de los tratamientos de secado, se evaluó la integridad física de las semillas, a través del contenido de humedad y el porcentaje de grietas. La calidad fisiológica se determinó con la ayuda de la prueba de germinación, primer conteo, conductividad eléctrica, envejecimiento acelerado, prueba en frío, longitud total y fitomasa seca de la plántula. La composición química de las semillas se evaluó mediante la masa seca, fracciones de proteína y fibra cruda y extracto etéreo de las semillas. Las temperaturas de secado afectaron la calidad de las semillas, y el aumento de la temperatura de secado (32-50°C) también incrementó el porcentaje de grietas en las semillas de arroz irrigadas. Las temperaturas de 32°C y 38°C, en el secado, permitieron la expresión de la calidad de las semillas, mientras que la temperatura de 50°C redujo su potencial fisiológico.»

De acuerdo a lo indicado en su investigación por, (Ziegler, 2017), nos indica en su investigación que el arroz es la base de la dieta en los países en desarrollo y sirve como vehículo de vitaminas y minerales. El almacenamiento es un paso fundamental, en el que se busca el mantenimiento de la calidad de los granos hasta su industrialización y consumo, siendo la temperatura de almacenamiento uno de los principales factores que provocan cambios durante este período. Así, el objetivo del estudio fue evaluar los efectos del tiempo (seis meses) y la temperatura (16, 24, 32 y 40 ° C) de almacenamiento de granos de arroz integral marrón, negro y rojo sobre la composición proximal, propiedades de la pulpa, proteínas solubles, pH del grano y conductividad eléctrica. Después de seis meses de almacenamiento, la temperatura de la pasta y la conductividad eléctrica aumentaron, con una reducción del pH y la solubilidad de las proteínas, especialmente cuando se almacena a 40 ° C. El almacenamiento de granos de arroz con pericarpio marrón, negro y rojo, a una temperatura de 16 ° C, es el más indicado para la reducción de la actividad metabólica y enzimática, proporcionando las mínimas alteraciones en las propiedades físico-químicas y pastosas.

En cuanto a las principales características del proceso de envejecimiento , debemos de mencionar a:

Añejamiento: El arroz elaborado contiene cerca de 80 % de almidones en forma de amilosa (en cadena lineal helicoidal) con 10 %- 34% según el tipo de grano y de amilopectina (cadena múltiple ramificada) con 66%-90%. Ambos almidones el ser humano no los puede digerir. Para poder llevar a cabo el proceso de digestión, se tienen que destruir las cadenas ya antes mencionadas y transformarlas en digeribles formas de glucosa.

Durante el largo almacenamiento del arroz en adecuadas condiciones, la masa de arroz toma lentamente una mayor uniformidad y un ajuste cualitativo, las enzimas alfa y beta amilasa actúan sobre el almidón y lo transforman parcialmente en,

Dextrinas: son carbohidratos con mayor cantidad de moléculas, que se forman por reducciones no completas de almidón y la celulosa .se emplea en la elaboración de sustancias pegajosas y espesantes.

Maltosa: son anillos unidos de glucosa, y se forma por la reducción de los almidones. Se considera estos la parte más nutritiva del arroz. El envejecimiento disminuye la solubilidad en el agua, del almidón y las proteínas, el tiempo necesario para la cocción aumenta, paralelamente con el incremento de volumen, la absorción de agua y la resistencia a la disgregación. Se producen variaciones hidrolíticas y oxidativas de los lípidos del arroz en relación con los cambios de las proteínas y del almidón.

Las capas externas del pericarpio se oscurecen ligeramente, el rendimiento de la elaboración aumento al disminuir el porcentaje de roturas. Disminuye la susceptibilidad de los diversos compuestos del grano a la actividad enzimática.

Como producto final se obtiene un arroz de alto rendimiento, buena cocción siendo este el preferido por los consumidores. Cabe recalcar que este producto terminado tiene un valor mayor que tradicional o envejecido natural.

Características del Añejamiento.

Disminuye la solubilidad en el agua del almidón y proteínas, el tiempo para la cocción aumenta, paralelamente con el incremento de volumen, la absorción de agua y la resistencia a la disgregación.

Se producen variaciones hidrolíticas y oxidativas del arroz en relación con los cambios de las proteínas y del almidón.

Las capas externas del pericarpio se oscurecen ligeramente, aumenta el rendimiento de la elaboración al disminuir el porcentaje de roturas.

Disminuye la susceptibilidad de los compuestos del grano a la actividad enzimática.

La cariósida alcanza una mayor dureza y consistencia.

El reposo (envejecimiento) del arroz afecta su textura del grano.

El efecto de envejecimiento del arroz puede ser el resultado de transformaciones físicas del almidón y proteínas.

Genera algunos cambios en el sabor.

Los cambios que el arroz experimenta durante el almacenaje dependen de la temperatura del almacenaje.

La resistencia a la tracción del arroz aumenta con el reposo, al igual que la resistencia a la compresión y a la rotura.

Se aprecian cambios en expansión del volumen del arroz y absorción de agua durante la cocción.

Mecanismo del añejamiento del arroz

Según (Morikata, 2016), **se propuso** un mecanismo del envejecimiento del arroz que comprende los lípidos y proteínas. Los lípidos forman ácidos grasos libres, los cuales pueden formar complejos con la amilosa y compuestos carbonilos e hidroxiperóxidos, lo cual puede acelerar la oxidación y condensación de las proteínas más la acumulación de compuestos de carbonilo volátiles. La oxidación de proteínas, junto con un aumento en la concentración de almidón de micelas, inhibe la hinchazón de los gránulos de almidón y afecta la textura del arroz cocido y propusieron que la oxidación de ésteres de hemicelulosa fermentados contribuiría a la reticulación y al aumento de la resistencia de las paredes celulares durante el almacenamiento. Es evidente que el envejecimiento es un proceso complicado que implica un cambio físico, químico y biológico. Proponemos que la liberación de ácidos fenólicos libres altera la integridad de la pared celular y, al mismo tiempo, los ácidos fenólicos ejercen un efecto a través de su actividad antioxidante sobre la formación de FFA que puede completarse más con amilosa durante el almacenamiento.

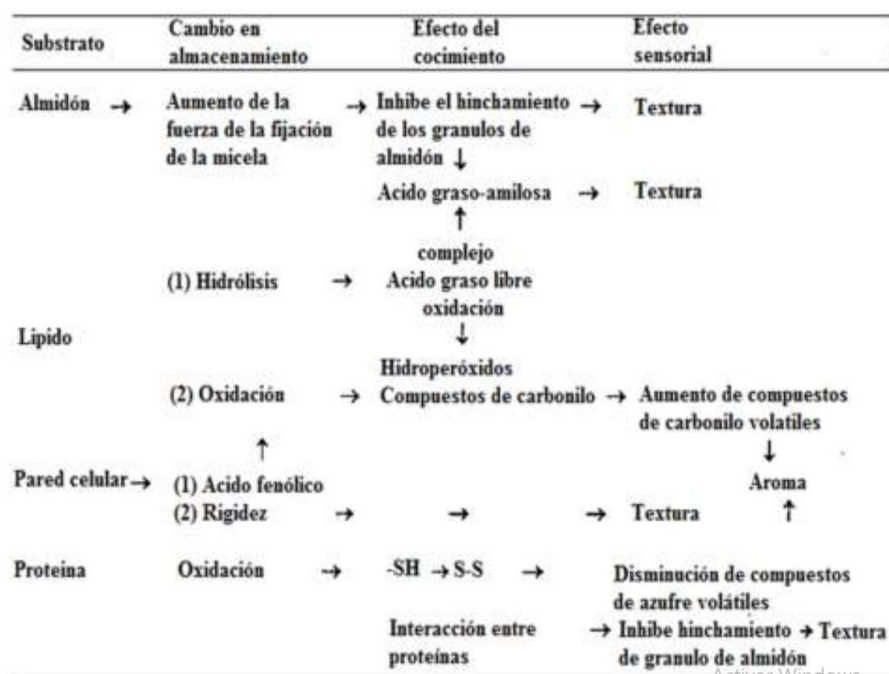


Figura 1 Modelo Esquemático del proceso de envejecimiento del arroz

Cambio en las propiedades físicas y de cocción del arroz añejo

Propiedades físicas - Blancura del arroz

La blancura del arroz paddy en el proceso de envejecimiento acelerado sufre una disminución. La blancura es menor a un contenido de humedad inicial más alto y un tiempo de templado más largo. Cuanto mayor sea el contenido de humedad y se mantenga en mayor tiempo, aparecerá el color más oscuro. La reducción del color de la blancura se debe principalmente a las reacciones de pardeamiento. En comparación con el envejecimiento natural de hasta 6 meses, el arroz envejecido acelerado es más oscuro.

Rendimiento en el pilado

El envejecimiento natural del arroz, que se realiza en cascara y durante cerca de un año, produce un mayor rendimiento en al pilado de arroz, expresado como menos porcentaje de partidos. Esto se debería a que durante el envejecimiento se produce una gelatinización parcial del almidón del arroz. Este rendimiento está afectado por el contenido de humedad inicial y el tiempo de envejecimiento.

Propiedades de cocción - Absorción de agua

El envejecimiento permite una mayor absorción de agua y por lo tanto un aumento del volumen. Este aumento de volumen puede explicarse por el hecho de que las

paredes celulares del arroz envejecido acelerado se fortalecieron más, debido a la gelatinización del almidón, y pudieron mantener la forma hexagonal, que proporciona una mayor absorción de agua. Para la determinación de la absorción de agua se utiliza el siguiente método: Veinte granos de arroz fueron recolectados al azar de materiales no envejecidos, envejecidos naturalmente y envejecidos artificialmente. Las muestras se cocinaron en un vaso de precipitados pequeño con 20 ml de agua en un baño de agua. Los granos de arroz cocido se recogieron y se colocaron en papel de filtro para absorber el agua superficial. La absorción de agua (%) se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Agua absorbida (\%)} = \frac{W_c - W_{uc}}{W_{uc}} \times 100$$

Donde, WC y WUC es el peso de 20 granos cocinados y sin cocinar, respectivamente.

Elongación del arroz

De acuerdo a la investigación de, (Faruq, 2015) La longitud del arroz cocido es mayor del arroz antes de cocinar. Para determinar la elongación de los granos de arroz se toma 10 granos de arroz en tubo de ensayo de 20 ml y se introduce por 20 minutos con 5 ml de agua del grifo. Después de remojar, los tubos de ensayo se colocan en agua hirviendo durante unos 30 minutos. Cuando los granos se cocinan correctamente, se sacan los tubos de ensayo y se elimina el agua que se encuentra dentro de los tubos de ensayo.

Posteriormente, los granos cocidos se mantienen en una lámina de vidrio durante unos minutos para evaporar la humedad adicional y luego se mide la longitud y el ancho de los granos cocidos con un calibrador de portaobjetos digital

$$\text{Elongación del grano: } L_f - L_o$$

Donde:

Lf: longitud promedio de 10 granos cocinados

Lo: longitud promedio de 10 granos sin cocinar

Proporción de la elongación del grano de arroz

La proporción de elongación del arroz cocido aumenta durante el proceso de envejecimiento como resultado de cambios en los gránulos de almidón que

conducen a una mayor resistencia del grano a la desintegración durante la cocción. Por lo tanto, la pérdida de sólidos se minimiza y el volumen de grano se puede expandir aún más. Se puede comprobar que la relación de alargamiento del arroz cocido aumenta con el aumento del tiempo de templado.

Para medir la elongación del arroz se procede de la siguiente manera: Diez granos de arroz fueron seleccionados aleatoriamente de materiales no envejecidos, de envejecimiento natural y envejecimiento artificial. La longitud y la anchura iniciales de los granos se midieron

utilizando una pinza de vernier digital. Los granos medidos se remojaron en un tubo de 20 ml con 5 ml de agua del grifo durante 20 minutos. Después de remojar, los tubos de ensayo se sumergieron en agua hervida durante aproximadamente 30 minutos. A continuación, se vació el agua de los tubos de ensayo y los granos se colocaron en una lámina de vidrio durante 50 minutos para evaporar la humedad adicional y se midió la longitud y la anchura finales usando las mismas pinzas digitales deslizantes. Donde:

Lf: longitud promedio de 10 granos cocinados

Lo: longitud promedio de 10 granos sin cocinar

Proporción de la elongación del grano de arroz

De acuerdo a lo investigado por, (Sodhi, 2017) La proporción de elongación del arroz cocido aumenta durante el proceso de envejecimiento como resultado de cambios en los gránulos de almidón que conducen a una mayor resistencia del grano a la desintegración durante la cocción. Por lo tanto, la pérdida de sólidos se minimiza y el volumen de grano se puede expandir aún más. Se puede comprobar que la relación de alargamiento del arroz cocido aumenta con el aumento del tiempo de templado.

Para medir la elongación del arroz se procede de la siguiente manera: Diez granos de arroz fueron seleccionados aleatoriamente de materiales no envejecidos, de envejecimiento natural y envejecimiento artificial. La longitud y la anchura iniciales de los granos se midieron utilizando una pinza de vernier digital. Los granos medidos se remojaron en un tubo de 20 ml con 5 ml de agua del grifo durante 20 minutos. Después de remojar, los tubos de ensayo se sumergieron en agua hervida durante aproximadamente 30 minutos. A continuación, se vació el agua de los tubos de ensayo y los granos se colocaron en una lámina de vidrio durante 50 minutos

para evaporar la humedad adicional y se midió la longitud y la anchura finales usando las mismas pinzas digitales deslizantes.

$$PC = \frac{LF/BF - L0/B0}{L0/B0}$$

Donde LF y BF , según , (Faruq, Effects of ageing on selected cooking quqlity Parameters of rice , 2018) representan la longitud y el ancho del grano después del cocimiento, respectivamente. L0 y B0 indica la longitud y la anchura del grano antes de cocinar. La elongación real se midió restando la longitud promedio de diez granos antes de ser cocinados de la de diez granos cocinados

Pérdida de sólidos

La pérdida de sólidos después del cocimiento es menor y disminuye con el tiempo de añejamiento, la temperatura y el contenido inicial de humedad. La menor cantidad de pérdida de sólidos después del cocimiento podría estar relacionada con el fortalecimiento de la pared celular del grano de arroz, que puede resistir la hinchazón del grano durante la cocción.

Además, la formación del complejo entre los ácidos grasos libres y la amilasa da como resultado un almidón de solubilidad en agua inferior. La pérdida de sólidos se puede determinar secando una alícuota de agua de cocción en placa de Petri a 70°C en un horno hasta que esté completamente seca. La pérdida de sólidos se puede determinar secando una alícuota de agua de cocción en placa de Petri a 70°C en un horno hasta que esté completamente seca.

$$\text{Pérdida de sólidos en agua de cocción} = \frac{\text{aumento de peso de placa Petri}}{\text{peso de muestra de arroz}} \times 100$$

Envejecimiento Natural del arroz

El método de envejecido consiste en almacenar el arroz en cascara o pilado, en bodegas o silos durante por lo menos 6 o 7 meses, preferiblemente un año. Durante este tiempo el arroz adquiere ciertas características. Este proceso se lo realiza en arroz pilado fresco, logrando disminuir su porcentaje de humedad a menos de un diez por ciento.

Un punto importante que se debe considerar en los procesos de secado y envejecido de arroz es el almacenamiento del mismo puesto que durante el almacenamiento del arroz en cascara suceden muchos cambios producidos por factores que inciden negativamente en este cereal, uno de los principales es el exceso de humedad. Una humedad excesiva favorece el crecimiento de hongos y bacterias, provocando la aparición de parásitos. Si la humedad es relativamente alta a niveles del 15% o más el grano pierde almidón y azúcares. El Factor de humedad es de mucha importancia a tomar en cuenta, y esta puede aumentar por factores externos como infiltración en paredes, caídas repentinas de temperaturas ocasionando una condensación, y por el metabolismo propio de insectos, hongos. El envejecimiento natural presenta algunas desventajas como:

Se debe utilizar en las épocas del año en que no hay lluvias, puesto que no permiten que se lleve a cabo este proceso por la ausencia del sol.

Los costos que se tiene que asumir, los costos de alquiler de bodegas o lugar de almacenamiento, luego los costos de mantenimiento para conservar el grano libre de plagas.

Añejamiento Artificial del arroz

El arroz envejecido artificialmente tiene similares características que el arroz envejecido naturalmente, ya que en su proceso de producción consiste en disminuir su humedad o secar los granos de arroces frescos, que es lo que sucede en el envejecimiento natural.

El proceso se realiza en máquinas específicamente diseñadas conocidas como añejadores o envejecedoras artificiales. En estas máquinas se crea un clima idóneo, para que las enzimas alfa y beta amilasas se activen, y pueden destruir las cadenas y ramas de los almidones con mayor velocidad, de tal forma que se puede lograr características semejantes a un añejamiento natural (4 – 7 meses) en un mínimo de 12 horas o un máximo de 24 horas.

Durante el envejecimiento artificial del arroz se crea un clima ideal para la actividad de las mencionadas enzimas, donde no debe existir oxígeno sino vapor de igual, lo que requiere el proceso para completar las dextrinas y maltosa incompletas, cortados de las cadenas múltiples. Este vapor adecuado lo produce el mismo arroz durante el calentamiento debido a su humedad inicial (11 – 12%), ya sea por el manejo que se le dé o a la variedad al cual pertenezca, se recupera un poco más

según el clima en el que encuentre posteriormente. Es importante investigar sobre el tiempo y la temperatura que dependen de la variedad y calidad que se requiera. La máquina añejadora consiste en una serie de tubos por cuyo interior circula aire caliente y por la parte externa se hace contacto con el arroz. Las paredes de los tubos transfieren el calor al arroz. Al alcanzar una cierta temperatura, las capas del arroz cercanas a las paredes de los tubos, absorben el calor (cerca de 50 kJ por kg de arroz) para disminuir los almidones y de esta forma transferido a los granos de las próximas capas.

Al haber procesado la destrucción del amilopectina y la amilasa, por medio de las enzimas, el grano que se encuentra cerca de las paredes comienza a aumentar su temperatura y empieza a transferir el calor al arroz vecino. Así, en el punto cero, en el punto más distante a las paredes se encuentra el arroz más frío, el cual no ha sido procesado todavía. Al final, cuando en este punto empieza a subir la temperatura por encima del nivel deseado, se dice que el proceso ha terminado.

De acuerdo a lo señalado por , (Induhorst Cia Lta, 2016) Se puede apreciar que el arroz cercano a los tubos alcanza casi la temperatura de las paredes, mientras que el arroz en el punto cero está 10 – 20°C más frío., cuando se procesa o está a la espera de procesar. Durante el proceso los granos se hacen más blandos y se van endureciendo durante su lento enfriamiento posterior en silos o en sacos. El arroz envejecido sale con una humedad de 1% a 2% menos que la humedad inicial, esta humedad se recupera posteriormente según el clima en el que se encuentre. Todo el proceso incluye dos etapas, una de calentamiento que consta de una elevación gradual de temperatura y una de añejamiento donde se mantiene la temperatura constante. Después del proceso de añejamiento, antes de descargar se deja enfriar lentamente por periodos de hasta 5 horas

Desventajas

Resulta imposible dar un manejo uniforme a todas las variedades de arroz que se quiere procesar, ya que depende de la calidad que se desea obtener al final del proceso en cada una de las variedades de arroz, así como su humedad inicial y la que tiene algún tiempo después de su cosecha.

En cuanto a los detalles del horno del proceso de envejecimiento, debemos de indicar lo siguiente:

Descripción de horno industrial :

Un horno es un dispositivo que genera calor y que lo mantiene dentro de un cuarto cerrado, es utilizado por lo general en la cocina para calentar, cocer y secar los alimentos. La energía de calor usada para avivar un horno puede ser suplida directamente por la combustión de leña y gas natural , radiación solar o por medio de electricidad , esto es lo que determina los tipos de hornos :

Horno de leña : Estos funcionan a partir de materiales forestales, lo cual representa un grave riesgo ambiental en los tiempos actuales a la luz de los objetivos del milenio

Horno a gas : Representan una muy buena opción ya que tienen una cocción similar a los de leña, en cuanto los impactos ambientales es aun mas optimo , pues estos no mandan al ambiente gases de una combustión no controlada

Horno eléctrico : Son en la actualidad íntegramente automatizados, pero la cocción no es la optima y el consumo de electricidad es alto

Horno solar ; Su principal uso es en el máximo aprovechamiento de los recursos solares para obtener la energía calorífica

Horno de microondas : Funciona mediante la generación de ondas electromagnéticas, las cuales interaccionan con las moléculas de agua, contenidas en los alimentos

Horno atmosférico : La arquitectura de este horno facilita el flujo de las masas de aire caliente cocinando de una manera uniforme los productos que contiene en su interior

Sistema de control de un horno :

El sistema de control será instalado en un horno a gas, construido a base de planchas de acero inoxidable de 0,9 mms , recubierto con planchas de aluminio y sus dimensiones son 3 m de alto , 3 m de ancho por 4 m de profundidad , en la parte posterior del horno se encuentra el ventilador que hará ingresar el aire caliente producido por el quemador , el horno se halla formado por cinco partes fundamentales que se consideran elementos independientes y que han sido ideados por separado para su análisis y estudio por parte de los encargados de la fabricación del horno, en la figura se muestra el horno con las partes más importantes del mismo :

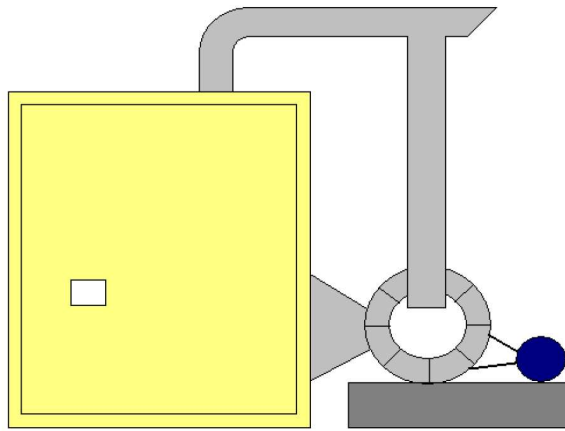


Figura 2 Composición de un horno industrial

Caja del horno : Es el horno en esencia, determina las partes externas cuyas medidas corresponden al tamaño total del horno , tienen una estructura metálica para la recirculación del aire y la eliminación de la humedad

Base del horno : Es una estructura metálica en forma de rieles que se utiliza para ubicar los contenedores de arroz a ser añejado

Contenedores de bandejas : Es una estructura construida a base de rejillas en cual se dispone de compartimientos en donde se colocan las bandejas con el arroz, posee ruedas para facilitar su desplazamiento

Bandejas : Son estructuras metálicas con pequeños orificios en las bases por las cuales circula el aire caliente y en los cuales se coloca el arroz

Ventilador y quemador : Son los elementos encargados de calentar el aire e ingresar al mismo horno

FUNCIONAMIENTO :

Por medio del quemador el cual, funciona a base de gas se produce el aire, caliente el cual es ingresado al interior del horno por medio de un ventilador , el aire caliente atraviesa las bandejas que contienen el arroz y la humedad se transfiere desde el grano hacia el aire calentado , este aire caliente sube hasta llegar al techo del horno y ale por el ducto de realimentación , el aire caliente y húmedo regresa hacia el ambiente y el aire que no se encuentra muy húmedo vuelve a ingresar hacia el horno para repetir el ciclo , las compuertas que integran el ducto sirven para que el aire caliente y húmedo salgan hacia el ambiente y también para que el producto se enfríe después de haber culminado el proceso

Especificaciones , el horno esta constituido por las siguientes partes :

- Caja del horno
- Ducto de realimentación
- Compuertas
- Campana
- Piso
- Puertas
- Ventanillas

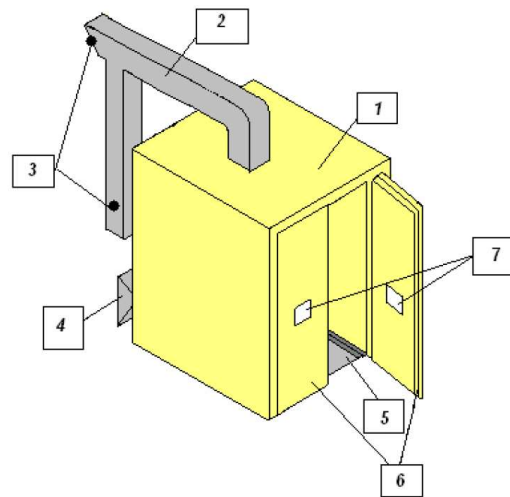


Figura 3 Partes de la caja de un Horno

Base del Horno : Tiene la forma que se aprecia en la figura 4 y esta integrada por las siguientes partes :

- 1.- Base propiamente dicha
- 2.- Rieles

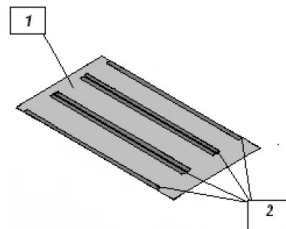


Figura 4 Base del Horno

Contenedor de Bandejas : Tiene la forma que se aprecia en la figura N° 5 y consta de las siguientes partes :

- Porta bandejas
- Garruchas
- Estructura
- Pasamanos
- Bandeja recolectora

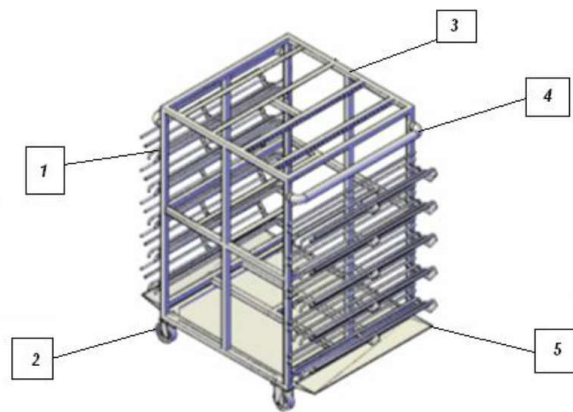


Figura 5 Contenedor de Bandejas

Bandejas : Las bandejas son las estructuras metálicas de forma cuadrada en las cuales se coloca el arroz y tiene la forma de la figura N° 6

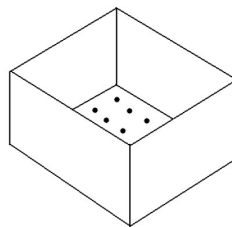


Figura 6 Bandeja

III.- METODOLOGIA

3.1.- Tipo y diseño de investigación

La presente investigación es de naturaleza **Aplicada**, ya que utiliza los conocimientos existentes de la ciencia para solucionar un problema específico

3.1.1.-DESCRIPTIVA, (Chero, 2015)«porque tiene por objetivo la observación y descripción de las características, especificaciones y modo de funcionamiento de los añejadores de arroz en especial los de flujo de aire forzado para poder plantear el diseño de un prototipo de sistema automatizado de añejado de arroz »

3.1.2.- NO EXPERIMENTAL «ya que no se manipulará de manera intencional ninguna de las variables que se están estudiando, tal como lo señala sampieri:»

«Podría definirse como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios donde no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para posteriormente analizarlos» (SAMPIERI HERNANDEZ, 2010).

Operacionalización de variables

Variable Independiente

Diseño de una planta de añejamiento artificial de arroz Pilado

Variable Dependiente

Optimización de la producción de arroz añejo

El proceso de Operacionalización, se presenta resumido en la siguiente tabla:

Población y muestra

Población

«La población objeto del estudio está constituida por los métodos empleados para el proceso de añejado del grano de arroz »

Añejador a Energia Solar

Añejador Eléctrico

Añejador a Gas licuado de Petroleo

Añejador a Gas Natural

Muestra

De las formas de añejamiento del arroz, solo se tomaran en cuenta para su estudio y análisis aquellas que nos ayuden a obtener un producto de óptima calidad:

Añejador a Gas Natural (Por utilizar calorífica, libre de gases contaminantes)

Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnicas de recolección de datos

Entrevista: «Se realizará entrevista a los encargados y al personal involucrado con el proceso de secado del café, con la finalidad de recolectar datos que nos sirvan para determinar la lista de requerimientos de diseño del prototipo del sistema automatizado, para realizar este proceso utilizaremos el método Delphi.»

Método Delphi

(BETANCOURT, 2015)«Se define como un proceso donde convergen una serie de personas considerados expertos con el fin de obtener un consenso frente a una temática o problemática en común.»

Características:

«Es flexible al captar diversidad de opiniones, las cuales son entregadas de forma anónima y confidencial.»

«El consenso logrado presenta alto grado de confiabilidad.»

«Permite el involucramiento de los expertos con el problema, permitiendo su relacionamiento de forma anónima con otros expertos, lo que aporta al flujo de información.»

«Evita el protagonismo de uno o más expertos sobre otros, garantizando igual participación.»

«Finalmente, permite encontrar la formación de un criterio con un alto nivel de objetividad.»

Observación: «Se realizará por medio de esta técnica la recolección de datos a través de la literatura existente acerca del añejado del arroz, así como la automatización de este proceso, sirviendo de base para determinar el principio de funcionamiento y parámetros básicos para el diseño del prototipo.»

Instrumentos de recolección de datos

Encuesta técnica conceptual para diseño de prototipo de sistema automatizado:

« Es un instrumento específico de recolección de datos que se aplicará para, determinar la lista de requerimientos fundamentales para el diseño del prototipo del sistema automatizado.»

«El instrumento consta de 4 partes, en la primera parte se toman los datos de quien realiza la encuesta, la fecha de realización y el lugar de aplicación»

«La segunda parte se toma los datos generales del encuestado, la tercera parte busca informarnos de la experiencia laboral del encuestado y sus expectativas, la cuarta y última parte, recolecta los datos deseados para el diseño del sistema automatizado.»

Especificaciones conceptuales del prototipo: «Es un formato que resume la lista de requerimientos de diseño del prototipo, una vez procesados y determinados los datos en la etapa de diseño conceptual. El instrumento consta de dos partes que son: El encabezado: que proporciona los datos del diseñador, producto en diseño y fecha.»

«La parte de siguiente del instrumento resume el listado de requerimientos de diseño agrupados en 5 categorías: Función, materiales, energía, control, seguridad y ergonomía.»

Validez y confiabilidad

«La validez y confiabilidad de los instrumentos aplicados son asumidos de la metodología de los autores que se aplican para los propósitos del prototipo, quienes dan las pautas necesarias para realizar la recolección de datos en campo, con la debida confiabilidad.»

Procedimiento

Métodos de análisis de datos

(Solano, 2017)-*«Los datos recolectados serán analizados a través de gráficos y cálculos de ingeniería manualmente y con asistencia de Excel, los cuales serán presentados organizadamente para determinar el cumplimiento de los requerimientos de diseño.»

Aspectos éticos

(Lezcano, 2019)«El proyecto de investigación se desarrollara manteniendo la veracidad de los valores que se obtengan sin ser alterado, asimismo se respetará la reserva de los participantes que no requieran ser involucrados y se registrará los aportes de sus autores, se consideran los criterios de ética del Colegio de Ingenieros del Perú (como integrantes presente y futuros), que en su código tecnológico y de ética establece que los ingenieros serán objetivos y veraces en sus informes y declaración o testimonios profesionales, así como que se esforzaran por ampliar el conocimiento del publico acerca de la ingeniería y de los servicios a la sociedad.»

IV.- DESARROLLO DE LA INVESTIGACION

4.1. DESCRIPCION DE LA TECNOLOGÍA DE SECADO POR GAS NATURAL, SUS PRINCIPALES COMPONENTES Y LAS FUNCIONES QUE ESTOS CUMPLEN

El envejecimiento a través de un sistema de intercambiador de calor con gas natural se obtiene un producto de calidad, el tiempo de envejecimiento es de 18-20 horas, su costo es bajo. Este proceso consiste en generar calor a través de una llama producida por gas, la cual calienta el aire que es impulsado por medio de un venterol a una cámara de calentamiento. El producto es depositado en recipientes de acero inoxidable con una capacidad de 40 Kg., los cuales son almacenados en el interior de la cámara. La cámara se calienta con el aire impulsado por el venterol al interior de la misma. Para obtener un correcto envejecimiento se debe tener un control exacto de la temperatura, tanto para el calentamiento como para su enfriamiento

VENTAJAS:

Bajo costo de operación y mantenimiento.

Producción de gran calidad similar al de Horno Eléctrico.

Tiempo de envejecimiento cortó.

Proceso semiautomático.

Costo del equipo bajo.

Fácil transportación.

DESVENTAJAS:

Almacenamiento de los recipientes de combustible.

Alto riesgo con el manejo del combustible.

Distribución de la temperatura no homogénea en la cámara.

SELECCIÓN DE ALTERNATIVA.

Para seleccionar la alternativa adecuada se analizan varios criterios de comparación, tomando en cuenta su importancia se valoran en los siguientes parámetros:

COSTO DEL EQUIPO .-

Figura 7 Análisis comparativo de CAPEX

ENVEJECEDOR – AÑEJADOR DE ARROZ			
POR HORNO ELECTRICO		INTERCAMBIADOR (GN)	
FABRICANTE	INDUHORST	FABRICANTE	PROPIO
MODELO	QG - 1	MODELO	A
COSTO	US \$ 15,200.00	COSTO	US \$ 1,993.12

Fuente : INDUHORST – Elaboración propia

COSTO DE OPERACIÓN

El costo de operación es alto ya que el envejecedor por horno eléctrico necesita de un operador que tenga un nivel de instrucción superior y conocimientos de programación, el intercambiador de calor con gas (L.P.G) es de fácil operación, ya que tiene un proceso manual, por lo que se requiere de un operador con un nivel de instrucción media.

Costo de mantenimiento.

En el mantenimiento del horno eléctrico tienen que realizar una persona calificada y su costo es elevado por sus componentes electrónicos

Figura 8 Costos de Mantenimiento del horno Eléctrico – Lote 40 Kgs

Componentes electrónicos	costo
Funcionamiento del blower.	30 \$
Funcionamiento quemador	40 \$
circuito eléctrico de alimentación y sus protecciones	40 \$
Inspección de accesorios: termocuplas, sensores, relés.	60 \$
TOTAL	170 \$

Fuente : INDUHORST

Para el mantenimiento del intercambiador de calor con gas Natural , su costo es bajo, ya que este equipo tiene solo componentes mecánicos.:

Figura 9 Costos de Mantenimiento del Intercambiador con Gas Natural –Lote 40 Kgs

Componentes mecánicos	costo
Funcionamiento de la cámara de envejecimiento	20 \$
Funcionamiento de la carcasa y estructura	30 \$
Funcionamiento de la cámara de calentamiento	30 \$
Inspección de accesorios: válvula, manguera,	10 \$
TOTAL	90 \$

Fuente : FABRICACIONES SAYAN SRL

Según las alternativas planteadas, se puede determinar que la mejor opción es el envejecimiento con un intercambiador de calor con gas Natural

DETALLE	HORNO ELÉCTRICO	COSTOS	Calif.	INTERCAM. DE CALOR CON GAS (L.P.G.)	COSTOS	Calif.
Tiempo de Envejecimiento	(12 a 18 Horas)	-	10	(18 horas)	-	8
Capacidad	15 quintales	-	10	40 kg	-	5
Calidad de Producto	Buena	-	10	Buena	-	10
Costo de Construcción	Elevado costo de construcción	15200 \$	5	Bajo costo de construcción	1993,12 \$	10
Costo de Operación	Elevado costo de operación	Personal calificado 400-600 \$	5	Bajo costo de operación	Operador 318,00 \$	10
Costo de Mantenimiento Eq.	Elevado costo de mantenimiento	170 \$	5	El costo de mantenimiento es medio	90 \$	10
Movilidad de la máquina	Difícil transporte		5	Fácil transporte		10
Control de Temperatura	Bueno		10	Medio		8
TOTAL			60			71

DISEÑO DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO

La figura 12 indica como ingresa el aire y es calentado por medio de la combustión del gas licuado de petróleo, para de esta manera calentar la cámara de envejecimiento, por medio de unos anillos de conducción.

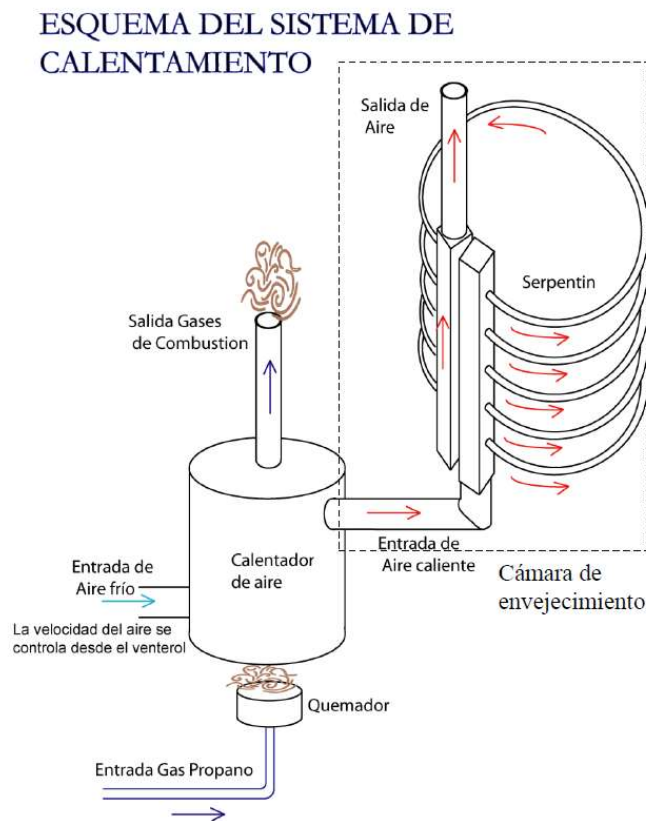


Figura 10 Esquema del Sistema de Calentamiento –Lote 40 Kgs

CÁLCULO DEL CALOR REQUERIDO PARA EL SISTEMA DE CALENTAMIENTO

Con la ecuación de Henderson modificada se calcula el nivel seguro de humedad de almacenamiento del arroz se encuentra entre el 10 y el 13%, base húmeda, para las principales especies, dadas las condiciones medias de temperatura ambiente promedio ($T_{Amb} .Prm = 26^{\circ}\text{C}$) y humedad relativa en Chiclayo – Lambayeque

Ecuación de Henderson modificada

$$He = \frac{1}{100} \left[\frac{\ln(1 - \phi)}{-c_1(T + c_2)} \right]^{\frac{1}{c_3}}$$

$$He = \frac{1}{100} \left[\frac{\ln(1 - 0.7)}{-1.9187(26 + 51.161)} \right]^{\frac{1}{2.4451}}$$

$$He = 0.12$$

Donde:

He = Ecuación de Henderson Modificada (Ecuación de humedad de equilibrio para diversos productos)

ϕ = Humedad relativa del aire

c_1, c_2, c_3 = Constantes de la ecuación de Henderson modificada

T= Temperatura (°C)

PRODUCTO	c_1	c_2	c_3
Cebada	2.2919×10^{-9}	195,267	2,0123
Fréjol comestible	2,0899	254,23	1,8812
Maíz	8,6541	49,810	1,8634
Maní con cáscara	6,6587	23,318	2,5362
Arroz con cáscara	1,9187	51,161	2,4451
Sorgo	0,8532	113,725	2,4757
Soja	30,5327	134,136	1,2164
Trigo (durum)	2,5738	70,318	2,2110
Trigo (duro)	2,3007	55,815	2,2857
Trigo (blando)	1,2299	64,346	2,5558
Yuca	0,2892	64,3551	1,7267
Cacao	4,1942	0,0	2,7296

Tabla 3Parámetros ecuación de Henderson

Fuente : (Marques, 2017)

Con este resultado se concluye que está dentro del rango especificado el porcentaje final de humedad del agua del arroz para condiciones finales.

Cálculo de la energía necesaria para vaporización

Se calcula la cantidad de energía necesaria para elevar la temperatura para la vaporización de la humedad.

Calor requerido para evaporación del agua del grano (**por la masa total del producto**
m_arroz = 40 kg).

Presión en el recipiente	Temp. de saturación	Temp. Ambiente
101.325 KPa	99 °C = 372°K	26°C = 299°K

Figura 11 Propiedades del aire a 1 atm

Fuente : (Cengel, 2015)

$$Q = m * Cp_A * (T_2 - T_1) \quad 4$$

$$Q = 40Kg \left(\frac{4,6kJ}{Kg} ^\circ K \right) (372 - 299) ^\circ K$$

$$Q = 40Kg \left(\frac{4,6kJ}{Kg} ^\circ K \right) (372 - 299) ^\circ C$$

$$Q = 40Kg \left(\frac{4,6kJ}{Kg} ^\circ K \right) (73) ^\circ K$$

$$Q = 13432 KJ$$

Donde:

Q = Calor de transferido al arroz (KJ)

CpA = Calor especifico del arroz en (KJ/Kg ° K)

m = masa de arroz en (Kg.)

T1 = Temperatura del ambiente. promedio (° K)

T2 = Temperatura de saturación. (° K)

Para el diseño del sistema de calentamiento se considera que las anillos de conducción debe tener un diámetro de 25.4mm de diámetro nominal y un espesor de 2 mm, para que la velocidad de transferencia de calor neta sea la más eficiente y en un menor tiempo. Debemos tener en cuenta que los tubos existan en el mercado.

Estos anillos de conducción son conectados a dos tubos cuadrados de 50 x 50 mm.

Que sirve para distribuir a mayor velocidad el aire que circula por los anillos. Además

éste tendrá que estar centrado en la cámara de envejecimiento para que cada tubo pueda cubrir la misma área.

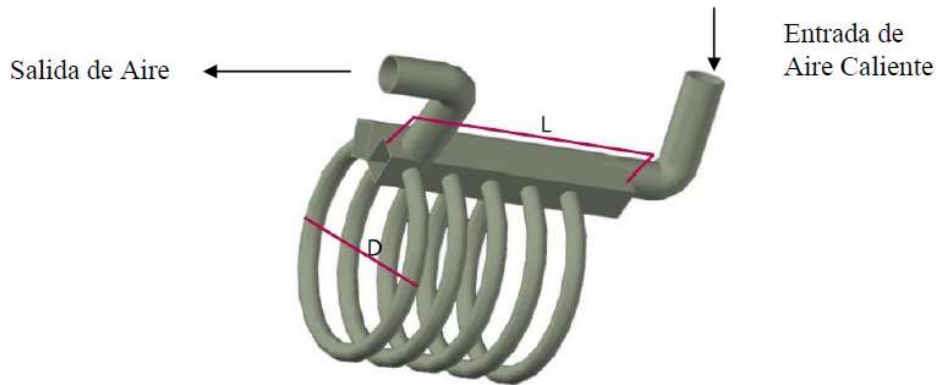


Figura 12 Anillos de conducción

De donde:

D = Diámetro de los anillos de conducción

L = Altura de los anillos de conducción

presión	Constante del aire	Temp. dentro del tubo
101,325 (KPa)	0,2870 (KPa*m ³ /°k)	200 °C = 473°K

Figura 13 Propiedades del aire a 1 Atm

Fuente : Elaboración Propia

Calcular la densidad del aire en el tubo para la transferencia de calor al arroz

$$\rho = \frac{P}{R * T} \quad 5$$

$$\rho = \frac{101.325 \text{ KPa}}{0,287 \text{ KPa} * \frac{\text{m}^3}{^\circ\text{K}} * (200 + 273)^\circ\text{K}}$$

$$\rho = 0,7464 \text{ Kg/m}^3$$

Donde:

ρ = Densidad del aire dentro del tubo

P = Presión dentro del tubo

R = Constante universal de los gases

T = Temperatura absoluta

Diámetro nominal	Diámetro externo		Diámetro interno		espesor	
	Pulg.	mm.	Pulg.	mm.	Pulg.	mm.
1"	1.000"	25.40	0.842"	21.40	0.078"	2.00

Figura 14 Dimensiones de Tubos Comerciales

Fuente : (Holman, 2019)

Cálculo del área del tubo para la transferencia de calor

$$A_{Cir\ inte} = \pi * r_i^2 \quad 6$$

$$A_{Cir\ inte} = \pi * (0,0107m)^2$$

$$A_{Cir\ inte.} = 3,59 \times 10^{-4}m^2$$

Donde:

$A_{Cir\ inte.}$ = Área del tubo de los anillos de conducción.

r_i = Radio interior del tubo de los anillos de conducción.

Calcular el flujo de masa necesaria de aire para la transferencia de calor

$$\dot{m} = \rho * \mathcal{V} * A_{Cir. inte.} \quad 7$$

$$\dot{m} = 0,7464 \frac{Kg}{m^3} * 10\ m/s * 3,59 \times 10^{-4}m^2$$

$$\dot{m} = 0,0026 \frac{Kg}{s}$$

Donde:

m = Flujo másico del aire

ρ = Densidad del aire

$ACir . inte .$ = Área interior total

\mathcal{V} = Velocidad media

3.1.6. Cálculo de la temperatura de la parte interior del tubo de los anillos de Conducción

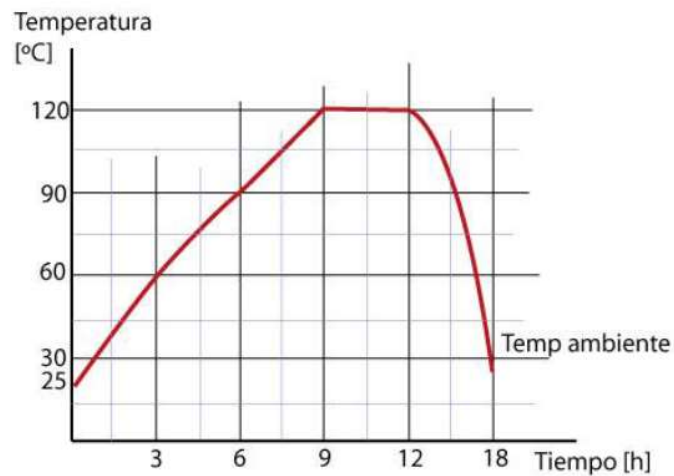


Figura 15 Diagrama de tiempo – Temperatura de envejecimiento del arroz

Fuente : (Marquez, 2017)

$$T_0 = T_s + \frac{T_s}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} \ln\left(\frac{r_1}{r_2}\right) = 120^{\circ}C + \frac{120^{\circ}C}{\ln\left(\frac{0.0127}{0.0107}\right)} \ln\left(\frac{0.0107}{0.0127}\right) \quad 8$$

$$T_0 = (12 + 79,66)^{\circ}C$$

$$T_0 = 199,56 = 200^{\circ}C$$

Donde:

T_0 = Temperatura en el centro del tubo de los anillos de conducción.

T_s = Temperatura en la superficie externa del tubo de los anillos de conducción.

r_1 = Radio interno del tubo de los anillos de conducción.

r_2 = Radio externo del tubo de los anillos de conducción.

Calcular la velocidad de la transferencia de calor neta hacia afuera del volumen de control

$$\dot{q} = \dot{m} * C_{p_{Aire}} * (T_0 - T_s) \quad 9$$
$$\dot{q} = \left(0,0026 \frac{Kg}{s}\right) \left(\frac{1,016 KJ}{Kg} ^\circ C\right) (200 - 120) ^\circ C$$
$$\dot{q} = 0,21 KJ/s$$

Donde:

$C_{p_{Aire}}$ = Calor específico del aire en (KJ/Kg °K)

\dot{m} = flujo másico del aire (Kg/s.)

T_0 = Temperatura en el centro del tubo. (°C)

T_s = Temperatura exterior del tubo. (°C)

Cálculo del tiempo de evaporización de la humedad del arroz

$$t = \frac{Q}{\dot{q}} \quad 10$$
$$t = \frac{13432 KJ}{0,21 \frac{KJ}{s}}$$
$$t = 63961,90 s = 17,96 \approx 18 H$$

Donde:

t = Tiempo de evaporización (H)

Q = Calor de transferido al arroz (KJ) , en un lote de 40 Kgs

q = Velocidad de transferencia de energía (KJ/s)

Cálculo del coeficiente de transferencia de calor en el centro del tubo.

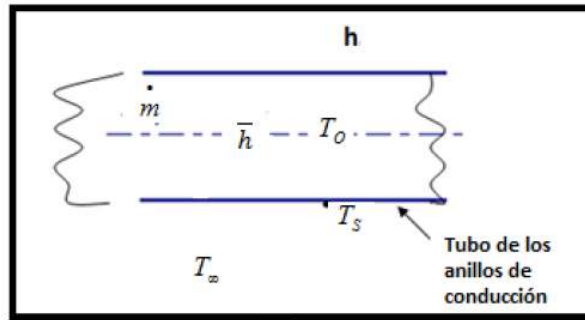


Figura 16 Distribución de temperaturas para cálculos de convención

Donde:

•

m = Flujo másico de aire.

T_o = Temperatura en el centro del tubo de los anillos de conducción.

T_s = Temperatura en la superficie externa del tubo de los anillos de conducción.

T_{∞} = Temperatura de los alrededores.

h = Coeficiente de transferencia de calor en el interior del tubo de los anillos de conducción.

H = Coeficiente de transferencia de calor en el exterior del tubo de los anillos de conducción.

$$\bar{T} = \frac{T_s + T_o}{2}$$

$$\bar{T} = \frac{200^{\circ}\text{C} + 120^{\circ}\text{C}}{2} = 160^{\circ}\text{C} = 433^{\circ}\text{K}$$

TABLA A-15							
Propiedades del aire a la presión de 1 atm							
Temp., $T, ^\circ\text{C}$	Densidad, $\rho, \text{kg/m}^3$	Calor específico, $c_p, \text{J/kg} \cdot \text{K}$	Conductividad térmica, $k, \text{W/m} \cdot \text{K}$	Difusividad térmica, $\alpha, \text{m}^2/\text{s}^2$	Viscosidad dinámica, $\mu, \text{kg/m} \cdot \text{s}$	Viscosidad cinemática, $\nu, \text{m}^2/\text{s}$	Número de Prandtl, Pr
160	0.8148	1 016	0.03511	4.241×10^{-5}	2.420×10^{-5}	2.975×10^{-5}	0.7014

Tabla 4 Propiedades Físicas del aire a 160 °C

Fuente : (Willey, 2017)

Como fue el caso en la convección forzada que comprende una sola fase, la transferencia de calor en la condensación también depende de si el flujo del condensado es *laminar* o *turbulento*. Una vez más, el número de Reynolds proporciona el criterio para el régimen de flujo el cual se define como

$$\overline{Re_D} = \frac{4\dot{m}}{\pi * D_i * u} \quad 12$$

$$\overline{Re_D} = \frac{4(0,0026 \text{ Kg/s})}{(3.1416)(0.0214\text{m})(2.420 * 10^{-5} \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2})}$$

$$\overline{Re_D} = 6392,25$$

Donde

D_i = Diámetro interno del tubo de los anillos de conducción.

u = viscosidad del líquido (kg/m. s)

m = gasto del flujo másico (kg/s)

Re_D = Numero de Reynolds

El número de Reynolds en el cual el flujo se vuelve turbulento se llama número crítico de Reynolds. El valor de este número crítico es diferente para configuraciones geométricas diferentes. El valor aceptado en general del número crítico de Reynolds es $Re_D = (5 \times 10^3)$, donde ocurre la transición de flujo laminar a turbulento.


TABLA 7-1			
Correlaciones empíricas para el número de Nusselt promedio, para convección forzada sobre cilindros circulares y no circulares en flujo cruzado (tomado de Zukauskas, Ref. 14, y Jakob, 1949)			
Sección transversal del cilindro	Fluido	Rango de Re	Número de Nusselt
Círculo 	Gas o líquido	0.4-4	$Nu = 0.989 Re^{0.330} Pr^{1/3}$
		4-40	$Nu = 0.911 Re^{0.385} Pr^{1/3}$
		40-4 000	$Nu = 0.683 Re^{0.466} Pr^{1/3}$
		4 000-40 000	$Nu = 0.193 Re^{0.618} Pr^{1/3}$
		40 000-400 000	$Nu = 0.027 Re^{0.805} Pr^{1/3}$

Tabla 5 Tablas de N° Reynolds

Fuente : (Yanus, 2015)

$$C = 0.193$$

$$m = 0.618$$

$$\overline{Nu_D} = C * \overline{Re_D}^m Pr^{1/3} \quad 14$$

$$\overline{Nu_D} = 0.193 * 6392,25^{0.618} * 0,7014^{1/3}$$

$$\overline{Nu_D} = 38,18$$

Donde:

Nu_D = Numero de Nusselt medio

Re_D = Numero de Reynolds medio

Pr = Numero de Prant

$$\overline{Nu_D} = \frac{D_i * \bar{h}}{k} \quad 15$$

$$\bar{h} = \frac{(38,18)(35.11 * 10^{-3} \frac{W}{m} ^\circ K)}{0.0214m}$$

$$\bar{h} = 62,65 \frac{W}{m^2} ^\circ K$$

Donde:

h = Coeficiente de transferencia de calor en el interior del tubo de los anillos de conducción.

D_i = Diámetro del tubo de los anillos de conducción. .

k = Conductividad térmica.

Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor.

Utilizamos la tabla de la figura N° 22 para obtener el coeficiente de calor en la parte exterior del tubo de los anillos de conducción.

Tabla I-2 Valores aproximados de los coeficientes de transferencia de calor por convección		
Modo	h	
	$W/m^2 ^\circ C$	$Btu/h \cdot pie^2 \cdot ^\circ F$
Aire a 1 atm soplando en tubo de 2.5 cm de diámetro a 12 m/s	65	11.4

Tabla 6 Valores aproximados de transferencia de Calor

Fuente : (Holman R. , 2019)

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\bar{h}} * \left(\frac{r_2}{r_1}\right) + \frac{r_1 \ln \left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{K} + \frac{1}{\bar{h}}}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{62,65 \frac{W}{m^2} \text{ } ^\circ K} \left(\frac{0.0127}{0.0107} \right) + \frac{0.0127m * \ln(0.0127/0.0107)}{\frac{14.9W}{m} \text{ } ^\circ K} + \frac{1}{\frac{65W}{m^2} \text{ } ^\circ K}}$$

$$U = 36,83 \frac{W}{m^2} \text{ } ^\circ K$$

Donde

U = Coeficiente global de transferencia de calor

r2 = radio externo del tubo de los anillos de conducción (m).

r1 = radio interno del tubo de los anillos de conducción (m).

h = Coeficiente de transferencia de calor en el interior del tubo de los anillos de conducción.

h = Coeficiente de transferencia de calor en la parte exterior del tubo de los anillos de conducción.

K = Coeficiente de conductividad

Cálculo del área total

$$A_t = \frac{\dot{q}}{U(T_o - T_\infty)} \quad 17$$

$$A_t = \frac{210,4 W}{\frac{30,30 W}{m^2} \text{ } ^\circ K \{(473 - 372)\} \text{ } ^\circ K}$$

$$A_t = 0.06413 m^2$$

Donde:

q = Velocidad de transferencia de calor neta

At = Área total de transferencia de calor

T^∞ = Temperatura de los alrededores

T_0 = Temperatura en el centro del tubo de los anillos de conducción.

4.2. DIMENSIONAMIENTO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE EQUIPOS DE ENVEJECIMIENTO POR GAS NATURAL , A SER UTILIZADOS, INDICANDO LA INNOVACIÓN INTRODUCIDA

Las principales, características del proceso de diseño, serán :

Determinación del calor requerido para el sistema de calentamiento

Con la formula de Henderson modificada se calcula el nivel seguro de humedad de almacenamiento del arroz , el cual para las variedades con las que se trabajara se encuentra entre el 10 y el 13%, base húmeda, para las principales especies, dadas las condiciones medias de temperatura ambiente promedio ($T_{Amb .Prm} = 26^\circ\text{C}$) y humedad relativa en el Chiclayo (= 76%).

Formula de Henderson modificada:

$$He = \frac{1}{100} \left[\frac{\ln(1 - \phi)}{-c_1(T + c_2)} \right]^{\frac{1}{c_3}}$$
$$He = \frac{1}{100} \left[\frac{\ln(1 - 0.7)}{-1.9187(26 + 51.161)} \right]^{\frac{1}{2.4451}}$$

$$He = 0.12$$

De donde tenemos que cada variable significa :

He = Ecuación de Henderson Modificada (Ecuación de humedad de equilibrio para diversos productos)

ϕ = Humedad relativa del aire

C_1, C_2, C_3 = Constantes de la ecuación de Henderson modificada

T= Temperatura ($^\circ\text{C}$)

PRODUCTO	c ₁	c ₂	c ₃
Cebada	$2,2919 \times 10^{-5}$	195,267	2,0123
Fréjol comestible	2,0899	254,23	1,8812
Maíz	8,6541	49,810	1,8634
Maní con cáscara	6,6587	23,318	2,5362
Arroz con cáscara	1,9187	51,161	2,4451
Sorgo	0,8532	113,725	2,4757
Soja	30,5327	134,136	1,2164
Trigo (durum)	2,5738	70,318	2,2110
Trigo (duro)	2,3007	55,815	2,2857
Trigo (blando)	1,2299	64,346	2,5558
Yuca	0,2892	64,3551	1,7267
Cacao	4,1942	0,0	2,7296

Figura 17 Parámetros de la Ecuación de Henderson, incluye el Arroz

Fuente : (Marques J. , 2016) ,elaboración propia

Con este resultado se concluye que está dentro del rango especificado el porcentaje final de humedad del agua del arroz para condiciones finales.

Cálculo de la energía necesaria para vaporización

Se calcula la cantidad de energía necesaria para elevar la temperatura para la vaporización de la humedad. Ver Figura N° 24

Calor requerido para evaporación del agua del grano (por la masa total del producto $m_{\text{arroz}} = 40 \text{ kg}$).

Presión en el recipiente	Temp. de saturación	Temp. Ambiente
101.325 KPa	99 °C = 372°K	26°C = 299°K

Figura 18 Propiedades del Aire a 1 Atm

Fuente : (Cengel Y. , 2015), elaboración propia

De donde el calculo del calor transferido al arroz y necesario para la vaporización será :

$$Q = m * Cp_A * (T_2 - T_1) \quad 4$$

$$Q = 40Kg \left(\frac{4,6kJ}{Kg} \right) (372 - 299)^\circ K$$

$$Q = 40Kg \left(\frac{4,6kJ}{Kg} \right) (372 - 299)^\circ C$$

$$Q = 40Kg \left(\frac{4,6kJ}{Kg} \right) (73)^\circ K$$

$$Q = 13432 KJ$$

Para un lote de 40 Kgs

De donde cada uno de las variables tiene la siguiente interpretación :

Para el diseño del sistema de calentamiento se considera que las anillos de conducción debe tener un diámetro de 25.4mm de diámetro nominal y un espesor de 2 mm, para que la velocidad de transferencia de calor neta sea la más eficiente y en un menor tiempo. Debemos tener en cuenta que los tubos existan en el mercado, Ver figura 26

Estos anillos de conducción son conectados a dos tubos cuadrados de 50 x 50 mms Que sirve para distribuir a mayor velocidad el aire que circula por los anillos. Además éste tendrá que estar centrado en la cámara de envejecimiento para que cada tubo pueda cubrir la misma área. Ver figura 25

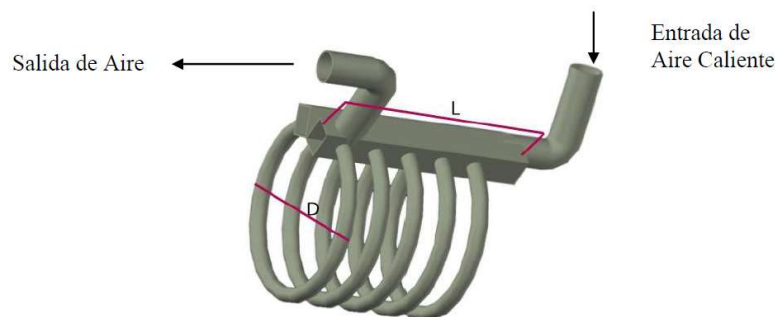


Figura 19 Anillos de conducción

De donde:

D = Diámetro de los anillos de conducción

L = Altura de los anillos de conducción

presión	Constante del aire	Temp. dentro del tubo
101,325 (KPa)	0,2870 (KPa*m ³ /°k)	200 °C = 473°K

Figura 20 Propiedades del Aire a condiciones de Trabajo

Fuente : Elaboración Propia

Calcular la densidad del aire en el tubo para la transferencia de calor al arroz

$$\rho = \frac{P}{R * T} \quad 5$$

$$\rho = \frac{101.325 \text{ KPa}}{0,287 \text{ KPa} * \frac{\text{m}^3}{^\circ\text{K}} * (200 + 273)^\circ\text{K}}$$

$$\rho = 0,7464 \text{ Kg/m}^3$$

Donde:

ρ = Densidad del aire dentro del tubo

P = Presión dentro del tubo

R = Constante universal de los gases

T= Temperatura absoluta

Diámetro nominal	Diámetro externo		Diámetro interno		espesor	
	Pulg.	mm.	Pulg.	mm.	Pulg.	mm.
1"	1.000"	25.40	0.842"	21.40	0.078"	2.00

Figura 21 Dimensiones de los Tubos Comerciales

Fuente : (Holman P. , 2019) , elaboración propia

Cálculo del área del tubo para la transferencia de calor :

$$A_{Cir\ inte} = \pi * r_i^2 \quad 6$$
$$A_{Cir\ inte} = \pi * (0,0107m)^2$$
$$A_{Cir\ inte.} = 3,59 \times 10^{-4}m^2$$

De donde:

$A_{Cir\ inte}$. = Área del tubo de los anillos de conducción.

r_i = Radio interior del tubo de los anillos de conducción.

Calcular el flujo de masa necesario de aire para la transferencia de calor de manera optima :

$$\dot{m} = \rho * \mathcal{V} * A_{Cir. inte.} \quad 7$$
$$\dot{m} = 0,7464 \frac{Kg}{m^3} * 10\ m/s * 3,59 \times 10^{-4}m^2$$
$$\dot{m} = 0,0026 \frac{Kg}{s}$$

Donde:

\dot{m} = Flujo másico del aire

ρ = Densidad del aire

$A_{Cir. inte.}$ = Área interior total

\mathcal{V} = Velocidad media

Cálculo de la temperatura de la parte interior del tubo de los anillos de conducción

Responde al siguiente comportamiento de acuerdo, a la figura 28

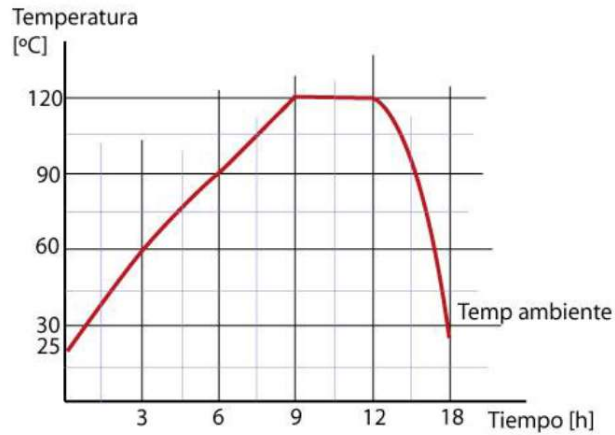


Figura 3.3 Diagrama de tiempo- temperatura de envejecimiento del arroz

Figura 22 Diagrama de tiempo – temperatura de envejecimiento del Arroz

Fuente : (Marques J. , Principios de psicometria del Arroz, 2015), elaboración Propia

$$T_0 = T_s + \frac{T_s}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} \ln\left(\frac{r_1}{r_2}\right) = 120^\circ C + \frac{120^\circ C}{\ln\left(\frac{0.0127}{0.0107}\right)} \ln\left(\frac{0.0107}{0.0127}\right)$$

$$T_0 = (12 + 79,66)^\circ C$$

$$T_0 = 199,56 = 200^\circ C$$

Donde:

T_0 = Temperatura en el centro del tubo de los anillos de conducción.

T_s = Temperatura en la superficie externa del tubo de los anillos de conducción.

r_1 = Radio interno del tubo de los anillos de conducción.

r_2 = Radio externo del tubo de los anillos de conducción.

Calcular la velocidad de la transferencia de calor neta hacia afuera del volumen de control

$$\dot{q} = \dot{m} * C_{p_{Aire}} * (T_0 - T_s) \quad 9$$

$$\dot{q} = \left(0,0026 \frac{Kg}{s}\right) \left(\frac{1,016 KJ}{Kg} ^\circ C\right) (200 - 120) ^\circ C$$

$$\dot{q} = 0,21 KJ/s$$

De donde tenemos que :

$C_{p_{Aire}}$ = Calor específico del aire en (KJ/Kg °K)

\dot{m} = flujo másico del aire (Kg/s.)

T_0 = Temperatura en el centro del tubo. (°C)

T_s = Temperatura exterior del tubo. (°C)

Para un lote de 40 Kgs

Cálculo del tiempo de evaporización de la humedad del arroz

$$t = \frac{Q}{\dot{q}} \quad 10$$

$$t = \frac{13432 KJ}{0,21 \frac{KJ}{s}}$$

$$t = 63961,90 s = 17,96 \approx 18 H$$

Donde:

t = Tiempo de evaporización (H)

Q = Calor de transferido al arroz (KJ)

\dot{q} = Velocidad de transferencia de energía (KJ/s)

Cálculo del coeficiente de transferencia de calor en el centro del tubo.

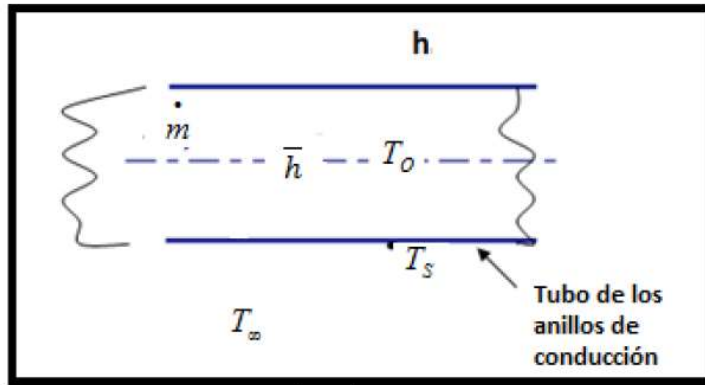


Figura 23 Distribución de Temperaturas para el cálculo de la constante de Convección

Donde:

m = Flujo másico de aire.

T_o = Temperatura en el centro del tubo de los anillos de conducción.

T_s = Temperatura en la superficie externa del tubo de los anillos de conducción.

T_{∞} = Temperatura de los alrededores.

h = Coeficiente de transferencia de calor en el interior del tubo de los anillos de conducción.

h = Coeficiente de transferencia de calor en el exterior del tubo de los anillos de conducción.

$$\bar{T} = \frac{T_s + T_o}{2}$$

$$\bar{T} = \frac{200^{\circ}\text{C} + 120^{\circ}\text{C}}{2} = 160^{\circ}\text{C} = 433^{\circ}\text{K}$$

Propiedades del aire a la presión de 1 atm							
Temp., $T, ^\circ\text{C}$	Densidad, $\rho, \text{kg/m}^3$	Calor específico, $c_p, \text{J/kg} \cdot \text{K}$	Conductividad térmica, $k, \text{W/m} \cdot \text{K}$	Difusividad térmica, $\alpha, \text{m}^2/\text{s}^2$	Viscosidad dinámica, $\mu, \text{kg/m} \cdot \text{s}$	Viscosidad cinemática, $\nu, \text{m}^2/\text{s}$	Número de Prandtl, Pr
160	0.8148	1 016	0.03511	4.241×10^{-5}	2.420×10^{-5}	2.975×10^{-5}	0.7014

Figura 24 Propiedades Físicas del Aire a 160 ° C

Como fue el caso en la convección forzada que comprende una sola fase, la transferencia de calor en la condensación también depende de si el flujo del condensado es *laminar* o *turbulento*. Una vez más, el número de Reynolds proporciona el criterio para el régimen de flujo el cual se define como

$$\overline{Re_D} = \frac{4\dot{m}}{\pi * D_i * u} \quad 12$$

$$\overline{Re_D} = \frac{4(0,0026 \text{ Kg/s})}{(3.1416)(0.0214\text{m})(2.420 * 10^{-5} \frac{Ns}{m^2})}$$

$$\overline{Re_D} = 6392,25$$

Donde

D_i = Diámetro interno del tubo de los anillos de conducción.

u = viscosidad del líquido (kg/m. s)

m = gasto del flujo másico (kg/s)

Re_D = Numero de Reynolds

El número de Reynolds en el cual el flujo se vuelve turbulento se llama número crítico de Reynolds. El valor de este número crítico es diferente para configuraciones geométricas diferentes. El valor aceptado en general del número crítico de Reynolds es $Re_D = (5 \times 10^3)$, donde ocurre la transición de flujo laminar a turbulento.

TABLA 7-1

Correlaciones empíricas para el número de Nusselt promedio, para convección forzada sobre cilindros circulares y no circulares en flujo cruzado (tomado de Zukauskas, Ref. 14, y Jakob, 1949)

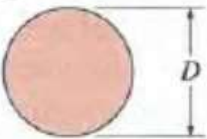
Sección transversal del cilindro	Fluido	Rango de Re	Número de Nusselt
Círculo 	Gas o líquido	0.4-4	$Nu = 0.989 Re^{0.330} Pr^{1/3}$
		4-40	$Nu = 0.911 Re^{0.385} Pr^{1/3}$
		40-4 000	$Nu = 0.683 Re^{0.466} Pr^{1/3}$
		4 000-40 000	$Nu = 0.193 Re^{0.618} Pr^{1/3}$
		40 000-400 000	$Nu = 0.027 Re^{0.805} Pr^{1/3}$

Tabla 7 Constantes para Numero de Reynolds

$$C = 0.193$$

$$m = 0.618$$

$$\overline{Nu_D} = C * \overline{Re_D}^m Pr^{1/3} \quad 14$$

$$\overline{Nu_D} = 0.193 * 6392,25^{0.618} * 0,7014^{1/3}$$

$$\overline{Nu_D} = 38,18$$

Donde:

$$\overline{Nu_D} = \text{Numero de Nusselt medio}$$

$$\overline{Re_D} = \text{Numero de Reynolds medio}$$

$$Pr = \text{Numero de Prant}$$

$$\overline{Nu_D} = \frac{D_i * \bar{h}}{k} \quad 15$$

$$\bar{h} = \frac{(38,18)(35.11 * 10^{-3} \frac{W}{m} ^\circ K)}{0.0214m}$$

$$\bar{h} = 62,65 \frac{W}{m^2} ^\circ K$$

Donde:

h = Coeficiente de transferencia de calor en el interior del tubo de los anillos de conducción.

Di = Diámetro del tubo de los anillos de conducción. .

k = Conductividad térmica.

Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor.

Utilizamos la tabla 1-2 para obtener el coeficiente de calor en la parte exterior del tubo de los anillos de conducción.

Tabla I-2 Valores aproximados de los coeficientes de transferencia de calor por convección		
Modo	h	
	$W/m^2 \text{ } ^\circ C$	$Btu/h \cdot pie^2 \cdot ^\circ F$
Aire a 1 atm soplando en tubo de 2.5 cm de diámetro a 12 m/s	65	11.4

Tabla 8 Valores aproximados de los coeficientes de transferencia de calor por convección

Fuente : Elaboración Propia

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\bar{h}} * \left(\frac{r_2}{r_1}\right) + \frac{r_1 \ln \left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{K} + \frac{1}{\bar{h}}}$$

De donde tenemos :

$$U = \frac{1}{\frac{1}{62,65 \frac{W}{m^2} \text{ } ^\circ K} \left(\frac{0.0127}{0.0107} \right) + \frac{0.0127 m * \ln (0.0127/0.0107)}{\frac{14.9 W}{m} \text{ } ^\circ K} + \frac{1}{\frac{65 W}{m^2} \text{ } ^\circ K}}$$

$$U = 36,83 \frac{W}{m^2} \text{ } ^\circ K$$

Donde

U = Coeficiente global de transferencia de calor

r2 = radio externo del tubo de los anillos de conducción (m).

r1 = radio interno del tubo de los anillos de conducción (m).

h = Coeficiente de transferencia de calor en el interior del tubo de los anillos de conducción.

h= Coeficiente de transferencia de calor en la parte exterior del tubo de los anillos de conducción.

K = Coeficiente de conductividad

Cálculo del área total

$$A_t = \frac{\dot{q}}{U(T_o - T_\infty)} \quad 17$$

$$A_t = \frac{210,4 W}{\frac{30,30 W}{m^2} \text{ } ^\circ K \{(473 - 372)\} \text{ } ^\circ K}$$

$$A_t = 0.06413 m^2$$

Donde:

q = Velocidad de transferencia de calor neta

A_t = Área total de transferencia de calor

T_{∞} = Temperatura de los alrededores

T_o = Temperatura en el centro del tubo de los anillos de conducción.

4.3.- CÁLCULOS PRINCIPALES PARA EL DISEÑO DE LOS EQUIPOS DE ENVEJECIMIENTO Y NIVELES DE INVERSIÓN NECESARIOS

Dimensionamiento de la cámara de envejecimiento, Cálculo del volumen que ocupa el arroz.

Se inicia el cálculo del volumen de la cámara de envejecimiento, partiendo de un análisis previo entre la equivalencia del peso y el volumen que ocupa el arroz, para lo cual se coloca el arroz en un recipiente de 1000 cc. y luego se pesa, obteniendo los siguientes resultados expuestos en la figura 33.

No. Pruebas	Recipiente (lt)	Peso Kg.
1	1	0.892
2	1	0.890
3	1	0.887
4	1	0,893
Promedio		0.890

Figura 25 Equivalencia entre capacidad y Peso

Fuente : Elaboración Propia

Se presenta la equivalencia de 1000 cm³ de arroz nuevo, que pesa 0,890 Kg. en promedio de las cuatro pruebas. Para calcular el volumen de la cámara de envejecimiento se parte de este valor.

$$Va = \frac{40 Kg * 1000cm^3}{0,890 Kg}$$

$$Va = 44943,82 cm^3$$

Donde:

Va = Volumen del arroz

Cálculo para determinar el radio, que deberá tener cada aro de los anillos de conducción

$$A_t = \pi * r_{\text{anillos de conducc}}^2$$

$$\frac{0.06413 \text{ m}^2}{\pi} = r_{\text{anillos de conducc}}^2$$

$$r_{\text{anillos de conducc}} = 0,142 \text{ m}$$

Donde:

A_t = Área Total

$r_{\text{anillos de conducc}}$ = radio interno de los anillos de conducción.

Partiendo de este radio se calcula el radio para la cámara de los anillos de conducción, tomando en consideración que para la cámara se debe sumar el diámetro del tubo.

$$r_c = \phi_{\text{tubo}} + r_{\text{anillos de conducc}} + r_{\text{holgadura}}$$

$$r_c = 0.0254 + 0.142 + 0.0206$$

$$r_c = 0.188 \text{ m}$$

$$\phi_c = 0,376 \text{ m}$$

Donde:

ϕ_{tubo} = Diámetro del tubo de los anillos de conducción.

$r_{\text{holgadura}}$ = Radio de holgadura

r_{camara} = Radio de la cámara

$r_{\text{anillos de conducc}}$ = Radio interno de los anillos de conducción

Cálculo para determinar el área de la cámara de envejecimiento

Se considera las medidas del tubo cuadrado (50x50) mm. Así como de cinco anillos de 25 mm y un radio de 142 mm con estos datos se obtienen volumen de los anillos de conducción. Ver en la figura 34

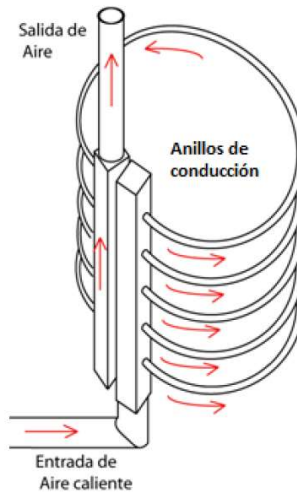


Figura 26 Esquema de los anillos de conducción

$$V_s = V_{tc} + V_{ta} \quad 22$$

$$V_s = 2(l_{\text{tubo cua}} * A_{\text{tubo cua}}) + 5(\pi * r^2 * l)$$

$$V_s = 2(5\text{cm} * 5\text{cm} * 40\text{cm}) + 5(\pi * (14\text{cm})^2 * 0.898\text{cm})$$

$$V_s = 4764,72\text{ cm}^3$$

Donde:

V_s = Volumen de los anillos de conducción.

V_{tc} = Volumen de tubo de entrada y salida de gas caliente

V_{ta} = Volumen de los 5 anillos

l = longitud de cada anillo = al perímetro del anillo = 898 mm

$A_{\text{tubo cua}}$ = Área del tubo cuadrado de los anillos de conducción.

$r_{\text{anillos de conducc}}$ = radio interno de los anillos de conducción.

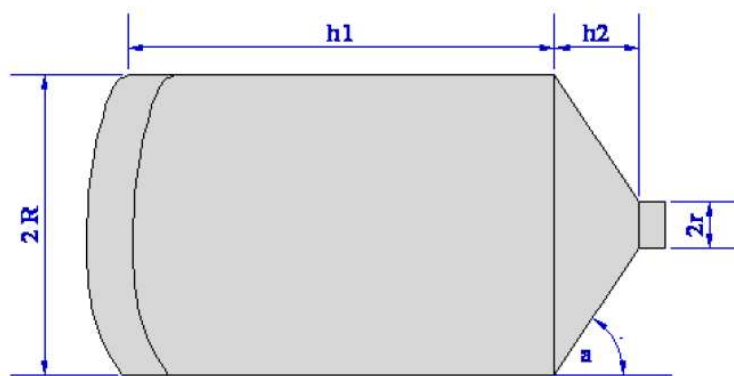


Figura 27 Cámara de Envejecimiento

Se debe considerar que este volumen es la suma del cono de descarga más la cámara cilíndrica según se muestra en la figura 35 , El ángulo α se determinará experimentalmente colocando en el extremo de una plancha de acero inoxidable de 25 cm de longitud el arroz y elevando uno de los extremos. Dando los siguientes resultados mostrados en la figura 36. De la que se toma como referencia un ángulo de 22° para el cálculo del volumen del cono.

Altura cm.	Longitud cm.	Angulo Grados
9	25	$21^\circ 1'$
10	25	$23^\circ 5'$
10	25	$21^\circ 1'$
Promedio		$21^\circ 9'$

Figura 28 Angulo de Inclinación para el deslizamiento del arroz

Para el cálculo del volumen del cono se parte de los siguientes datos:

$2R$ = Diámetro Mayor = 376 mm. R = 188 mm.

$2r$ = Diámetro Menor = 50 mm. r = 25 mm.

h_2 = Altura 100 mm.

α = Angulo de inclinación = 22°

$$V_{cono} = \frac{\pi * h2 * (R^2 + r^2 + R * r)}{3} \quad 23$$

$$V_{cono} = \frac{\pi * 10 * [(18,8)^2 + (2,5)^2 + (18,8) * (2,5)]}{3}$$

$$V_{cono} = 4258,85 \text{ cm}^3$$

Con esto se obtiene el volumen real que ocupar el arroz en la cámara de envejecimiento, este volumen se iguala a un volumen de la cámara de envejecimiento menos el volumen del sistema de calentamiento

$$V_{camara} = V_{arroz} + V_{cono} - V_A$$

$$V_{camara} = 44943,82 + 4258,85 - 4764,72$$

$$V_{camara} = 44437,94 \text{ cm}^3$$

Cálculo de la altura de la cámara de envejecimiento (h_1) :

$$V_{camara} = \pi * r^2 * h_1$$

Despejado h se tiene:

$$h_1 = \frac{44437,94 \text{ cm}^3}{1110,36 \text{ cm}^2}$$

$$h_1 = 40,02 \cong 40 \text{ cm}$$

Diseño del espesor de la plancha de la cámara de envejecimiento

Para determinar el espesor de la plancha se debe calcular la presión máxima que puede existir en las paredes de la cámara de envejecimiento, esta es la presión lateral

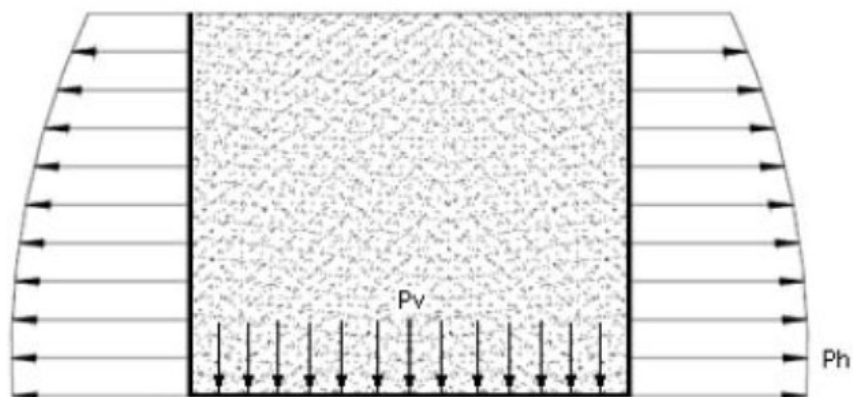


Figura 29 Distribución de la presión en la cámara de envejecimiento

Calcular el radio hidráulico ;

$$R_h = \frac{D_i}{4} \quad 26$$

$$R_h = \frac{0.376 \text{ m}}{4}$$

$$R_h = 0,19 \text{ m}$$

Donde:

D_i = Diámetro interior de la cámara de envejecimiento

R_h = Radio hidráulico

Cálculo del coeficiente de rozamiento contra la pared

$$\mu = \tan \varphi \quad 27$$

$$\mu = \tan 18^\circ$$

$$\mu = 0,325$$

Donde:

μ = Coeficiente de rozamiento contra la pared

φ = Angulo de rozamiento contra la pared

Calcular el coeficiente de rozamiento interno

$$K = \frac{1 - \operatorname{sen}\theta}{1 + \operatorname{sen}\theta} \quad 28$$

$$K = \frac{1 - \operatorname{sen}25^\circ}{1 + \operatorname{sen}25^\circ}$$

$$K = 0,40$$

Donde:

K = Coeficiente de rozamiento interno

θ = Angulo de rozamiento interno

Cálculo la presión en la cámara

$$P_{hj} = \frac{\rho_m * R_h}{\mu} \left(1 - e^{-\frac{\mu * K}{R_h} * h_1} \right)$$

$$P_{hj} = \frac{\frac{850Kg}{m^3} * 0,19m}{0,325} \left(1 - e^{-\frac{0,325 * 0,40}{0,19m} * 0,40m} \right)$$

$$P_{hj} = 203,73 \text{ Kg/m}^2$$

Donde:

P_{hj} = Presión en la cámara

ρ_m = Densidad del arroz

R_h = Radio hidráulico

μ = Coeficiente de rozamiento contra la pared

K = Coeficiente de rozamiento interno

h_1 = Altura de la cámara de envejecimiento

Calcular la presión lateral en la cámara

$$P_{hP} = 2,32 * P_{hJ} \quad 30$$

$$P_{hP} = 2,32 * 203,73 \text{ Kg/m}^2$$

$$P_{hP} = 472,65 \text{ Kg/ m}^2$$

Donde:

P_{hJ} = Presión en la cámara

P_{hP} = Presión lateral en la cámara

Cálculo de la presión vertical en la cámara

$$K = \frac{P_{hP}}{P_v} \quad 31$$

$$P_v = \frac{P_{hP}}{K}$$

$$P_v = \frac{472,65 \text{ Kg/ m}^2}{0,40}$$

$$P_v = 1181,63 \text{ Kg/ m}^2$$

Donde:

P_{hP} = Presión lateral en la cámara

K = Coeficiente de rozamiento interno

P_v = Presión vertical en la cámara

Calcular el espesor de la plancha

$$e_{pp} = \frac{0,77 * D_i * P_v}{2 * \sigma_{adm}} \quad 32$$

$$e_{pp} \geq \frac{0,77 * D_i * P_v}{2 * \sigma_{adm}}$$

$$e_{pp} \geq \frac{0,77 * 0,376m * 1181,63Kg/m^2}{2 * 1,2 \times 10^7 Kg/m^2}$$

$$e_{pp} \geq 1,4 \times 10^{-5} m$$

$$e_{pp} \geq 0,01 mm$$

Donde:

e_{pp} = Espesor de la plancha

D_i = Diámetro interior de la cámara de envejecimiento

P_v = Presión vertical en la cámara

σ_{adm} = Esfuerzo a la fluencia

La FAO expone que el espesor de la plancha puede ser 1.5 mm, por lo tanto, de acuerdo con los cálculos realizados y criterios de autores seleccionamos el espesor de la plancha de 1.5 mm

Cálculo para determinar el número de vueltas :

$$\frac{\text{superficie externa}}{\text{altura de la camara}} = \frac{A_t}{h_1}$$

$$\frac{\text{superficie externa}}{\text{altura de la camara}} = \frac{0.06413 m^2}{0.40 m}$$

$$\frac{\text{superficie externa}}{\text{altura de la camara}} = 0,1603 m$$

$$\text{Numero de vueltas} = \frac{A_t}{\pi * \phi_{\text{tubo del serpentin}} * 0.1603}$$

$$\text{Numero de vueltas} = \frac{0.06413 m^2}{\pi * 0.025m * 0.1603m}$$

$$\# \text{ de Vueltas} = \frac{0.06413 m^2}{0.0125 m^2}$$

$$\# \text{ de Vueltas} = 5,1 \cong 5$$

Cálculo para determinar la altura del tubo de los anillos de conducción.

$$T_{sa} = T_s - (T_s - T_i) e^{\left[-\frac{\bar{h} * As}{\dot{m} * Cp_{aire}} \right]} \quad 3$$

$$\frac{T_{sa} - T_s}{-(T_s - T_i)} = e^{\left[-\frac{\bar{h} * As}{\dot{m} * Cp_{aire}} \right]}$$

$$\ln \left[\frac{T_{sa} - T_s}{-(T_s - T_i)} \right] = \left[-\frac{\bar{h} * As}{\dot{m} * Cp_{aire}} \right]$$

$$As = \frac{\ln \left[\frac{T_{sa} - T_s}{-(T_s - T_i)} \right] * \dot{m} * Cp_{aire}}{\bar{h}}$$

$$As = \frac{\ln \left(\frac{55}{80} \right) * \dot{m} * Cp_{aire}}{\bar{h}}$$

$$As = \frac{\ln(0,625) * 0,0121 \frac{Kg}{s} * 1016 J/Kg}{62,65 \frac{W}{m^2} K}$$

$$As = 0,04593 m^2$$

$$As = 4(a) * L$$

$$\frac{0,04393 m^2}{4(0,05)m} = L$$

$$L = 0,3576 \approx 0,36 m$$

Donde:

T_{sa} = Temperatura a la salida del tubo de los anillos de conducción.

T_s = Temperatura en la superficie exterior del tubo de los anillos de conducción.

T_i = Temperatura en el interior de los anillos de conducción.

m = flujo másico del aire

C_p = Calor específico del aire

A_s = Área de la superficie del tubo cuadrado de los anillos de conducción.

L = Altura del tubo de los anillos de conducción.

h = Coeficiente de transferencia de calor en el interior del tubo de los anillos de conducción.

Cálculo del aislante térmico.

Para el dimensionamiento del aislante térmico se toma en cuenta la temperatura interna máxima a la que va a ser sometida la cámara y la temperatura promedio del sector. El cálculo se realiza con base al análisis de resistencias, (figura 38). Las propiedades de los materiales involucrados son:

Para la cámara de envejecimiento se toma las siguientes propiedades del acero inoxidable AISI 304 para el cálculo respectivo.

k = Conductividad en (W / m * K). = 14.9

ρ = Densidad en (Kg / m³). = 7817

El cilindro principal o chapa metálica será de plancha de acero A36, cuyas propiedades son:

k = Conductividad en (W / m * K). = 52

ρ = Densidad en (Kg / m³). = 7833

El material aislante es lana de vidrio que tiene las siguientes propiedades:

k = Conductividad en (W / m * K). = 0.038

ρ = Densidad en (Kg / m³). = 24

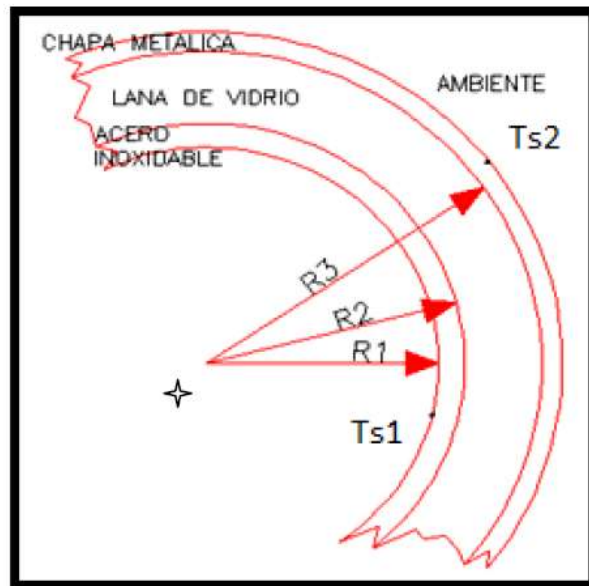


Figura 30 Esquema para el calculo de lana de Vidrio

Donde:

$$T_{s1} = 120\text{ }^{\circ}\text{C} = 393\text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$T_{s2} = 26\text{ }^{\circ}\text{C} = 299\text{ }^{\circ}\text{K}$$

$R1$ = Radio de la cámara de envejecimiento

$R2$ = Radio de la chapa de acero inoxidable

$R3$ = Radio de la lana de vidrio a ser calculado.

Cálculo de la resistencia del acero inoxidable :

$$\dot{q} = \frac{\Delta T}{R_{total}} \quad 37$$

$$R_{total} = R_{inox} + R_{lana}$$

$$R_{inox} = \frac{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}{2 * K * l * \pi}$$

$$R_{inox} = \frac{\ln\left(\frac{0.197m}{0.195m}\right)}{2 * \frac{14,9W}{m} * K * 0.89m * \pi}$$

$$R_{inox} = 1.21 \times 10^{-4} \frac{^{\circ}K}{W}$$

Donde:

R_{total} = Resistencia total

R_{inox} = Resistencia del acero inoxidable

R_{lana} = Resistencia de la lana de vidrio.

$$\dot{q} = \frac{T_{s1} - T_{s2}}{1,21 \times 10^{-4} \frac{^{\circ}K}{W} + R_{lana}} \quad 38$$

$$210,4 W = \frac{(393 - 299)^{\circ}K}{1,21 \times 10^{-4} \frac{^{\circ}K}{W} + R_{lana}}$$

$$1,21 \times 10^{-4} \frac{^{\circ}K}{W} + R_{lana} = \frac{(393 - 299)^{\circ}K}{210,4 W}$$

$$R_{lana} = \frac{94^{\circ}K}{210,4 W} - 1,21 \times 10^{-4} \frac{^{\circ}K}{W}$$

$$R_{lana} = 0,4466 \frac{^{\circ}K}{W}$$

$$\frac{R_3}{R_2} = e^{R_{lana} \times 2\pi \times l \times k}$$

$$\frac{R_3}{R_2} = e^{0,4466^{\circ}K/W(2\pi)(0,89m)(0,038 \frac{W}{m^{\circ}K})}$$

$$R_3 = 1,406 (0,21m)$$

$$R_3 = 0,29526 m \approx 0,295 m$$

Donde:

q = Velocidad de transferencia de energía (KJ/s)

Ts1 = Temperatura en el interior de la cámara

Ts2 = Temperatura ambiente

R2 = Radio de la chapa de acero inoxidable

R3 = Radio de la lana de vidrio a ser calculado.

De los datos obtenidos se considera un R3 = 0,295 m, dando un espesor de 100 mm, que será ocupado por lana de vidrio, a demás con este valor la perdida de calor al ambiente es mínima

Dimensionamiento de la tolva de alimentación

Para este caso se tiene un diámetro externo de 360 mm y un diámetro interno de 45 mm, la altura del cilindro de la tolva es de 50 mm y un ángulo de inclinación de 25°, cual es similar al ya calculado en el cono de la cámara de envejecimiento. Ver figura

39

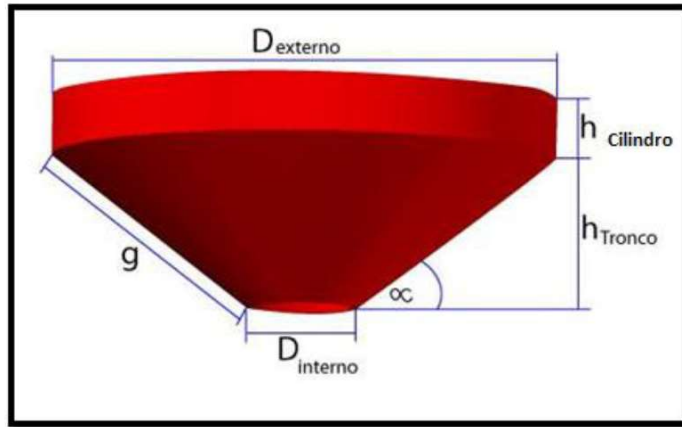


Figura 31 Tolva

Cálculo de la altura del tronco

Restamos el radio externo del radio interno para calcular la altura del tronco

$$\begin{aligned}
 h_{tronco} &= 15,75 \times \tan 25^\circ \\
 h_{tronco} &= 73,54mm \\
 h_{tronco} &= 74mm.
 \end{aligned}
 \quad 39$$

Donde:

h_{tronco} = Altura del tronco del cono

Para la altura total de la tolva se sumaría la altura del tronco y la altura del cilindro

$$\begin{aligned}
 h_{tolva} &= h_{tronco} + h_{cilindro} \quad 40 \\
 h_{tolva} &= 74mm + 50mm \\
 h_{tolva} &= 124mm = 12,40cm
 \end{aligned}$$

Donde:

h_{tolva} = Altura de la tolva

Con esto se calcula el desarrollado del cono para poder encontrar el ángulo al cual se debe cortar para realizar el rolado según el plano

$$g = h^2_{tronco} + (r_{externo} - r_{interno})^2 \quad 41$$

$$g = (74mm)^2 + (180mm - 22,5mm)^2$$

$$g = \sqrt{30282,25mm^2}$$

$$g = 174,01 mm$$

Donde:

g = es la generatriz del tronco de cono

Con la generatriz se calcula el área, perímetro y el ángulo para desarrollado del tronco del cono.

Cálculo del área del cono truncado

$$A_{cono} = \pi * g * (R + r) + \pi R^2 + \pi r^2 \quad 42$$

$$= \pi * 174,01 mm * (180mm + 22,5mm) + \pi(180mm)^2 + \pi(22,5mm)^2$$

$$A_{cono} = 214078,40 mm^2$$

Perímetro del tronco

$$P_{tronco} = 2 * \pi * r_{externo}$$

$$P_{tronco} = 2 * \pi * 180mm$$

$$P_{tronco} = 1130,97 mm$$

Perímetro del desarrollado

$$P_{des} = 2 * \pi * g \quad 44$$

$$P_{des} = 2 * \pi * 174,01 mm$$

$$P_{des} = 1093,33mm$$

Ángulo del desarrollo para la construcción de la tolva de alimentación en la plancha.

$$\alpha = \frac{P_{tronco} \times 360^\circ}{P_{des}} \quad 45$$

$$\alpha = 372,40^\circ$$

$$\alpha = 372,40^\circ - 360^\circ = 12,40^\circ$$

Cálculo de la presión que ejerce sobre la tolva :

$$P_{cono} = \frac{w_a}{A_{cono}} \quad 46$$

$$P_{cono} = \frac{m_a * gravedad}{A_{cono}}$$

$$P_{cono} = \frac{40 \text{ Kg} * 9,8 \text{ m/s}^2}{0,214 \text{ m}^2}$$

$$P_{cono} = 1831,77 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 183,17 \text{ kg/m}^2$$

Donde:

w_a = Peso total del arroz.

A_{cono} = Área del cono truncado

P_{cono} = Presión que ejerce sobre la tolva

Cálculo del espesor de la tolva

$$e_{pp} = \frac{0,77 * D_i * P_{cono}}{2 * \sigma_{adm}} \quad 47$$

$$e_{pp} \geq \frac{0,77 * 0,360 \text{ m} * 183,17 \text{ Kg/m}^2}{2 * 1,2 \times 10^7 \text{ Kg/m}^2}$$

$$e_{pp} \geq 2,11 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$e_{pp} \geq 0,002 \text{ mm}$$

De acuerdo con los cálculos realizados y criterios de autores seleccionamos el espesor de la plancha de 1.5 mm por motivo que se tiene sobrantes de la plancha ya comprados.

También, se determina la transferencia de calor que se produce y la cantidad de Gas Natural, que se necesita para cada lote de 40 Kgs, en la cantidad de Gas Natural de 0,01 Mt3, de acuerdo a datos

Calculo de la estructura

El prototipo de envejecedor de arroz debe estar soportado por medio de una estructura la misma que debe ser lo más simple y liviana posible para que no se convierta en un obstáculo cuando sea transportada.

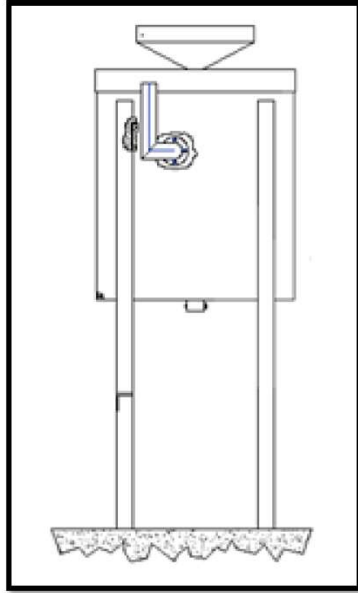


Figura 32 Estructura

La masa total del prototipo de envejecedor de arroz es la suma de la masa de los anillos de conducción, de las planchas, la lana de vidrio la cual es 132 Kg.

$$w_t = m_t * g \quad 48$$

$$w_t = 132Kg * 9.8m/s^2$$

$$w_t = 1293,6 Kg * m/s^2$$

Donde:

w_t = Peso total del envejecedor

m_t = masa total del envejecedor

g = Aceleración de la gravedad

4.4.- DETERMINACIÓN DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA Y FINANCIERA DE LA MÁQUINA DE ENVEJECIMIENTO DISEÑADA

Los principales equipos con que se utilizaran para la fabricación de la añejadora de arroz, materia de la presente tesis serán:

Máquinas y Equipos.

Roladora, de chapa hasta $\frac{1}{4}$, con accionamiento de motor eléctrico y sistema de transmisión por piñón y engranajes

Cizalla de corte, acoplada a la Roladora

Taladro eléctrico de hasta un $\frac{1}{4}$ de capacidad

Dobladora de planchas de hasta $\frac{1}{4}$ de espesor, accionada por motor eléctrico

Esmeril eléctrico, de 4 Pulgadas, con accesorios

Torno paralelo, de preferencia con control numérico programable

Soldadoras de atmosferas protegidas, Mig y Tig

Equipo de pintura base y Pintura de acabado

Herramientas y Útiles

Brocas , punzones etc.

Útiles para torneear y mecanizar en general

Escuadras y reglas de calderero

Limas y demás herramientas de desbaste

Martillos, combas etc.

Llaves de boca, de cubos, etc.

Rayadores y demás

Sierra de arco vaivén

Instrumentos de medición y verificación.

Calibrador pie de rey , sistema Ingles, sistema métrico decimal

Compás y escalímetro

Nivel tipo burbuja

Flexómetro y demás implementos

Escuadras de trabajo

Resumen de materiales y materia Prima a ser utilizados

Plancha de acero INOX 304, diversos espesores y dimensiones

Plancha de acero al carbono A36, varios espesores y dimensiones

Tubo acero INOX 304, varios diámetros y espesores

Lana de vidrio del tipo antialérgica

Perfil L y diversos

Elementos de Maquina a construir.

Chapa metálica (del cilindro principal).

Cámara de envejecimiento.

Anillos de circulación.

Calentador de aire.

Soportes.

Tolva: Plano y espacial

El ventilador centrífugo que se utilizara para impulsar el aire hacia el interior de la cámara de envejecimiento, la válvula que abre y cierra el paso del energético, mangueras y cilindros de gas son partes que se los adquiere en el mercado local de la ciudad de Chiclayo

La construcción para esta máquina básicamente incluyen procesos de corte y calderería , soldadura arco, continua y de atmosferas protegidas , torneado manual y numérico, frezado, doblado y Rolado.

En cuanto a los costos, se calcularan para introducirlos como parte de los elementos de costo, para la elaboración del flujo de caja proyectado, donde también se deben considerar los ingresos por venta de mejor calidad de arroz (Mejor precio y Mas rapidez de venta), incluyendo además los costos de energético (Gas Natural, para los calentadores y Electricidad para alimentar los motores eléctricos de los ventiladores) El análisis de costos, tiene por objeto determinar el monto de los recursos económicos – financieros necesarios para la construcción del prototipo. Se lo realiza tomando en cuenta los costos directos e indirectos.

Para determinar el Costo Total Directo de fabricación se considera los costos parciales de:

Materiales y Materia Prima

Accesorios y complementos

Costos de maquinado enviados a terceros

Costo de montaje , también puede ser tercerizado

De manera similar para determinar el costo total indirecto se considera los costos parciales de:

Materiales complementarios y accesorios

Costos de ingeniería , supervisión y asesoría

Imprevistos Generales

Para determinar el costo total de la máquina envejecedora de arroz, se suma el total de los costos directos con los costos indirectos.

Se denominan materiales directos a los materiales que se utilizan para construir los elementos que conforman la máquina. Los costos de materiales directos se presentan en la figura N° 41, para el recipiente de lotes de 40 Kgs

Material	Cantidad	Valor Unitario [usd]	Valor Total [usd]
Plancha laminado al frio 1.40mm (1/16)"	2	35,80	71,60
Plancha acero inoxidable 4x8 430-2B (e=1.5mm)	1	106,15	106,15
Angulo imp. 50mm X 4mm (2 x 3/16)"	1	22,70	22,70
Tubería acero inoxidable redonda 304 (1" x 2mm)	1	33,90	33,90
Plancha acero inoxidable 4x8 430-2B (e=1.5mm)	1/2	106,15	57,14
Tubería acero cuadrada A-36 (2" x 2mm)	1/6	12,21	12,21
Tubería acero inoxidable 304 (1" x 2mm)	1/6	5,25	5,25
Pedazo de acero inoxidable mate (100mm x100mm)	1	3,19	3,19
Lana de vidrio (Kg)	20	1	20,00
Pintura cóndor Laca (lit.)	1	14,96	14,96
Thinner cóndor Laca (lit.)	1	3,30	3,30
TOTAL			350,40

Figura 33 Costos de Materiales Directos

Costos de materiales complementarios : Los costos de materiales complementarios se muestran en la Figura N° 42 :

Material	Cantidad	Valor Unitario [usd]	Valor Total [usd]
Gas Argón	300	0.20	60.00
Lijas A-2/ 60	5	0.80	4.00
Fondo para pintura Laca (lit.)	1	21,74	21,74
Piedras /Muelas P/Pulir	3	3,04	9,12
Disco de corte 4 ½	2	1,56	3,13
Disco de desbaste 4 ½ x ¼	1	1.25	1,25
Broca 3/8	1	0,45	0,45
Broca 1/4	1	0,25	0,25
TOTAL			99,94

Figura 34 Costos de Materiales Complementarios – Recipiente de 40 Kgs

Costos de accesorios : Son aquellos que son de libre comercialización en el mercado local, y no necesitan ser variados para su uso. Los costos de los elementos directos se presentan en la Figura N° 43

Elemento	Cantidad	Valor Unitario [usd]	Valor Total [usd]
Válvula de gas vinigas	1	6,70	6,70
Cilindros de gas 15Kg	1	56,00	56,00
Venterol	1	44,64	44,64
Manguera de gas 5/16	3	0,89	2,68
Válvula esférica F.V. 1/2	1	3,50	3,50
Pernos inox 3/8 x 1 plg	4	0,15	0,60

Pernos 3/8 x 1 plg	4	0,08	0,32
Pernos inox 5/16 x 1 plg	4	0,13	0,52
TOTAL			114,96

Figura 35 Costos de Accesorios –Lote 40 Kgs

Costos de maquinado : Este costo tiene que ver con el valor respecto a la mano de obra directa empleada en las máquinas herramientas y equipos eléctricos. Estos valores se presentan en la figura N° 44

Maquinado	Descripción del trabajo	Costo de maquinado incluye mano de obra [usd/h]	Cantidad	Costo total por maquinado [usd]
Soldadura MIG	Cordón de soldadura	5	6	30,00
Soldadura TIG	Cordón de soldadura	8	5	40,00
Plasma	Numero de cortes	5	10	50
Taladrado	-	4,50	1	4,50
Cizallado	Número de cortes	1	10	10,00
Doblado	Número de dobleces	3	5	15,00
Barolado	Número de barolados	2	4	8,00
TOTAL				157,50

Figura 36 Costos de Maquinado –Recipiente 40 Kgs

Costos de montaje : Estos costos están relacionados con la mano de obra necesaria para el armado y ensamblado de cada una de las partes de la máquina. Para el montaje se considera el trabajo de cuatro personas durante un día a un costo de \$11.25 por cada trabajador, resultando un costo total de montaje de \$45.

Costo directo total : En la figura N° 45 se indica la cantidad total de costo directo.

Componente del costo	Valor [usd]
Materiales Directos	350,40
Materiales complementarios	99,94
Accesorios	114,96
Costos de Maquinado	157,50
Costos de Montaje	45,00
TOTAL	767,80

Figura 37 Costo Directo Total –Recipiente 40 Kgs

Costos de ingeniería : Corresponde al costo debido al tiempo que se ha dedicado al diseño de la máquina. Aproximadamente se emplean 160 horas laborables. Un ingeniero con conocimientos y experiencia en Diseño de Maquinaria para Alimentos debe percibir un mínimo de 5 dólares por hora. Estos valores se presentan en la figura N° 46

Ingenieros	Horas	Costo de ingeniería [usd/h]	Costo total [usd]
Quingatuña René	80	5	400
Sigcha Renato	80	5	400
TOTAL			800

Figura 38 Costos de Ingeniería

Este costo constituye el valor económico debido al conocimiento del ingeniero para diseñar y seleccionar los elementos de la máquina.

Costo total indirecto : En la figura N° 47 se indica la cantidad total del costo indirecto

Componente del costo	Valor [usd]
Transporte	50,00
Costos de Ingeniería	800
Subtotal:	850,00
TOTAL	850,00

Figura 39 Costo Indirecto Total

Costo total de la máquina: Resulta de la suma de los costos directos con los costos indirectos, esto se indica en la figura N° 48

Componente del Costo	Valor (US \$)
Costos Directos	767.80
Costos Indirectos	850.00
Sub – Total	1,617.80
10 % de Imprevistos	161,78
IGV 18 %	320.32
Total	2,099.90

Figura 40 Costo de la Maquina

Para una **capacidad de 40 Kg/ lote** y con un Precio de arroz no Añejo de S/. 2.25 / Kg y de arroz Añejo de S/. 3.00 kg, tendremos los siguientes supuestos, para elaborar el presupuesto de Ingresos y Gastos y el correspondiente análisis de flujo de caja, para la determinación de los indicadores económicos – financieros VAN-TIR :

Cantidad Procesada por Lote / Dia : 40 Kgs

Cantidad Procesada por Mes : 1,200 Kgs

Ingreso Marginal Mensual por Añejado : 900 , al tipo de cambio de 1 US \$ 4.15 , US \$ 216.87 , que nos determina un ingreso Marginal anual por equipo Añejador de US \$ 2,602.44

Gastos de Mantenimiento anual: 5 % de US \$ 2,099.99, igual a : US \$ 105.00

Gastos de Gas Natural, Mensuales de US \$ 60 , es decir gastos anuales de US \$ 720

También debemos de considerar un gasto de Gas Natural marginal de

Nos determina el siguiente flujo de Caja:

ESTADO DE PERDIDAS Y GANANCIAS PERIODO 2022 - 2026						
AÑO	0	1	2	3	4	5
INGRESOS	0,00	2.602,44	2.602,44	2.602,44	2.602,44	2.602,44
EGRESOS	2.099,90	825,00	825,00	825,00	825,00	825,00
UTILIDAD	-2.099,90	1.777,44	1.777,44	1.777,44	1.777,44	1.777,44
VALOR ACTUAL NETO		4.216,36				

Es decir, nos determina ratios financieros muy positivos, con un valor actual neto, mayor de cero y una tasa interna de retorno mayor del costo del Capital

V.- CONCLUSIONES

Según «los estudios de campos realizados, se ha podido determinar que, el pequeño agricultor en la mayoría de los casos obtiene una utilidad muy baja por la venta de su producto. Siendo esta una de las causas por el cual el agricultor ha perdido el interés por cultivar sus productos.

El objetivo principal del proyecto se ha cumplido, se ha diseñado y concebido un envejecedor de arroz, cumpliendo con los parámetros funcionales y los requerimientos planteados al inicio.

El prototipo construido es de fácil traslado, mantenimiento y desmontaje. Para su operación no es necesario tener personal calificado, puede realizar cualquier persona. El diseño de la máquina permite se sea operado por una sola persona. Con el diseño y construcción del presente trabajo se ha logrado satisfacer los requerimientos del pequeño y mediano agricultor del sector arrocero.

Para obtener una buena calidad del arroz hay que tomar en cuenta el tiempo y la temperatura del proceso que se muestra en la curva de envejecimiento respectiva Para realizar el envejecimiento el arroz debe estar previamente pilado sin cáscara y en lo posible libre de impurezas.

VI.- RECOMENDACIONES

Se recomienda antes de usar el equipo, revisar que no haya fugas en las mangueras y tuberías de gas, que todas las conexiones estén debidamente conectadas.

Se recomienda que la máquina se encuentre en un lugar abierto, para evitar la contaminación por la combustión del CO₂. Para obtener una mejor calidad del arroz, la humedad inicial debe estar entre 16% y el 14%.

Se sugiere dar un mayor interés por parte de las universidades a los proyectos orientados hacia la agroindustria que faciliten y mejoren la producción agrícola.

Para el recubrimiento exterior se debe utilizar pintura resistente al calor, además todos los elementos en contacto con el producto deben de ser de acero inoxidable.

Para la operación de la máquina cuando el operario manipule combustible gaseoso debe tener en cuenta la seguridad industrial, las medidas de prevención y control.

VI.- REFERENCIAS BIBLOGRAFICAS

- 1.- Bejar, P. (2017). *La Responsabilidad Social en las empresas de agro exportacion* . Lima: REVERTE.
- 2.- BETANCOURT, D. (2015). *METODO DELPHI*. Obtenido de [tps://ingenioempresa.com/metodo-delphi/](https://ingenioempresa.com/metodo-delphi/)
- 3.- Bihalva, N. (2019). *Tratamentos alternativos na conservacao da qualidade de sementes de arroz organcio durante o armazenamento*. SAO PAULO: CANPINAS .
- 4.- Bobbio, P. (2018). *Quinica do processamento de alimentos* . Sao Paulo: Varela.
- 5.- Castro, M. (2017). Guia Metodologica para el analisis de cadenas productivas . *Centro Internacional de Cooperacion para el desarrollo Agricola* , 10 - 13 .
- 6.- Cengel, Y. (2015). *Termodinamica*. Mexico: McGraw Hill.
- 7.- Cengel, Y. (2015). *Termodinamica* . Mexico: Willey.
- 8.- Chero. (2015). *Metodologia de la investigacion aplicado a proyectos agroindustriales de exportacion*. Lima: UNALM.
- 9.- Costa, C. (2018). *Efeitos do armazenamento em parametros de avaliacao de qualidade de fraos de quatro genotipos de arroz* . SAO PABLO : CAMPINAS.
- 10.- D, T. (2017). *Optimizacion tecnologica de la agroexportacion Peruana* . Santiago: WILLEY.
- 11.- Faruq, G. (2015). Effects of ageing on selected cooking quqlity parameters of rice. *International Journal of food properties*, 922 - 933.
- 12.- Faruq, G. (2018). Effects of ageing on selected cooking quqlity Parameters of rice . *International Journal of food properties* , 922 - 933.
- 13.- Gonzales, G. (2020). *Justificación de la investigación*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/justificacion-de-investigacion/>

- 14.- Holman, A. (2019). *Trasnsferencia de Calor* . Mexico: CONTINENTAL .
- 15.- Holman, P. (2019). *Transferencia de Calor*. Mexico: CONTINENTAL .
- 16.- Holman, R. (2019). *Transferencia de Calor* . Mexico: MIR.
- 17.- Induhorst Cia Ltda. (2016). Manual de manejo de envejecedora de arroz .
Mephist, Guayaquil.
- 18.- Jones, K. (2017). *Quimica moderna de los cereales* . Santiago: AGUILAR.
- 19.- Kaminski, T. (2017). *Influencia das condicoes de armazenamento no envelhecimento de arroz* . RIO JANEIRO: San Maria.
- 20.- Lezcano, E. (2019). *La Etica en las investigaciones del Colegio de Ingenieros* .
Lima: CIPPERU.
- 21.- Marques, J. (2015). *Principios de psicometria del Arroz*. MEXICO: FAO.
- 22.- Marques, J. (2016). *Principios de secado de granos psicometria higroscopia*.
BOGOTA: FAO.
- 23.- Marques, j. (2017). *Principios de Secado de granos psicrometria Higroscopia* .
BOGOTA: FAO.
- 24.- Marquez, J. (2017). *Principio de Secado de Granos Psicometria Higroscopia* .
Mexico: FAO.
- 25.- Menezes, N. (2017). *Temperaturas de secagem na integridad fisica, quqlidade fisiologica e composicoon quimica de sementes de arroz* . Sao Paulo: Tropical.
- 26.- Monteiro, D. (3017). Envelhecimento acelerado e occorencia de fungos para
avaliaco do potencial fisiologico de sementes de arroz . *Revista de Ciencias Agrarias* , 94 - 104.
- 27.- Morikata, S. (2016). *Studies on cereals The effects of sulfhydryle groups on storage deterioration of milled rice* . TOKIO: ELVO.
- 28.- Niño, P. (2016). *Vialidad Economica financiera de Proyectos de agro exportacion* .
Bogota: LIMUSA.
- 29.- SAMPIERI HERNANDEZ, R. (2010). *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION*.
Mexico.

- 30.- Santos. (2017). *EL Medio ambiente, como objetivo de la Investigacion*. Quito: REVERTE.
- 31.- Schiavon, R. (2016). *Efeitos do resfriamento artificial no armazenamento sobre os parametros de avaliaco de qualidades industrial de graos de aroros*. Sao Paulo: FEDERAL.
- 32.- Sodhi, N. (2017). Changes in physicochemical thermal , cooking and textutal properties of rice during aging . *Journal of food Processing and Preservation* , 387 - 400.
- 33.- Solano, P. (2017). *Fuentes y tratamientos de datos en Agroexportacion* . Lima: UNALM.
- 34.- Yanus, C. (2015). *Transferencia de calor y Masa* . Mexico: UNAM.
- 35.- Ziegler, V. (2017). *Efeitos da temperatura de armazenamento de graos de arroz integral de pericarpo pardo , preto e vermelho* . Brasilia : Braziliam Journal of food Technology.



ACTA DE SUSTENTACION VIRTUAL N°021-2022-FIME



En la ciudad de Lambayeque, siendo las 11:00 a.m. del día viernes 11 de marzo de 2022. Se reunieron vía plataforma virtual <http://meet.google.com/qeu-tmfq-bjf>. los miembros del jurado, designados mediante Resolución N°070-2022-D-VIRTUAL-FIME, de fecha 04 de marzo de 2022, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la tesis, conformado por los siguientes catedráticos:

M.Sc. Ing. OSCAR MÉNDEZ CRUZ
ING. HÉCTOR ANTONIO OLIDEN NÚÑEZ
ING. ROBINSON TAPIA ASENJO
Dr. Ing. ANIBAL JESÚS SALAZAR MENDOZA

PRESIDENTE
SECRETARIO
MIEMBRO
ASESOR

Se recibió la tesis titulada:

“DISEÑO DE UNA PLANTA DE AÑEJAMIENTO DE ARROZ PARA MOLINO LATINO SAC”

Presentada y sustentada por su autor, Bachiller: **BARTUREN BACA SEGUNDO RAPHAEL.**

Finalizada la sustentación virtual de la Tesis, el sustentante respondió las preguntas y observaciones de los miembros del jurado examinador, quienes procedieron a deliberar y acordaron otorgar el calificativo de **APROBADO**, Nota (16) en la escala vigesimal, mención **BUENO**.

Quedando el sustentante apto para obtener el Título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, de acuerdo a la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 11:55 a.m. del mismo día se da por concluido el acto académico, firmando la presente acta el jurado respectivo:


M.Sc. Ing. OSCAR MÉNDEZ CRUZ
PRESIDENTE


ING. ROBINSON TAPIA ASENJO
MIEMBRO


ING. HÉCTOR ANTONIO OLIDEN NÚÑEZ
SECRETARIO


Dr. Ing. ANIBAL JESÚS SALAZAR MENDOZA
ASESOR



ANEXO 01

CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, Aníbal Jesús Salazar Mendoza, Docente / Jefe de Investigación , del estudiante, Br. Barturen Baca Segundo Raphel , con su trabajo de investigación Titulada **DISEÑO DE UNA PLANTA DE AÑEJAMIENTO DE ARROZ PARA MOLINO LATINO SAC**, luego de la revisión exhaustiva del documento constato que la misma tiene un índice de similitud del 14 % verificable en el reporte de similitud del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Lambayeque, 27 de Marzo del 2022



.....
ANÍBAL JESÚS SALAZAR MENDOZA
DNI: 16720249
JEFE INVESTIGACION

Se adjunta:

TESIS 2

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

docplayer.es

Fuente de Internet

6%

2

documentop.com

Fuente de Internet

4%

3

dspace.ups.edu.ec

Fuente de Internet

3%

4

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 40 words

Excluir bibliografía

Activo

Resumen del Reporte (Con porcentaje y parámetros de configuración)

Recibo digital.

turnitin
Digital Receipt

This receipt acknowledges that Turnitin received your paper. Below you will find the receipt information regarding your submission.

The first page of your submission is displayed below.

Submission author:	Barturen Baca
Assignment title:	TESIS
Submission title:	TESIS 2
File name:	TURNITIN_TESIS_BARTUREN_BACA_191021.docx
File size:	26.74M
Page count:	79
Word count:	13,794
Character count:	99,515
Submission date:	18-Oct-2021 04:47PM (UTC-0500)
Submission ID:	1677489112

1. Introduction

La presente es un informe de investigación sobre el uso de la tecnología en la educación. El objetivo principal es analizar el impacto de las herramientas digitales en el aprendizaje de los estudiantes. Se explorarán diferentes aspectos como la accesibilidad, la interactividad y la personalización de la enseñanza. El informe está estructurado en tres partes principales: una introducción, un desarrollo de los temas y una conclusión final. En la introducción se define el alcance del estudio y se presentan los objetivos de la investigación. El desarrollo aborda los desafíos y oportunidades que ofrece la tecnología en el aula, respaldado por datos y ejemplos concretos. Finalmente, la conclusión sintetiza los hallazgos más relevantes y propone estrategias para optimizar el uso de la tecnología en entornos educativos.



ANÍBAL JESÚS SALAZAR MENDOZA
DNI: 16720249
JEFE UNIDAD DE INVESTIGACION