



CERTIFICACIÓN

Loja, 19 de Octubre del 2005

En el presente certifico que el Sr. César Augusto Yaguache Ordóñez, egresado de la carrera de Ingeniería Electromecánica desarrolló el trabajo de investigación sobre el tema “Diseño de Maquinaria para la Obtención de Almidón de Achira”, la misma que ha sido revisada en forma apropiada cumpliendo con las normas generales para la graduación en la Universidad Nacional de Loja, para lo cual autorizo su presentación.

FIRMA.....

Ing. Armando Salgado

DIRECTOR DE TESIS



DECLARACIÓN DE AUDITORIA

Yo, César Augusto Yaguache Ordóñez, autor intelectual de este trabajo, certifico su propiedad a favor de la Universidad Nacional de Loja, Área de la Energía las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables, la cual podrá hacer uso del mismo en la finalidad que estime conveniente.

Autor

FIRMA.....

César Augusto Yaguache Ordóñez



AGRADECIMIENTO

Después de haber culminado este trabajo de investigación, tengo que agradecer de manera especial, a mi director de tesis el Ing. Armando Salgado por su colaboración cuando lo requerí, a mi hermano Robert Yaguache que con su experiencia y visión de las cosas me ayudo a enfocar de manera objetiva la investigación, al resto de mis hermanos por su apoyo a aliento a salir adelante cuando estuve pasando la etapa más dura de mi vida. Pero sobre todo agradezco a mis padres Ángel Yaguache y Rosa Ordóñez que desde el cielo me cuidan y me guían para seguir adelante y dejarme derrotar y así superarme cada día más.



DEDICATORIA

Este trabajo dedico a mis padres Ángel Yaguache y Rosa Ordóñez, de manera más enfática a mi madre porque todo logro de mi vida es por ella y para ella.

A mis hermanas Dora María, Mabel Yaguache, Rocío Yaguache, Miriam Yaguache, María Luisa Yaguache, a mis hermanos Robert Yaguache, Ángel Yaguache, Luis Yaguache, quienes siempre me han apoyado de manera incondicional, a mi fuente de inspiración mis sobrinos David y Cristina, y toda mi familia que son personas con los que siempre puedo contar.



I. RESUMEN

En esta investigación se ha realizado diseños de máquinas que serían de gran utilidad para los productores de almidón, ya que abarca las condiciones que se presentan durante el proceso de extracción del mismo.

Se tuvo que analizar de manera minuciosa el proceso manual que los productos realizaban. La revisión bibliográfica realizada en el medio se pudo abarcar de manera satisfactoria el diseño de las maquinas propuestas y del secador solar. Para el diseño del rallo se hizo un análisis para el rompimiento de la fibra del tubérculo, con esto se pudo calcular la potencia necesaria para un optimo rendimiento, y en base a esto se calculo los elementos de transmisión, estructura, etc. En cuanto al tamiz también se calculó en base a la necesidad primordial y su transmisión fue calcula en función de la potencia obtenida. El secador solar se calculo el área de captación en base a una cantidad determinada de almidón con sus requerimientos respectivos. Se adicionan planos de las máquinas.



II. Summary

This research has been realized to machines designs that would be of great utility for starch producers, it includes the conditions during the process of extraction.

It had to analyze of meticulous way the process manual that the products realised. The bibliographical revision realised included of satisfactory way the design to propose machines and the solar dryer. The rallo design had an analysis for fiber tubercle breaking, it was posible to calculate the necessary power for optimum yield, and on this basis, it calculates the transmission elements, structures, etc. As far as the sieve, it was calculated on the basis of the fundamental necessity and its transmission was calculated based on the obtained power. The solar dryer calculation the area of pick up on the basis of a guaranteed amount of starch with its respective requirements. Planes of the machines are added.



INDICE

Resumen	I
Summary	II
Indice	III
2. Introducción	1
3. Revisión Literaria	6
3.1. Generalidades.	6
3.1.1. Conceptos fundamentales y finalidades del rallado, tamizado y secado solar.	6
3.1.1.1. El rallado	6
3.1.1.2. Tipos de rallado.	6
3.1.1.3. El tamizado.	7
3.1.1.4. Tamizado manual	7
3.1.1.5. Tamizado mecánico	7
Tipos de tamices.	8
3.1.1.6. Secado	10
Tipos de secado.	10
3.2. Impacto ambiental.	12
3.2.1. Contaminación por ruido	12
3.3. Impacto Social	12
4. Materiales y métodos.	13
4.1. Materiales	13
4.2. Métodos.	13
4.2.1. Para el objetivo específico 1.	13
4.2.1.1. Revisión de información secundaria.	13
4.2.1.2. Ensayos para determinación de datos básicos para el diseño.	14
4.2.1.3. Cálculos teóricos	15
- Del rallo.	15
Determinación de la potencia requerida.	15
Presión unitaria.	16



Fuerza tota	16
Torque	16
Velocidad angular	17
Potencia del motor	17
Determinación de la transmisión	17
Relación de transmisión	17
Coeficiente	18
Selección de la correa	18
Selección de la polea conductora	19
Diámetro de la polea conducida	19
Distancia entre ejes	19
Longitud primitiva de la correa	20
Distancia entre ejes corregida	20
Determinación del arco de contacto	20
Número de correas	21
Esfuerzo de tracción	21
Verificación de los ciclos de flexión	22
Fuerza ejercida en lo ejes	23
Eje principal	23
Momento torsor	23
Esfuerzo tangencial	23
Diámetro mínimo del árbol.	24
Momento flector	24
Peso del cilindro	24
Momento equivalente	25
Diámetro del eje	25
Cálculo de los rodamientos	26
Cálculo chavetas	27
Diseño del cilindro	29
Soldadura del cilindro	29
Diseño de la estructura	29
Área transversal del perfil angular	30
Primer cateo de soldadura	30



Análisis de estabilidad	31
- Del tamiz	31
Determinación de la potencia del motor del tamiz	31
Momento de inercia de un cilindro	32
Masa del sistema	32
Potencia requerida	32
Análisis de fuerzas que actúan sobre el eje	32
Transmisión por engranajes	33
Cálculo de engranajes	34
Tensión en el diente	34
Presión de rodadura y duración	34
Datos constructivos del piñón y el engranaje	35
Diseño del cilindro del tamiz	36
Estructura del cilindro del tamiz	36
Secador solar	36
Contenido de agua a remover del almidón	37
Energía calórica requerida	37
Cálculo del área del colector	38
Radiación solar	38
Relación peso-volumen	39
4.2.1.2. Aproximación de costos	40
4.2.1.3. Mano de obra	41
4.2.2. Para objetivo específico 2	41
4.2.3. Para objetivo específico 3	41
5. Resultados y discusión	42
5.1. Resultados de los ensayos	42
5.1.1. Determinación de la fuerza de rompimiento y área rallada	42
5.1.2. Determinación de la humedad inicial	43
5.2. Resultados del Rallo	43
5.3. Resultados tamiz	53
5.4. Resultados secador solar	63
5.5. Aproximación económica	66
5.6. Resultados objetivo específico 2	69



5.7. Análisis técnico-económico	70
6. Discusión	72
7. Conclusiones	74
8. Recomendaciones	75
9. Bibliografía	76
10. Anexos	



2. INTRODUCCIÓN

La achira *-canna edulis-*, tiene su origen en Los Andes Sudamericanos. Los países que actualmente la cultivan son; Colombia, Perú, Ecuador, Bolivia, Venezuela, Argentina, Brasil, Australia y países asiáticos como Vietnam que actualmente es el país con mayor producción a nivel mundial con una área cultivada de 40.000 ha, con una producción anual de 136.000 toneladas de almidón (Revista, La Molina), el cual es utilizado para la fabricación de fideo transparente.

El cultivo de la achira en el Ecuador es una actividad que se la realiza en forma artesanal, esta actividad agrícola se la realiza principalmente en las provincias de la sierra del sur. Este cultivo aun no se difunde ampliamente pese a la gran demanda que existe por sus derivados.

De sus rizomas o tubérculos se obtiene la harina “almidón” con la que se preparan galletas, panecillos y dulces, pues contiene 4% de azúcar. Del almidón se prepara un budín que se usa como alimento para bebés y personas convalecientes. El rizoma para cataplasma, emolientes y decocciones diuréticas.

El objetivo del proceso es la separación o extracción del almidón presente en el tejido celular de los rizomas de la achira; para esto se realizan una serie de operaciones unitarias. El lograr que este proceso se industrialice sería de gran utilidad para los productores, logrando aumentar la producción con menos costos, esto tendría un impacto directo a la economía de los productores.

Además con esto se rescataría una producción de achira, producto que se está perdiendo justamente por el elevado costo que tiene la producción del almidón. El valor nutritivo que contiene el almidón es muy elevado y beneficioso para los seres humanos.

A continuación vamos a detallar las fases de proceso de obtención del almidón:

Lavado de los Rizomas. El proceso de obtención del almidón se inicia con el lavado de los rizomas (mediante un agitado fuerte para removerles las impurezas que se incrustan



en sus intersticios), el cual se realiza en tanques o en recipientes de diferente tamaño, dependiendo de la escala del proceso.

De acuerdo con encuestas realizadas por CORPOICA, en Colombia sectores productores como Cundinamarca y Huila, existe un consumo promedio de 2,11 litros de agua por kilogramo de rizomas.

Rallado. Para liberar el almidón presente en las células que conforman el rizoma, es necesario romperlas, esto se logra mediante la operación de rallado o licuado, donde la fibra se corta rompiendo las paredes celulares.

La alternativa de rallado manual se hace con rallos metálicos, siendo una operación tediosa (una persona ralla alrededor de 6,5 kg/h), poco segura (las personas se hieren las manos con las púas del rallo) y de bajo rendimiento, las paredes celulares no se rompen totalmente y resultan trozos grandes sin rallar.

Tamizado. Después de pasar los rizomas por el rallo la masa es recogida en un recipiente, para continuar con la operación de tamizado, donde llega con las siguientes características.

- La masa está constituida principalmente por material vegetal macerado, fibra, raicillas y por el almidón disperso.
- De acuerdo con la calidad de la limpieza durante el lavado del rizoma puede presentar impurezas como arcillas, lodos y arena de diferentes tamaños de partículas.
- Después de permanecer un tiempo en el recipiente, la masa presenta un color más oscuro en su superficie que en el interior de la misma, es decir, esta masa a medida que pasa el tiempo se oscurece cada vez más hasta volverse de color café y en ocasiones casi negro.
- Esta pigmentación es bastante fuerte, y al contacto con otras superficies como ropa, plástico e incluso la piel, produce una mancha muy difícil de eliminar. Cuando esta pigmentación se presenta en el almidón comercial, éste es rechazado o castigado significativamente en su precio.



Para la operación de tamizado tradicionalmente se utiliza un marco de madera, con una malla de tela fina y resistente (muselina u otra de características similares) soportada por una malla de fique, anejo plástico o metálico. Este tamiz plano se coloca sobre artesas o bateas de madera, canecas metálicas o plásticas o de tanques en cemento, en los cuales se recibe el agua con el almidón en suspensión o “lechada”. Sobre la malla se echa la masa del rallado, la cual se oprime contra el tamiz y estruja con las manos, mientras se va adicionando agua (cerca de 4 l/kg rizoma rallado), con esto se logra retener en la parte superior el afrecho y se cuela el almidón que generalmente va acompañado de impurezas de igual o menor tamaño.

Lavado. El principal objetivo de esta operación es obtener un almidón de buena calidad, desde el punto de vista de presentación, libre de residuos, impurezas o pardeamiento. El lavado del almidón consiste básicamente en operaciones sucesivas de adición de agua, decantación del almidón y evacuación del agua.

De la operación de lavado se retira un sobrenadante de color marrón conocido como “mancha” o “mogolla”, el cual debe ser eliminado pues afecta la calidad del almidón y su precio en el mercado.

La operación del lavado del almidón en todos los sitios se realiza en forma similar. Al día siguiente del tamizado de la masa, el agua de cada recipiente es vertida y se procede a retirar la mogolla, y a iniciar el primer lavado con agua limpia. Por la compactación que presenta el almidón es necesario romper antes el bloque formado en la batea o desmoronarlo, labor que se hace con azadones, picas o palas. Después, se deja sedimentar el almidón durante una hora, aproximadamente, antes de agregarle agua nuevamente y continuar con el siguiente lavado. Esta operación se repite entre 6 y 7 veces hasta obtener un producto limpio y el agua quede “casi transparente”.

Secado. Después del lavado se realiza la operación de secado, para eliminar parte de la humedad del almidón. El secado del almidón de achira generalmente se realiza a libre exposición, con los rayos del sol, extendiéndolo en patios, paseras o sobre plásticos.



El secado dura de 3 a 4 días y mientras más alta la temperatura y más seco el aire, menor será el tiempo requerido para el secado. El almidón normalmente se comercializa con una humedad del 15% al 17%, sin embargo por deficiencias en los sistemas de secado, se está comercializando con contenidos de humedad comprendidos entre 20% y 25%.

La situación actual los costos de producción en forma artesanal son altos, debido a que se debe emplear mucha mano de obra, además que es bastante ineficiente, lo que origina un bajo rendimiento y pérdidas de almidón muy altas.

Se pretende mejorar el proceso de extracción de almidón de achira diseñando maquinaria con el fin de incrementar su producción, Realizar los diseños de rallo, tamiz y secador solar de acuerdo a los requerimientos de proceso y debido a que son las fases donde existe mayor ineficiencia se puede mejorar el mismo.

Difundir la propuesta tecnológica desarrollada en la investigación entre los productores del almidón será un objetivo de la investigación ya que ellos son las personas directamente implicadas, esto con la finalidad, darle una visión de crecimiento tanto personal como familiar.

Esperamos que los diseños de la maquinaria y el secador solar optimicen el proceso de extracción de almidón en la medida que se reduzcan los costos de producción,

Con la presente investigación se busca dar apertura al desarrollo de las empresas agroindustriales del país. El tubérculo que se utiliza para la extracción del almidón se desarrolla en una gran variedad de altitudes razón por la cual su producción no presenta demasiados inconvenientes. Este producto se lo cultiva especialmente en las partes andinas de nuestro país que es en donde se puede obtener los conocimientos empíricos empleados para su extracción.

En tiempos pasados el proceso de extracción del almidón se lo realizaba en forma manual porque se lo usaba para consumo personal, pero en la actualidad el descubrimiento de sus múltiples aplicaciones y beneficios como en el sector alimenticio



(coladas, bizcochuelos, etc.), farmacéutico, entre otros, a dado como resultado una imperiosa necesidad de emprender en su industrialización para así favorecernos de sus beneficios y por ende generar recursos y fuentes de trabajo.

La investigación se la llevará a cabo con absoluta normalidad ya que la disponibilidad de los recursos para la misma es favorable, además de aportar al conocimiento y aceptación de la carrera de Ing. Electromecánica en el desarrollo tecnológico de microempresas agroindustriales de la provincia de Loja, considerando que la bibliografía existente en el medio abarca lo suficientemente bien para el desarrollo de la misma.

El propósito de la investigación es estudiar y mejorar la manera de producir almidón, desarrollando una propuesta tecnológica que sea eficiente y económicamente viable para la futura adquisición entre los productores.

La importancia que existe es el de investigar el campo de un requerimiento existente se presenta entre los agricultores y productores de almidón de achira, ya que es para mejorar su producción.

Su aplicación será directamente para los productores de almidón, en este caso se escogió el almidón de achira pero se puede aplicar para otros tipos de almidón ya que es el mismo proceso.



3. REVISIÓN LITERARIA

3.1. Generalidades

3.1.1. Conceptos fundamentales y finalidades del rallado, tamizado y secado solar

3.1.1.1. El rallado

Es la acción de liberar el almidón de la raíz empleando un método cualquiera. En el proceso de rallado se liberan gránulos contenidos en las células de la raíz. La eficiencia de esta operación determina en gran parte el rendimiento total del almidón en el proceso de extracción (Alarcón, 1989. y Dufour, n.d.). La eficiencia de esta acción recibe el nombre de efecto rallador que fue calculada por Alarcón (1989) mediante la siguiente ecuación:

$$ER = \left\{ 1 - \frac{A_A * F_R}{A_R * F_A} \right\} * 100$$

Donde A_A almidón recuperado en el afrecho (%).

F_R fibra cruda en las raíces frescas (%).

A_R almidón en las raíces frescas (%).

F_A fibra cruda en el afrecho (%).

3.1.1.2. Tipos de rallado

De acuerdo a CORPOICA (2003) el rallado puede realizarse manualmente o mediante rallos mecánicos. A pesar de que el licuado representa una alternativa muy eficiente para romper la fibra, esta práctica industrial no es utilizada, por la baja capacidad de producción que se alcanzaría con estos implementos.

La primera alternativa de rallado manual se la que hace con rallos metálicos, siendo una operación tediosa (una persona ralla alrededor de 6,5 kg/h), poco segura (las personas se hieren las manos con las púas del rallo) y de bajo rendimiento, en la que las paredes



celulares no se rompen totalmente y resultan trozos grandes sin rallar. La segunda alternativa de rallado manual desarrollada por los productores es en la que, los rizomas se pasan por una estructura cilíndrica accionada por manivela, compuesta por un tambor recubierto de una lámina metálica perforada y una estructura de salida de la masa rallada.

En el rallado mecánico se pasan los rizomas por una máquina, accionada por un motor y compuesta por una tolva de alimentación, un rodillo o tambor de una lámina metálica con una gran cantidad de púas sobresalientes, una tabla reguladora de alimentación o pechero, unas bases donde reposan los anteriores elementos y un orificio de descarga de los rizomas rallados.

Los tipos de rallado la operación de rallado o licuado, donde la fibra se corta rompiendo las paredes celulares. En Colombia en centro de investigación Agraria CORPOICA ya ha venido algunos años antes investigando y desarrollando una propuesta tecnológica para los productores de almidón de ese país.

3.1.1.3. El tamizado

El tamizado o colado es el proceso de separación del almidón del afrecho o tubérculo rallado, este proceso se lo puede realizar de diferentes maneras entre las cuales tenemos; de forma manual o de forma mecánica continua o por tandas (Caicedo, 1997).

3.1.1.4. Tamizado manual

Conforme a las investigaciones por CORPOICA (2003) el tamizado manual se lo realiza en una estructura de madera y sobre esta se encuentra una tela, sobre esta tela se pone el afrecho y se lava con mucha agua, se recibe la lechada en el recipiente que se instala debajo de la estructura.

3.1.1.5. Tamizado mecánico

El tamizado mecánico tanto continuo o por etapas se lo realiza por medio de un accionamiento mecánico. A continuación se describen algunos modelos de tamices: CORPOICA (2003).



- Tipos de tamices mecánicos

Tamiz Continuo por Tornillo: A un eje hueco se le adaptan unas aletas que forman un desarrollo de tornillo, las cuales hacen el trabajo de mezclar y arrastrar el material dentro de una canal que tiene la tela del tamiz soportada en una malla con agujeros más grandes. El tamizado se realiza en presencia de agua, suministrada a través de agujeros dispuestos a través del eje.

Este tamiz presenta como ventajas el control del consumo de agua y del tiempo de residencia del material dentro del tamiz, manipulando la velocidad de rotación del eje. Como desventajas se tienen su alto costo de fabricación y de mantenimiento, taponamiento del espacio que queda entre la punta de las aletas y la tela de tamizado, evitando el libre paso de los gránulos de almidón debido a que no hay movimiento de la masa en dicho espacio.

Tamiz Giratorio Cónico Continuo: El tamiz básicamente consiste en una estructura metálica de tubos que dan la forma de cono circular truncado en cuyo interior va una malla de gallinero con agujeros de una pulgada de diámetro que soporta la tela de tamizado. El eje de simetría del cono se encuentra a la misma altura de la base en toda su longitud. La masa entra por la parte más angosta del cono (que gira a determinadas revoluciones), y por la acción de la pendiente del cono, el material va avanzando hasta salir por la parte de mayor diámetro.

Este tamiz presenta como ventajas la carga y descarga continua del material, el control del suministro de agua, no lleva eje central por tanto su construcción es relativamente fácil, su costo es bajo y la tela no va a presentar taponamientos de ninguna clase por el movimiento mismo del tamiz y por la acción limpiadora que el agua hace sobre el mismo. La mayor desventaja radica en la formación de un rollo de masa que tiende a retener el almidón.

Tamiz Giratorio Cuadrado Continuo: Este tamiz tiene un desarrollo de pirámide tetragonal truncada, tiene una estructura similar al anterior, cubierto interiormente con



una malla de gallinero que soporta la tela del tamiz. Puede propiciar la formación de un rollo de masa, pero debido a que el tamiz es cuadrado, este rollo es llevado hasta cierta altura (dada por el desarrollo de la pirámide tetragonal) y luego lo deja caer ocasionando un golpe a la masa que hace que el almidón retenido sea arrastrado por el agua contenida en dicho rollo.

Tamiz Giratorio Hexagonal: Es similar al anterior, simplemente que este tiene 6 caras en vez de 4. En este tamiz la intensidad del golpe puede disminuir debido al ángulo formado entre las caras del hexágono, pero la frecuencia del mismo aumenta, de esta manera se compensan estos dos factores.

Tamiz Cilíndrico Continuo: Consiste en un cilindro de cerca de 1 m de diámetro por 1,2 m de longitud, formado por una lámina de aluminio perforada con orificios de cerca de 1 cm de diámetro. Dentro de esa lámina se coloca la tela que realiza el colado del almidón.

La masa rallada se carga mediante cucharas de posición para cargar y plegables en operación. El tamiz gira a unas 20 r/min y la masa rallada se desplaza adherida sobre las paredes del tamiz y cuando pierde su centro de gravedad cae sobre unas paletas internas que rompen el rollo de masa y al golpearla desprenden el almidón del afrecho. En estos tamices se requieren cerca de 6 h-h/t de rizomas.

Tamices Vibratorios: Están compuestos por una serie de tamices inclinados de manera que facilitan el descenso del material, cuenta con un mecanismo biela - manivela que permite el avance de la fibra sobre el tamiz al mismo tiempo que se irriga agua mediante la utilización de aspersores en la parte superior de cada tamiz, el almidón y el agua son desalojados usando una bandeja y un canal en cada paso.

Tamices Vibratorios con Recolectado: Consta de un juego de tamices inclinados sobrepuestos en forma vertical, e número de tamiz aumenta de arriba hacia abajo para asegurar la extracción en forma limpia y nítida del almidón. El avance de la fibra sobre



el tamiz se realiza gracias al accionamiento de un mecanismo biela - manivela, la extracción se realiza mediante la irrigación de agua sobre la fibra.

3.1.1.6. Secado

De acuerdo con Morales (n.d.) y CORPOICA (2003) la operación de secado es la que permite eliminar parte de la humedad del almidón. El secado del almidón de achira generalmente se realiza a libre exposición, con los rayos del sol, extendiéndolo en patios, paseras de café o sobre plásticos.

Sin embargo, el secado en patios o sitios sin aislar no es recomendable pues el almidón se contamina por el pisoteo de los animales, las partículas de polvo del ambiente y la suciedad de los mismos patios, deteriorando la calidad del almidón y la calidad organoléptica y microbiológica del bizcocho posteriormente fabricado.

El secado dura de 3 a 4 días y mientras más alta la temperatura y más seco el aire, menor será el tiempo requerido para el secado. El almidón normalmente se comercializa con una humedad del 15% al 17%, sin embargo por deficiencias en los sistemas de secado, se está comercializando con contenidos de humedad comprendidos entre 20% y 25%.

- Tipos de sacado

CORPOICA. (2003) investigó los métodos de secado del almidón que aplicaban los productores de almidón en Colombia, entre los más usuales tenemos los siguientes.

Secado en terrazas: El secado en terrazas es un procedimiento de secado natural, empleado tela, en el cual el producto se esparce sobre un piso de concreto o de albañilería, o incluso de tierra apisonada, en una capa, generalmente de menos de 10 cm de espesor. En este caso, el intercambio de energía y de humedad, entre el aire y el producto, queda limitado casi exclusivamente a la superficie de la capa de producto, por lo que es necesario revolver el almidón periódicamente.



Secado en paseras: En las fincas cafeteras se pueden aprovechar las paseras tradicionalmente usadas para secar café, las cuales consisten en mesones en madera con patas que los elevan del piso y evitan la contaminación por el pisoteo de los animales.

Uso de plástico negro como base: Se recomienda extender el almidón sobre una lámina de plástico negro sobre los patios o paseras. El plástico negro absorbe mayor cantidad de energía solar y elimina las condensaciones de humedad que se presentan con plásticos transparentes. Las láminas plásticas facilitan el manejo del almidón, pues se puede recoger rápidamente en caso de lluvia o cuando el almidón está seco y evitan la contaminación con los residuos existentes en el patio.

Secaderos tipo invernadero: Este secador se puede construir en forma de caseta, con una armazón de madera y cubierta de plástico transparente, Figura 36. El piso se cubre con plástico negro, sin orificios, sobre el cual se coloca una capa de 1 a 2 cm de almidón para secar; los bordes del piso pueden ser de madera y deben estar protegidos con plástico hasta una altura de 20 cm para evitar la entrada de agua de lluvia. En este tipo de secador se logra reducir el tiempo de secado a uno o dos días y se reduce la contaminación del almidón. En este tipo de construcciones además protege el almidón en caso de lluvia.

Para ayudar al secamiento se cubre el piso con material de grava, la cual cumple la función de acumular calor durante el día y liberarlo posteriormente al ambiente del invernadero en las horas de la noche.

Secado artificial: Los sistemas de secado artificial consisten en quemadores de gas u otro combustible y ventiladores que hacen pasar el aire caliente por unas cámaras donde se encuentra el producto a secar. Cuando se usan equipos artificiales el secado debe realizarse a temperaturas inferiores a 65 °C para evitar la gelatinización del almidón. Estos sistemas son más costosos en su inversión y operación y no resultan económicos para el manejo a nivel de pequeños productores.



3.2. Impacto Ambiental

Como en todo proceso de producción industrial es inevitable no generar contaminación. En nuestro caso particular la contaminación que se genera es por ruido, este efecto que se produce afecta en mayor proporción al operario de las maquinas, el reto de personal que labora tendrá un efecto menor.

Por tal motivo es necesario tomar las debidas precauciones para evitar inconvenientes.

3.2.1. Contaminación por Ruido

El ruido que se produce en nuestras maquinas es el que se genera por movimiento del tambor rallo y el cilindro del tamiz cuando se encuentran con carga. Este fenómeno tiende a causar efectos en el organismo del ser humano tales como:

- Efectos Patológicos.
- Fatiga.
- Estados de confusión.

Para disminuir estos efectos es necesario tomar las debidas precauciones como el uso de orejeras para todo el personal.

3.3. Impacto Social

El impacto social que genera la implementación de nuestro proyecto es en el sector rural con los productores de almidón, que son quienes se benefician de esta investigación



4. MATERIALES Y METODOS

4.1. Materiales

Para la presente investigación se utilizaron los siguientes materiales:

- Materiales para pruebas (maqueta, dinamómetro, balanza, etc.)
- Materia prima: tubérculos de achira, almidón húmedo.
- Software aplicados: Microsoft Office, Auto CAD, Mechanical Desktop.
- Infocus.
- Libros.

4.2. Métodos.

4.2.1. Para el objetivo específico 1

Los métodos que se utilizó para el estudio del objetivo específico 1 “Realizar los diseños de rallo, tamiz y secador solar de acuerdo a los requerimientos que se presentan en el proceso de extracción de almidón de achira”, fueron los siguientes:

4.2.1.1. Revisión de información secundaria

Se revisó la literatura actual sobre el estado del arte del conocimiento acerca del procesamiento y obtención de almidón de achira a través de la lectura de libros, documentos en PDF, tesis y entrevistas a los productores.

Se analizaron los diseños realizados especialmente por CORPOICA que es la única instancia que ha producido hasta el momento este tipo de investigaciones en Colombia. En el Ecuador no he podido encontrar de información concerniente a este tipo de maquinaria.

Se analizó los resultados obtenidos por las experiencias generadas por esta misma institución con agricultores de Colombia, los procesos emprendidos y los principales aprendizajes en cuanto al diseño de máquinas y proceso de extracción de almidón.

Análisis de datos meteorológicos y parámetros físicos entre los cuales tenemos: humedad del almidón, calor latente, radiación solar, etc.

4.2.1.2. Ensayos para la determinación de datos básicos para el diseño

Los datos básicos se refieren al conocimiento de la fuerza de rompimiento de la fibra del tubérculo, área máxima del tubérculo después del rallado y el nivel de humedad inicial del almidón; para lo cual se utilizaron los siguientes métodos:

a) Determinación de la fuerza de rompimiento

Se diseñó una maqueta en donde se simuló la superficie del rallo en una longitud de 10cm y un ancho de 7cm, presionado por una tapa de madera cuya presión es regulable.

El tubérculo se desliza a través de esta superficie desgarrando la fibra a este tubérculo y en este desplazamiento se sujeta un rizoma a un dinamómetro y así medir la fuerza para romper la fibra.



Maqueta para simular el rompimiento de la fibra

b) Cálculo del área máxima del tubérculo

El área del tubérculo se la obtuvo midiendo el área en la mitad de tubérculo ya que después empieza a decaer el valor, esto se lo hizo midiendo el perímetro de la superficie rallada del tubérculo y con este valor determinar el área.

Se realizaron ensayos con tubérculos de tres diferentes tamaños, los cuales son los más comunes que se obtienen en una cosecha.



Dinamómetro



La mecánica del ensayo fue de pasar cada tubérculo cinco veces por la superficie para realizar la medición en donde se obtuvieron dos datos esenciales; fuerza de corte y el área rallada.

Con los datos conseguidos se elaboró una tabla, de la cual se tomó el área rallada mayor de los rizomas utilizados y la máxima fuerza que necesitó la fibra para romperse.

Se toma los datos necesarios para calcular el torque requerido por el cilindro rallador. Se utilizó un cilindro de 25cm de diámetro por 25 cm de longitud, para el diseño del rallo, este fue tomando como base las recomendaciones de CORPOICA.

c) **Determinación de la humedad inicial**

Para determinar la humedad inicial se utilizó el método gravimétrico que consiste en tomar una muestra de almidón húmedo, la muestra debe ser pesada luego se pone a secar hasta llegar a una humedad del 17% que es la recomienda para evitar la formación de hongos al momento de empacar.

Luego se utiliza la siguiente expresión:

$$Hm = \left(\frac{m_h - m_s}{m_h} \right) * 100 \quad (\text{Ecuación 4.1})$$

Donde m_h es la masa de producto húmeda (kg).

m_s es la masa de producto seca (kg).

Hm , humedad inicial (%)

4.2.1.3. Cálculos teóricos

a. **Para el rallo mecánico**

Utilizando los datos básicos obtenidos de fuerza se procedió a realizar los cálculos teóricos necesarios para el diseño del rallo mecánico

o **Determinación de la potencia requerida**

Para la potencia se calcularon los siguientes parámetros

○ Presión unitaria

Corresponde al valor de la presión ejercida por un tubérculo, los valores de fuerza y área son las que se obtuvo en el ensayo del rompimiento de la fibra, la misma que se calculó a través de la siguiente expresión:

$$\mathcal{P}_u = \frac{f}{A} \quad (\text{Ecuación 4.2})$$

Donde: \mathcal{P}_u es la presión unitaria (Pa)

A es el área máxima obtenida del tubérculo rallado (m^2)

f es la fuerza para el corte de la fibra del tubérculo (N)

○ Fuerza Total

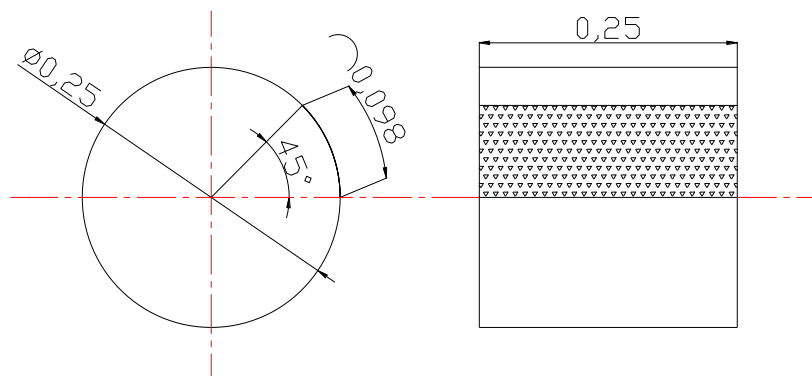
Con el valor de presión unitaria y el área de contacto entre en cilindro y los tubérculos en toda la longitud del cilindro como se observa en la Figura 4.1, se obtiene la fuerza total la cual se calculó con la siguiente fórmula:

$$f_t = A * \mathcal{P}_u \quad (\text{Ecuación 4.3})$$

Donde: f_t es la fuerza total (N)

A área de contacto (m^2)

\mathcal{P}_u presión unitaria (Pa)



- Figura 4.1 área de contacto rallo-tubérculos.

○ Torque

Para el torque se tomó el valor de fuerza total obtenida y 12.5 cm de radio del cilindro recomendado por CORPOICA.

$$\mathcal{T}_r = f_t * r_c \quad (\text{Ecuación 4.4})$$



Donde: T_r es el torque requerido (N.m).

f_t es la fuerza de corte de fibra (N).

r_c radio del cilindro (m)

○ Velocidad angular

La velocidad angular viene dada por la siguiente expresión donde se utilizó el número de revoluciones recomendados por CORPOICA.

$$\omega = \frac{2*\pi*n}{60} \quad \text{(Ecuación 4.5)}$$

Teniendo así que: ω es la velocidad angular (rad/s).

n revoluciones (r.p.m).

○ Potencia del motor

Para calcular la potencia del motor se utilizó la siguiente expresión.

$$P = \frac{T_r*\omega}{\eta} \quad \text{(Ecuación 4.6)}$$

Donde: P es la potencia del motor (W)

T_r es el torque requerido (N.m)

ω es la velocidad angular (rad/s)

η rendimiento (0.94)

○ Determinación de la transmisión.

Este cálculo se lo hizo de acuerdo al análisis de cada elemento que se va a utilizar dentro de la transmisión. La misma que partiremos de un motor de la potencia calculada y una velocidad en el eje del tambor de 2400 r.p.m (CORPOICA, 2003).

Para la transmisión se calculó los siguientes parámetros:

○ Relación de Transmisión

Para el cálculo de la relación de transmisión se debe tener los valores de revoluciones por minuto tanto de la polea conducida como de la conductora;

$$K = \frac{n_1}{n_2}$$

(Ecuación 4.7)

Siendo n_1 , r.p.m de la polea mayor.

n_2 , r.p.m. de la polea menor.

○ Coeficiente C

Este factor considera los incrementos de carga que se producen en la correa al transmitir la carga nominal, producto de las perturbaciones que puede provocar la máquina motriz y la máquina movida sobre la correa, además tiene en cuenta la intensidad del trabajo a que es sometida la correa en dependencia de las horas diarias de trabajo (Anexo 1C).

$$P_C = P * C$$

(Ecuación 4.8)

Donde, P es la potencia a transmitir.

P_C es la potencia corregida.

C es el factor de corrección.

○ Selección de la correa

Para seleccionar el perfil de la correa es mediante la figura (4.3) siguiente, su selección va en función de la potencia a transmitir corregida y el número de revoluciones por minuto de la polea.

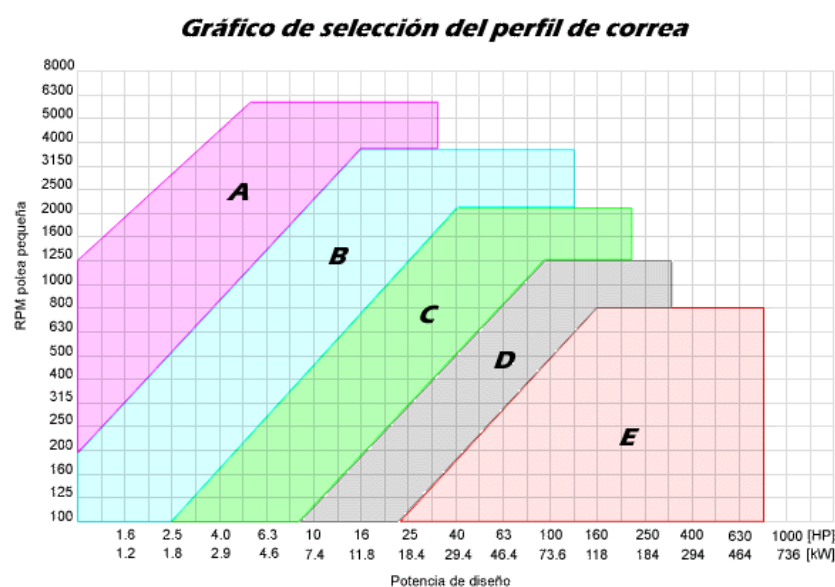


Figura 4.3 Selección de Correas.

- **Selección del diámetro de la polea conductora**

Este diámetro se seleccionó por el tipo de banda escogida de acuerdo a las tablas normalizadas (Anexo 2C).

- **Diámetro de la polea conducida**

Para determinar este diámetro es necesario utilizar la siguiente relación.

$$\frac{d}{D} = \frac{n_2}{n_1} \quad ; \quad D = \frac{d \cdot n_1}{n_2} \quad (\text{Ecuación 4.9})$$

Donde d diámetro de la polea conductora (mm)

n_1 , velocidad de la polea conductora (r.p.m)

n_2 , velocidad de la polea conducida (r.p.m)

- **Distancia entre ejes.**

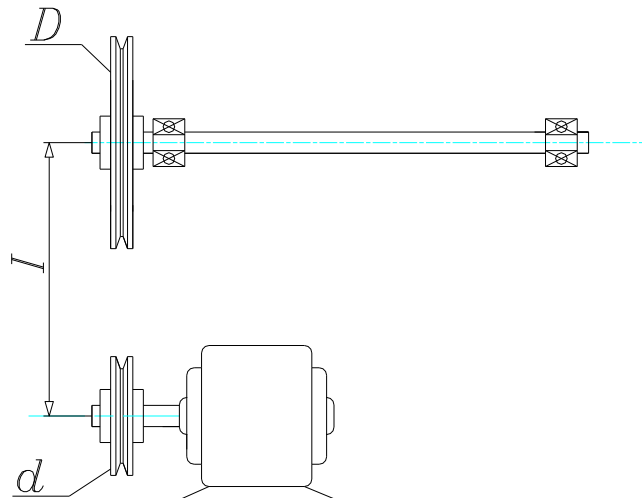


Figura 4.3. Distribución de los elementos de transmisión.

Debido a que el eje no está bajo condiciones de diseño se tomó el siguiente criterio;

$$I \geq \frac{(K+1) \cdot d}{2} + d \quad (\text{Ecuación 4.10})$$

Donde, I es la distancia entre ejes (mm)

K es la relación de transmisión.

d es el diámetro de la polea conductora (mm)



○ Longitud primitiva de la correa

La ecuación que se utilizó para determinar la longitud primitiva teórica L es;

$$L = 2I + 1.57(D + d) + \frac{(D-d)^2}{4I} \quad (\text{Ecuación 4.11})$$

Donde, L es la longitud primitiva de la correa (mm).

D el diámetro de la polea conducida (mm).

d el diámetro de la polea conductora (mm).

I distancia entre ejes (mm).

Como el valor obtenido no es exacto se busca un valor cercano de acuerdo a tablas normalizadas (Anexo 3C), se toma el valor de la longitud primitiva de la correa.

○ Distancia entre ejes corregida

Se usó la fórmula siguiente;

$$I_e = I \pm \frac{L-L'}{2} \quad (\text{Ecuación 4.12})$$

Donde; I_e es la distancia entre ejes corregida (mm).

L , longitud primitiva de la correa (mm).

L' , longitud establecida de la correa (mm).

I , distancia entre ejes (mm).

○ Determinación del arco de contacto

El arco de contacto se lo determinó de la siguiente expresión.

$$\gamma = 180 - 57 \frac{D-d}{I_e} \quad (\text{Ecuación 4.13})$$

Donde, γ valor del arco de contacto (grados).

D , diámetro de la polea conducida (mm).

d , diámetro de la polea conductora (mm).

I_e , distancia entre ejes corregida (mm).



○ Número de correas

El número de correas se calculó con la siguiente expresión.

$$z = \frac{P_c}{P_o * C_3 * C_2} \quad (\text{Ecuación 4.14})$$

Donde, P_c es la potencia corregida

P_o potencia de una sola correa

C_2 factor que considera la longitud de la correa

C_3 considera el arco de contacto (Anexo 4 tabla b)

Teniendo los valores de relación de transmisión y de velocidad en el eje conducido de acuerdo a la tabla (Anexo 4C tabla a en la parte inferior se selecciona el valor de C_2) y se seleccionó el valor de potencia que transmite una polea.

○ Esfuerzo de tracción

El esfuerzo de tracción se calculó de la siguiente manera:

$$w_o = T_E + T_b + T_C \quad (\text{Ecuación 4.15})$$

Donde: T_E es la tensión de entrada

T_b valor de tablas.

T_C es la fuerza centrífuga de la polea

Donde T_E y T_S , son las tensiones de la correa a la entrada y a la salida de la polea conductora.

Se tiene la siguiente ecuación de potencia corregida:

$$P_C = \frac{(T_E - T_S)v}{75} \quad (\text{Ecuación 4.16})$$

Donde se despeja T_E , se tiene que la relación que T_S es el 20% T_E se tiene que:

$$(T_E - 0.2T_E) = \frac{P_C * 75}{v}$$

$$0.8T_E = \frac{P_C * 75}{v} \quad (\text{Ecuación 4.17})$$

Donde P_C es la potencia de diseño.

v es la velocidad de la correa (m/seg)

La velocidad de la correa viene dada por:



$$v_c = \frac{\pi(d+h)n_1}{60000} \quad (\text{Ecuación 4.18})$$

Donde: d es el diámetro de la polea conductora (mm)

h espesor de la correa (mm)

n_1 numero de revoluciones de la polea conductora (r.p.m)

Ahora reemplazando en la ecuación anterior tenemos que:

Tenemos que T_b viene dado por:

$$T_b = \frac{kb}{d} \quad (\text{Ecuación 4.19})$$

Donde: kb constante

d es el diámetro de la polea conductora (cm)

Además tenemos que T_C viene dada por:

$$T_C = \frac{k_c * v^2}{100} \quad (\text{Ecuación 4.20})$$

Donde: k_c es un coeficiente

v_c la velocidad de la correa (m/s)

○ Verificación de los ciclos de flexión

Acorde con Gonzales (2000) nos habla que el exceso de flexiones que se presentan durante el trabajo de una correa debe estar dentro del número admisible, para que así no sufra calentamiento teniendo como consecuencia acortar la vida útil de la correa. Por ello, es recomendable que las correas no superen ciertos valores admisibles de flexiones por segundo

Está dado por la formula siguiente:

$$if = 1000 * np * \frac{v_c}{L} \quad (\text{Ecuación 4.21})$$

Donde np es el número de poleas

v_c es la velocidad lineal de la correa (m/s)

L' es la longitud de la correa (mm)

Donde los valores recomendados de ciclos de flexión son:

$if = 30 \text{ seg}^{-1}$ perfil normal.



$if = 60 \text{ seg}^{-1}$ perfil estrecho.

$if = 100 \text{ seg}^{-1}$ perfil estrecho de flancos abiertos

○ Fuerza ejercida en los ejes

La fuerza ejercida sobre el eje viene dada por la siguiente expresión:

$$F_e = 2 * w_o * z * \text{sen} \frac{\gamma}{2} \quad (\text{Ecuación 4.22})$$

Donde, w_o es el esfuerzo de tracción (N).

z es el número de correas.

γ es el arco de contacto

○ Eje principal

Este eje está encargado de la parte más importante en el funcionamiento del rallo que es de transmitir movimiento al cilindro rallador. En este eje además estará montada la polea en la cual actúa la transmisión que viene desde la polea del motor.

○ Momento torsor

El momento torsor es un esfuerzo interno, es decir el es momento que actúa en la cara transversal de la barra. En el momento de transmitir una potencia a través de una polea y está a un eje, se crea un momento torsor que viene dado por la fórmula.

$$M_t = \frac{P_c * \eta}{\omega} \quad (\text{Ecuación 4.23})$$

Donde P_c , es la potencia a transmitir en (W).

ω , la velocidad angular del eje (rad/s).

η rendimiento.

○ Esfuerzo tangencial

Este esfuerzo se genera cuando actúa el momento torsor sobre un eje, y viene dado por la expresión:

$$\tau = \frac{M_t}{r_p} \quad (\text{Ecuación 4.24})$$



Donde r_p es el radio de la polea (m).

M_t momento torsor (N.m)

○ **Diámetro mínimo del árbol**

El cálculo mínimo de un árbol se calculó con la siguiente expresión:

$$d_m \geq \sqrt[3]{16 \frac{M_t}{\pi x \tau_{adm}}} \quad (\text{Ecuación 4.25})$$

Donde τ , es el esfuerzo tangencial admisible (τ_{adm} en ejes de altas revoluciones es 12kg/mm^2 que equivale $1.2 \times 10^8 \text{ N/m}^2$).

○ **Momento flector**

Se denomina momento flector, a un momento de fuerza resultante de una distribución de tensiones sobre una sección transversal, perpendicular al eje longitudinal a lo largo del que se produce la flexión (Shigley n.d.). Para realizar el cálculo de este momento es necesario tener las fuerzas que actúan sobre el eje, la fuerza ejercida por el trabajo que realiza el cilindro es decir la fuerza que se genera en el momento que está cortando las fibras del tubérculo, más el peso del cilindro, se podrán determinar las reacciones estáticas. Lo haremos con el software MECHANICAL DESKTOP.

○ **Peso del Cilindro**

El Peso del cilindro se calculó en función del tamaño del cilindro, el espesor del material y del tipo de material.

El marial que se utilizó es una plancha de acero inoxidable de espesor de 1 mm, con una longitud de 25cm y un diámetro de 25cm (tamaño del diseño es tomado de CORPOICA).

El peso del cilindro se calcula con la siguiente expresión.

$$P_{cil} = P_e * m \quad (\text{Ecuación 4.26})$$

Donde; P_e es el peso específico del acero (N/m^3)

m es el volumen del cilindro (m^3)

Para calcular el peso específico del acero utilizó la densidad del mismo $\rho = 7850$ (kg/m^3).

$$P_e = \rho * g \quad (\text{Ecuación 4.27})$$

Donde; g es la aceleración de la gravedad (9.8m/s^2).

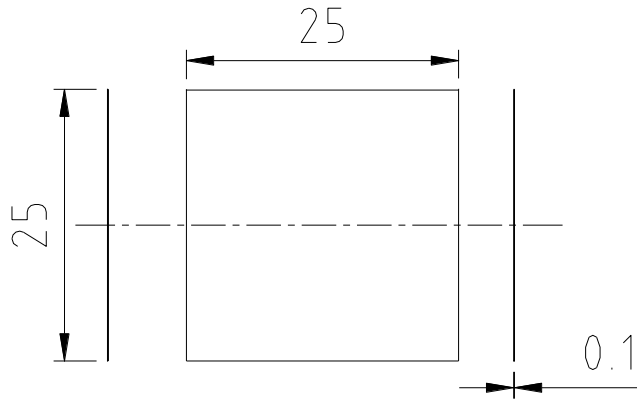


Figura 4.4. Medidas del tambor.

○ Momento equivalente

Viene dado por la siguiente expresión.

$$M_E = \sqrt{M_t^2 + M_f^2} \quad (\text{Ecuación 4.28})$$

Donde: M_t es el momento torsor (N.m)

M_f es el momento flector (N.m)

○ Diámetro del eje

Para determinar el diámetro del eje viene dado por la siguiente expresión:

$$d_{eje} = \sqrt[3]{\frac{10 * M_i}{\delta}} \quad (\text{Ecuación 4.29})$$

Donde: M_i es el momento ideal (N.mm)

δ tensión permisible del material (N.mm)

El momento ideal viene dado por la siguiente expresión:

$$M_i = 0.35M_f + 0.65M_E \quad (\text{Ecuación 4.30})$$



○ **Calculo de los rodamientos**

El Catalogo General SKF habla que los rodamientos son elementos que están seleccionados en función de la vida útil, es decir que son piezas que deben tener en cuenta para su cambio periódico.

Debido a que en el diseño tenemos una carga perpendicular al eje, este no tiene ningún tipo de deslizamiento y soporta carga mediana, por ende vamos a utilizar un rodamiento del tipo radial rígido de bolas. Constan en forma general de tres piezas: Un aro exterior, un aro interior y un elemento rodante con algún tipo de canastillo o jaula.

Para la selección del rodamiento es necesario tener el catalogo del fabricante de nuestra elección debido a que se trabaja con las especificaciones de cada rodamiento, para el diseño se utilizará el Catalogo General SKF.

➤ Determinación de la carga radial equivalente, esta viene dada por:

$$C_e = Rx + Ty \quad (\text{Ecuación 4.31})$$

Donde R es la carga radial (N)

T es la carga axial (N)

x, y son valores adimensionales que varían de acuerdo a cada rodamiento.

A continuación se describen los valores x, y, de los rodamientos más utilizados.

Tabla 4.1. Tipos de cojinetes.

TIPO DE COJINETE	x	y	x ₁	y ₁
Una hilera de bolas	1	0	0.56	1.4
Doble hilera de bolas	1	0.75	0.63	1.25
Rodillos esféricos	1	0	1	0
Rodillos cilíndricos	1	2.5	0.67	3.7

La carga radial viene dada por el valor que se obtiene del cálculo de la reacciones en los apoyos y se tomará la reacción de mayor valor.



En vista que no se tiene un valor determinado de carga axial, para el cálculo este valor viene dado por el 30% de la carga radial.

➤ Determinación de la carga requerida, esta viene dada por;

$$C_r = \frac{C_e(L_{10}*n)^{\frac{1}{k}}}{Z} \quad (\text{Ecuación 4.32})$$

Donde C_e es la carga radial equivalente (N)

Z Coeficiente.

L_{10} Vida nominal (horas)

n frecuencia de giro del eje

k coeficiente 3 para cojinetes de bola.

La vida nominal en horas L_{10} viene dada en tablas (Anexo 5C) seleccionamos el valor de 8000 horas de trabajo. Con el valor de la capacidad requerida C_r vamos al catálogo de rodamientos SKF y seleccionamos el que está de acuerdo a nuestra necesidad.

○ **Calculo de chavetas**

Para el dimensionamiento de las chavetas fijas se tomó en cuenta cuatro aspectos importantes. En primer lugar se seleccionó la sección transversal de la chaveta en función del diámetro del eje, seguidamente se determinó la longitud de la chaveta aplicando el criterio de resistencia al aplastamiento y resistencia al cizallamiento de los dos valores se tomará el mayor valor teniendo como referencia los valores normalizados.

I. Determinación de la chaveta.

Las medidas de la chaveta están normalizadas en función del diámetro del eje a utilizar en la transmisión.

La sección de la chaveta (anexo 7C) es:

II. Determinación de la longitud de la chaveta.

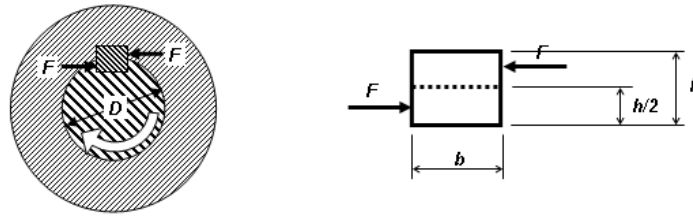


Figura 4.5. Fuerzas que actúan sobre una chaveta.

Para determinar la longitud de una chaveta en función del criterio de aplastamiento está dada por lo siguiente:

$$f = \frac{2M_t}{d} \quad (\text{Ecuación 4.33})$$

Se tiene la siguiente condición:

$$\sigma_a \geq \frac{2M_t}{dA} \quad (\text{Ecuación 4.34})$$

Donde: A es el área de aplastamiento y es igual a $A = \frac{h}{2} * l$ y reemplazando y despejando tenemos que la longitud es igual a:

$$l \geq \frac{4M_t}{dh\sigma_A} \quad (\text{Ecuación 4.35})$$

Donde: M_t es el momento torsor producido por la polea en el eje (N.m)

d es diámetro del árbol (mm)

h la altura de la chaveta (mm)

σ_A esfuerzo admisible al aplastamiento.

Para determinar el esfuerzo admisible al aplastamiento se lo considera como dos veces el esfuerzo nominal máximo del material entonces tendemos que:

$$\sigma_A = 2 \sigma_M \quad (\text{Ecuación 4.36})$$

Ahora se determina la longitud de acuerdo al criterio de corte:

La tensión de corte en la sección viene dada por:

$$\tau = \frac{f}{A} \quad (\text{Ecuación 4.37})$$

Se tiene la siguiente condición adicionando un coeficiente de seguridad n_s :

$$\tau \geq \frac{2M_t n_s}{dA} \quad (\text{Ecuación 4.38})$$

$\tau = \tau_A$ (esfuerzo de corte del material en acero es 800 kg/cm^2)

Donde: A es el área de aplastamiento y es igual a $A = \frac{b}{2} * l$ y reemplazando y despejando tenemos que la longitud es igual a:

$$l \geq \frac{2M_t n_s}{db\tau} \quad (\text{Ecuación 4.39})$$



○ **Diseño del cilindro rallador**

El tamaño del cilindro es tomado de CORPOICA en donde se tiene las siguientes características. La lámina, de acero inoxidable de 1 mm de espesor, se troquela para que las púas tengan un orificio cuadrado de 3 mm y una altura de 2,8 mm. La distancia entre centros de púa es de 10 mm y transversalmente están perfectamente alineadas y a escuadra con el borde de la lámina. Longitudinalmente las púas se desplazan 0,7 mm por cada hilera de tal forma que la posición de una púa solo se repite cada 14 hileras, De esta forma se garantiza un mejor ataque del rallo al rizoma, evitándose la formación de canales, logrando un mejor rompimiento de las células y una mayor eficiencia de extracción del almidón.

El cilindro troquelado en su parte interna tiene un recubrimiento de caucho, con la finalidad de que este detenga la penetración de afrecho en el cilindro y por ende evitar desperdicio de afrecho.

○ **Soldadura del cilindro**

La soldadura del cilindro se calculó tomando en cuenta la presión ejercida de los rizomas en toda el área de contacto del cilindro, teniendo así:

La presión a la que está sometido el cilindro viene dada por la siguiente expresión:

$$P_{cilindro} = \frac{f_t}{A_c} \quad (\text{Ecuación 4.40})$$

Donde $P_{cilindro}$ es la presión sobre el cilindro

f_t es la fuerza total ejercida por los rizomas (N)

A_c es el área de contacto (m^2).

○ **Diseño de la estructura**

El diseño de la estructura del rallo se empezó con la selección del perfil a utilizar. La estructura se construirá con un perfil angular de lados iguales cuya área se determinará a continuación.

La mayor fuerza que tomamos para determinar el área del perfil angular de la estructura es la reacción de mayor valor que se utilizó para calcular la carga requerida de los rodamientos.

○ Área transversal del perfil angular

Para calcular el área transversal del perfil angular tomamos el valor de la reacción estática que se produce en los apoyos del eje.

$$\sigma = \frac{F_A}{A}, \quad [\sigma] \geq \frac{F_A}{A} \quad (\text{Ecuación 4.41})$$

Donde tenemos que: F_A es la fuerza aplicada (N)

A_T es el área transversal del perfil angular.

$[\sigma]$ es la tensión de corte admisible.

El valor de la tensión admisible o coeficiente de trabajo tomaremos el valor comprendido entre 600 y 1200 kg/cm², por cuestiones de seguridad asumiremos el valor de 600 kg/cm² (anexo 7).

○ Primer cateo de soldadura

Para analizar el primer cateo de soldadura en la estructura donde se encuentra la mayor fuerza aplicada se utilizó el criterio de uniones de soldaduras en ángulo en angulares de alas iguales y desiguales (ver anexo 9C).

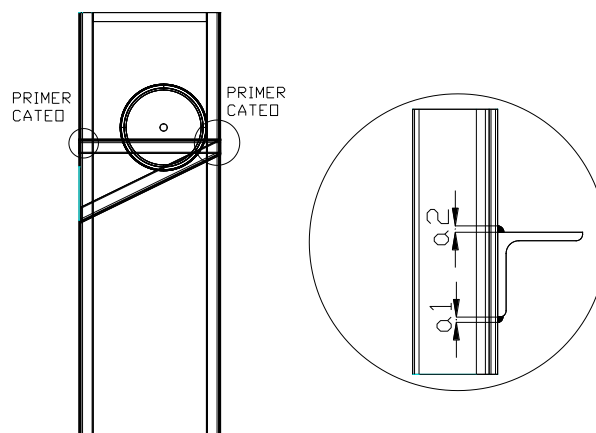


Figura 4.6. Soldadura angular.

El valor de a_2 es el espesor del cordón que vamos a utilizar en toda la estructura de nuestro diseño.



La longitud l de una soldadura lateral, se determina bajo las siguientes condiciones.

Valor mínimo $l \geq 15 * a$. o $l \geq b$.

Valor máximo $l \leq 60 * a$. o $l \leq 12 * b$.

Tomando en cuenta estas condiciones y por el diseño de la estructura asumiremos una longitud del cordel de $l \geq b$, b es ancho del perfil seleccionado.

○ Análisis de estabilidad

Cuando sobre una barra actúa una fuerza de compresión y esta no supera al valor admisible se puede decir que está en estado de equilibrio (Carballo, n.d.). Para realizar el análisis de estabilidad tomaremos en consideración los valores de la fuerza a la cual está sometida la estructura siendo comparada con la fuerza admisible.

Teniendo así que:

$$P_{adm} = \frac{P_{crit}}{n_c} \quad (\text{Ecuación 4.42})$$

Donde P_{adm} es la fuerza admisible (N)

P_{crit} es la fuerza crítica (N).

n_c coeficiente de seguridad por estabilidad (1.8 y 3 para acero)

La fuerza crítica viene dada por:

$$P_{crit} = \frac{\pi^2 EI_{min}}{l_e^2} \quad (\text{Ecuación 4.43})$$

Donde E es el modulo de elasticidad del material.

I_{min} es el momento mínimo de inercia de la sección transversal del material (mm^2).

$l_e = ul$ longitud efectiva de la barra.

l longitud real de la barra (mm)

u coeficiente que depende del tipo de apoyo

○ Determinación de la potencia del motor del tamiz

Para determinar la potencia del motor requerido para el tamiz, se utilizó el momento de inercia de una distribución continua de masas en figuras establecidas, en nuestro caso utilizamos el momento de inercia de un cilindro.



○ **Momento de inercia de un cilindro**

Es la resistencia que presenta un cilindro para realizar un movimiento rotacional (Singer n.d.). El momento de inercia de un cilindro se utilizó la siguiente expresión;

$$I_c = \frac{1}{2}MR^2 \quad (\text{Ecuación 4.44})$$

Donde M es la masa total del sistema (kg)

R es el radio del cilindro (m).

○ **Masa del sistema**

Para determinar la masa del sistema se tomó un cilindro con las siguientes medidas 0.6m de diámetro, 2m de longitud, y un espesor de 5mm, todo en material de acero inoxidable.

La masa del sistema viene dada por la siguiente expresión;

$$M = \rho * v \quad (\text{Ecuación 4.45})$$

Donde ρ es la densidad del material (Kg/m³)

v es el volumen del cilindro (m³)

○ **Potencia requerida**

La potencia viene dada por la siguiente expresión;

$$P = \left(\frac{I_c * n}{974.2}\right) f_s \quad (\text{Ecuación 4.46})$$

Donde I_c es momento de inercia. (kg.m)

n son las rpm del cilindro (r.p.m).

f_s es el factor de seguridad.

○ **Análisis de las fuerzas que actúan sobre el eje**

Como antes se ha mencionado que en el eje primario está soportada tanto la polea conducida como el piñón estos dos genera fuerzas que actúan directamente sobre el eje, y ahora vamos a hacer un análisis de la fuerza que se produce por el piñón.

En el siguiente esquema se muestra cómo actúan las fuerzas en los engranajes.

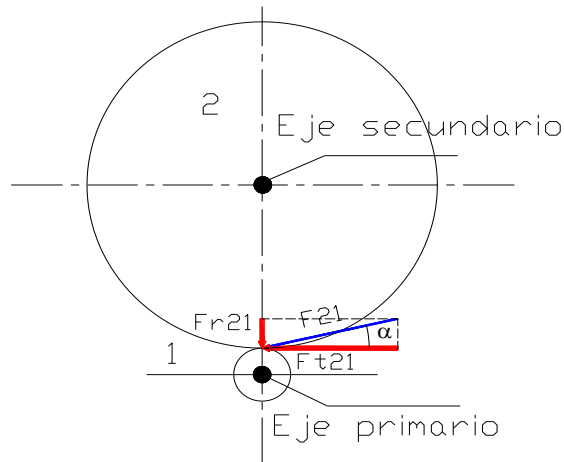


Figura 4.8. Esquema de fuerzas que actúan en los engranajes.

Para obtener la fuerza que actúa sobre el eje primario (F_{r21}) que es la fuerza del engranaje o rueda dentada sobre el piñón viene dado por la siguiente expresión:

$$F_{r21} = F_{21} * \sin \alpha \quad (\text{Ecuación 4.47})$$

Donde F_{21} es la resultante entre F_{r21} y F_{t21} (N)

α es el ángulo de presión

$$F_{21} = \frac{F_{t21}}{\cos \alpha} \quad (\text{Ecuación 4.48})$$

Donde $F_{t21} = W_t$ que es la carga transmitida y viene dada por la siguiente expresión:

$$W_t = \frac{60 * 1000 P_c}{\pi * d * n} \quad (\text{Ecuación 4.49})$$

Donde P_c es la potencia a transmitir (kW)

D es el diámetro del engranaje (mm)

n es el rpm del engranaje (r.p.m)

Este valor es la fuerza que actúa sobre eje. Con este valor más la fuerza ejercida en el eje por la polea podemos calcular el momento flector.

○ Transmisión por engranajes

En la transmisión por engranajes utilizamos engranajes rectos a continuación detallamos.



○ Cálculo de engranajes

Diseño de engranajes es necesario hacer un cálculo en función de la tensión y presión de rodadura y duración.

○ Tensión en el diente

Para la obtención de un resultado más favorable será necesario utilizar la presión máxima que actúa sobre el diente cuyo valor se obtuvo de carga a transmitir. La tensión del diente viene dada por la siguiente expresión:

$$\sigma = \frac{M_t * q}{e * m * r} \quad (\text{Ecuación 4.50})$$

Donde M_t es el momento torsor (N.m)

q es un valor que depende de α y del número de dientes ($q=3.6$)

e es el ancho del diente (m)

m es el módulo.

r es el radio primitivo del piñón (m)

El momento torsor viene dado por la siguiente expresión:

$$M_t = W_t * r \quad (\text{Ecuación 4.51})$$

Donde W_t es la carga transmitida (N)

r es el radio primitivo del piñón (m)

○ Presión de rodadura y duración

La presión de rodadura viene dada por la siguiente expresión:

$$k = \frac{3.12 * W_t * (K \pm 1)}{e * d * K} \quad (\text{Ecuación 4.52})$$

Donde K es la relación de transmisión de los engranajes.

d diámetro primitivo del piñón (m)

e es el ancho del diente (m)

W_t es la carga transmitida (N)



En la siguiente tabla se compara los valores tanto de presión en el diente como presión de rodadura para la elección del material de los engranajes.

Tabla 4.3. Características de los materiales para engranajes

MATERIAL	Resistencia a la tracción kg/mm ²	Tensión de trabajo kg/cm ²
Fundición gris, de 21 kg (F812)	≥ 18	350 a 450
Fundición gris, de 28 kg (F813)	≥ 22	450 a 550
Fundición gris, de 35 kg (F814)	≥ 29	550 a 650
Acero suave (F 112) o acero fundido	≥ 42	650 a 750

○ **Datos constructivos del piñón y del engranaje**

En nuestro caso de diseño, para alcanzar el número de revoluciones necesarias para el cilindro del tamiz tenemos que la especificación:

- d diámetro primitivo.
- z número de dientes.
- m es el módulo
- α es el ángulo de presión
- C es la distancia entre centros
- a cabeza del diente
- b pie del diente
- h profundidad del diente
- e espesor circular del diente
- d_{ex} diámetro exterior
- B ancho del diente

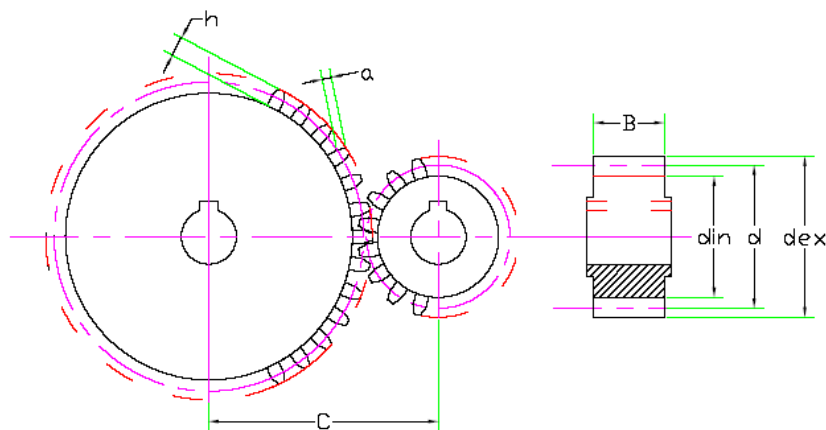


Figura 4.9. Nomenclatura de los engranajes.

○ **Diseño del cilindro del tamiz**

El cilindro estará construido por material inoxidable por razones que se está trabajando con un producto que será consumido por el ser humano.

○ **Estructura del cilindro del tamiz**

La estructura está constituida por 10 aros de platina de acero inoxidable 25x4, sobre este le rodea una malla de 8 Mesh (ocho huecos por pulgada) (Anexo 10C) y sobre este va el cedazo de 80 mesh para el filtrado del agua que contiene el almidón. Durante el proceso de tamizado se necesita estar mojando constantemente para que por efecto de la fuerza centrífuga hay la separación de afrecho con el almidón, la lechada se recoge para luego seguir con el proceso de decantación y lavado del almidón.

El agua será suministrada por un tubo de acero inoxidable de 19.05mm (Anexo 11C) de diámetro fijo con perforaciones distribuidas de tal manera que se obtendrá mayor cobertura en el cilindro, estos agujeros suministrarán agua a presión que actuará sobre la masa de afrecho, para facilitar la separación del almidón.

○ **Secador solar**

De acuerdo con Morales (n. d.) recomienda para el diseño de un secador solar coger una cantidad determinada de materia prima a secar. Para el diseño nos enfocaremos como referencia el cálculo del secador de 50kg, de masa húmeda.



Para iniciar el cálculo del secador solar se necesita definir algunos parámetros necesarios para lograr un diseño adecuado de este.

Los parámetros son:

- El tipo de secador que vamos a utilizar es un secador tipo invernadero, el cual tiene características como; bajo costo de construcción, protección contra la lluvia, disminuye el tiempo de sacado en comparación con el secado al aire libre, obtiene un producto de calidad y es versátil en su uso.
- Es importante tener como datos el contenido de humedad inicial de producto con la cual va a entrar al secador y de humedad final la cual permite su comercialización.
- La radiación solar a la cual recibiendo el secador solar.

○ **Contenido de agua a remover del almidón**

El contenido de agua a remover en el almidón se tomó el valor de humedad inicial obtenido en los ensayos para lo cual tenemos la siguiente expresión;

$$C_{agua} = (m_h * H_m) - (0.01 * H_f * m_s) \quad \text{(Ecuación 4.53)}$$

Donde H_f es la humedad final del almidón para ser empacado (17%).

m_h masa húmeda (kg)

m_s masa seca (kg)

H_m humedad inicial (%)

○ **Energía calorífica requerida**

De acuerdo a Escobar (n.d.) dice que la cantidad energía requerida viene dada por la siguiente expresión.

$$Er = C_{agua} * Cl \quad \text{(Ecuación 4.54)}$$

Donde Cl es el calor latente de evaporación, este valor va en función de la humedad inicial.



Tabla 4.4. Tabla relación calor latente-humedad inicial

Contenido de Humedad inicial %	Calor Latente hfg Kcal/kg de agua
15 – 35	700
35 - 60	650
60 - 80	630
80 – 90	580

○ Cálculo del área del colector

El área del colector se calculó con la siguiente expresión.

$$Ac = \frac{Er * a}{R_s} \quad (\text{Ecuación 4.55})$$

Donde R_s es la radiación solar del sector (kwh)

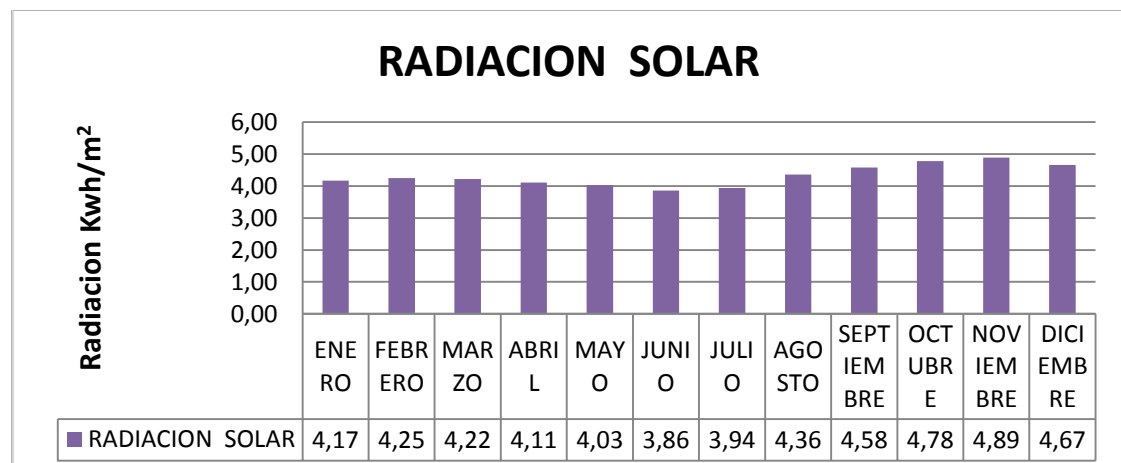
a la constante de $1m^2$

El valor de energía requerida (Er) que está en Kcal, se transforma en kwh con la siguiente equivalencia $1kwh \approx 860kcal$; teniendo así que la $Er = 13.56$ (kwh); con este valor vamos a calcular el área del colector.

○ Radiación solar

El valor de la radiación solar que tenemos en el sector de la ciudad de Loja es un valor obtenido en la Estación Meteorológica “La Argelia”, el cual es un promedio de datos durante 30 años, los valores promediados están por mes teniendo las siguientes lecturas.

Tabla 4.5. Valores de radiación solar.





De todos estos valores tomaremos el menor que es de 3.86kwh/m², para realizar el cálculo, con este valor se obtuvo resultados en las condiciones más críticas y desfavorable para nuestro secador.

○ Relación Peso-Volumen

Para determinar el volumen a que equivale 50kg de almidón húmedo, se lo hizo con la siguiente equivalencia 1kg≈1.38x10⁻³m³

Teniendo así que 50kg≈0.069 m³

Ahora con este valor de volumen y el espesor recomendado determinaremos el valor del área.

$$Ar = \frac{Val}{e} \quad (\text{Ecuación 4.56})$$

En el gráfico siguiente se detalla plásticos normalizados que pueden ser utilizados.

Tabla 4.6. Plásticos normalizados para invernadero.

Duración de plásticos normalizados para invernaderos (Fuente: SERRANO, 1994)			
Tipo de plástico	Espesor	Duración (en Almería)	Radiación solar recibida
Polietileno “normal” (sin aditivos)	150 micras (600 galgas)	6-8 meses	< 1720kwh/m ²
Polietileno “larga duración”	180 micras (720 galgas)	2 años	3441 kwh/m ²
Polietileno “Térmico larga duración”	200 micras (800 galgas)	2 años	3441 kwh/m ²
Copolímero EVA (12 % AV)	200 micras (800 galgas)	2 años	3441kwh/m ²
Copolímero EVA (6 % AV)	100 micras (400 galgas)	1 año	1820kwh/m ²



4.2.1.2. Aproximación de costos

Luego del diseño se realizó una aproximación de lo que significarían los costos de materiales, para lo cual se utilizó una tabla de costos, la misma que se describe a continuación:

Denominación		Cantidad	Costo unitario	Subtotal
Rallo mecánico	Material mecánico			
	Material eléctrico			
			Subtotal	
Tamiz	Material mecánico			
	Material eléctrico			
			Subtotal	
Secador solar				
			Subtotal	
			Total	



4.2.1.3. Mano de Obra

En la investigación no se tomó en cuenta el valor de la mano de obra porque no se ejecutó la construcción de las maquinas diseñadas, por ende no se puede determinar el tiempo que se emplea en la construcción y ensamble de las máquinas, razón por la cual no se incluye a este en la valoración económica.

4.2.2. Para el objetivo específico 2

Para el desarrollo del objetivo específico 2 “Difundir la propuesta tecnológica desarrollada en la investigación entre los productores del almidón con la finalidad de mejorar el proceso de extracción” se hizo las siguientes actividades.

Se realizó un taller con agricultores, esencialmente para dar a conocer los diseños de la maquinaria aplicada para el proceso de extracción de almidón de achira. En este taller se dio a conocer el funcionamiento y materiales de construcción.

Para el desarrollo de la exposición se utilizó un infocus, con láminas hechas en Microsoft PowerPoint proyectado en la casa de un agricultor que colaboró para el evento.

4.2.3. Para el objetivo específico 3

Se consultó los documentos de las asignaturas recibidas en los cinco años de estudio. Se ejecutó en su totalidad la investigación con todos los conocimientos y herramientas disponibles en la actualidad.

El método que se utilizó para este objetivo es el de investigación en libros de contenido afines a lo requerido, consulta de experiencias desarrolladas en otros lugares, en la web, y con ingenieros que tienen el conocimiento y experiencia en el campo del diseño.



5. RESULTADOS.

5.1. Resultados de los ensayos

5.1.1. Determinación de la fuerza de rompimiento y área rallada

El resultado de los ensayos de rompimiento de la fibra se muestra la Tabla 5.1, en la cual se describe los valores de fuerza máxima aplicada y el área máxima obtenida, además del peso que tienen y número de pasadas.

Tabla 5.1. Valores obtenidos del ensayo de rompimiento de la fibra de la achira

Pruebas de corte de la fibra de achira.

PRUEBA 1

PASADAS	PESO (onz)	FUERZA MAXIMA APLICADA (Lbs)	AREA MAXIMA OBTENIDA (cm ²)
1	3	3	3,90
6	2,6	4,5	12,43
11	2,3	4	13,45
16	2,1	4,5	15,60
21	1,8	5	20,37

PRUEBA 2

PASADAS	PESO (onz)	FUERZA MAXIMA APLICADA (Lbs)	AREA MAXIMA OBTENIDA (cm ²)
1	6	3,5	4,48
6	5,5	4,75	25,78
11	4,5	5,5	35,09
16	4	6	40,29
21	3,5	7	43,95

PRUEBA 3

PASADAS	PESO (onz)	FUERZA MAXIMA APLICADA (Lbs)	AREA MAXIMA OBTENIDA (cm ²)
1	11	6	25,78
6	10	6,5	81,49
11	9,5	7	86,66
16	9	7,5	97,48
21	8,5	8	114,91



5.1.2. Determinación de la humedad inicial

Aplicando la siguiente expresión (Ecuación 4.2) tenemos que.

$$Hm = \left(\frac{m_h - m_s}{m_h} \right) * 100$$

$$Hm = \left(\frac{50 - 33}{50} \right) * 100\%$$

$$Hm = 35\%$$

5.2. Diseño del rallo

Los parámetros básicos obtenidos para el diseño del rallo se presentan a continuación.

- Presión unitaria

Para el valor de la presión unitaria se utilizó la ecuación (4.2).

$$\mathcal{P}_u = \frac{f}{A}$$

$$\mathcal{P}_u = \frac{35.58}{0.0115}$$

$$\mathcal{P}_u = 3094.42 \text{ (Pa)}$$

- Fuerza total

Para el valor de la fuerza total se utilizó la ecuación (4.3).

$$f_t = A * \mathcal{P}_u$$

$$f_t = 0.0245 * 3094.42$$

$$f_t = 75.81 \text{ (N)}$$

- Torque

Para obtener valor de fuerza total se usó la ecuación (4.4).

$$\mathcal{T}_r = f_t * r_c$$



$$T_r = 75.81 * 0.125$$

$$T_r = 9.47 \text{ (N.m)}$$

- Velocidad angular

La velocidad angular se empleo la ecuación (4.5).

$$\omega = \frac{2 * \pi * n}{60}$$

$$\omega = \frac{2 * \pi * 2400}{60}$$

$$\omega = 251.3 \text{ (rad/s)}.$$

- Potencia del motor

La potencia del motor se utilizó la ecuación (4.6).

$$P = \frac{T_r * \omega}{\eta}$$

$$P = \frac{9.47 * 251.3}{0.94}$$

$$P = 3325.7 \text{ (W)}.$$

- Transmisión

- Relación de transmisión

La relación de transmisión se determinó con la ecuación (4.7).

$$K = \frac{N}{n}$$

$$K = \frac{3600}{2400}$$

$$K = 1.5$$

- Coeficiente C

Para la potencia corregida se utilizó en siguiente.

$$P_C = P * C$$

$$P_C = 3325.7 * 1.2$$

$$P_C = 3990 \text{ (W)}.$$

- Selección de la correa

El perfil de la correa se seleccionó mediante la figura (4.3).

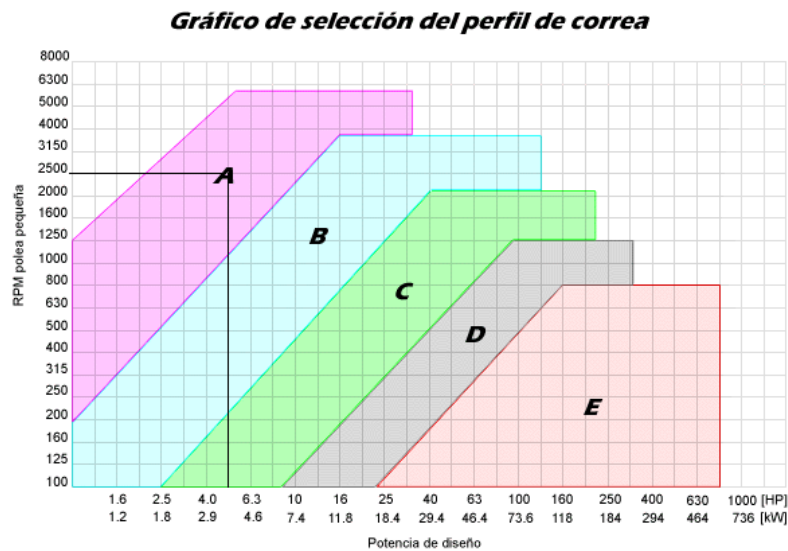


Figura 5.1 Selección de la correa

La correa seleccionada es de tipo A cuyas características son.

Ancho primitivo normal	b_p 11mm.
Ancho aproximado de la base	b 13mm.
Altura aproximada	h 8mm
Ángulos de los flancos	40°

- Selección del diámetro de la polea conductora

El valor de la polea que se seleccionó es de 100mm de diámetro.

- Diámetro de la polea conducida

El diámetro de la polea conducida se calculó con la ecuación (4.9).



$$D = \frac{d \cdot n_1}{n_2}$$

$$D = \frac{100 \cdot 3600}{2400}$$

$$D = 150 \text{ (mm)}$$

- Distancia entre ejes

La distancia entre ejes se obtuvo con la ecuación (4.10).

$$I \geq \frac{(K+1) \cdot d}{2} + d$$

$$I \geq \frac{(1.5+1) \cdot 100}{2} + 100$$

$$I \geq 225 \text{ (mm)}.$$

Se toma el valor 500 mm por condiciones de diseño.

- Longitud primitiva de la correa

Se calculó con la ecuación (4.11).

$$L = 2I + 1.57(D + d) + \frac{(D-d)^2}{4I}$$

$$L = 2(500) + 1.57(150 + 100) + \frac{(150-100)^2}{4(500)}$$

$$L = 1393 \text{ (mm)}$$

Seleccionamos la correa A55 cuyo valor es $L^=1427 \text{ mm}$

- Distancia entre ejes corregida

Con la ecuación (4.12) se calculó el valor correspondiente.

$$I_e = I \pm \frac{L-L^}{2}$$

$$I_e = 500 \pm \frac{1393-1427}{2}$$

$$I_e = 517 \text{ (mm)}$$

$$I_e = 483 \text{ (mm)}$$

Por razones de diseño se asume el valor de $I_e = 483 \text{ mm}$



- Determinación del arco de contacto

El valor del arco de contacto se calculó con la ecuación (4.13)

$$\gamma = 180 - 57 \frac{D-d}{l_e}$$

$$\gamma = 180 - 57 \frac{150-100}{483}$$

$$\gamma = 174.2^\circ$$

- Número de correas

Se calculó con la ecuación (4.14).

$$z = \frac{P_c}{P_o * C_3 * C_2}$$

$$z = \frac{3.7}{3.41 * 0.99 * 0.92}$$

$$z = 1.6$$

Se seleccionó 2 correas para el diseño.

- Esfuerzo de tracción

Este está dado por la aplicación de las ecuaciones (4.15), (4.16), (4.17), (4.18), (4.19), (4.20).

$$w_o = T_E + T_b + T_C$$

$$w_o = 225.5 + 247.94 + 40.08$$

$$w_o = 512.5 (N)$$

- Verificación de los ciclos de flexión

Con la ecuación (4.21), se determinó que.

$$if = 1000 * np * \frac{v_c}{L}$$

$$if = 1000 * 2 * \frac{20.3}{1427}$$

$$if = 28.45 (s^{-1})$$



- Fuerza ejercida en los ejes

Con la ecuación (4.22), se obtuvo la siguiente fuerza.

$$F_e = 2 * w_o * z * \text{sen} \frac{\gamma}{2}$$

$$F_e = 2 * 512.5 * 2 * \text{sen} \frac{147.2}{2}$$

$$F_e = 2010 \text{ (N)}$$

- Momento torsor

El momento torsor se calculo con la ecuación (4.23).

$$M_t = \frac{P_c * \eta}{\omega}$$

$$M_t = \frac{3700 * 0.94}{251}$$

$$M_t = 14 \text{ (N.m)}$$

- Esfuerzo tangencial

El esfuerzo tangencial está dado por la siguiente ecuación (4.24).

$$\tau = \frac{M_t}{r_p}$$

$$\tau = \frac{14}{0.075}$$

$$\tau = 187 \text{ (N)}$$

- Diámetro mínimo del árbol

Aplicada la ecuación (4.25) se tuvo que.

$$d_m \geq \sqrt[3]{16 \frac{M_t}{\pi x \tau_{adm}}}$$

$$d_m \geq \sqrt[3]{16 \frac{14}{\pi * 1.2 * 10^8}}$$

$$d_m \geq 8 \text{ (mm)}$$

- Peso del Cilindro

Aplicando las ecuaciones (4.26), (4.27) se tuvo como resultado que.

$$P_{cil} = P_e * m$$

$$P_{cil} = 77008.8 * 0.000201$$

$$P_{cil} = 15.55 \text{ (N)}$$

- Momento flector

El momento flector se obtuvo el siguiente valor.

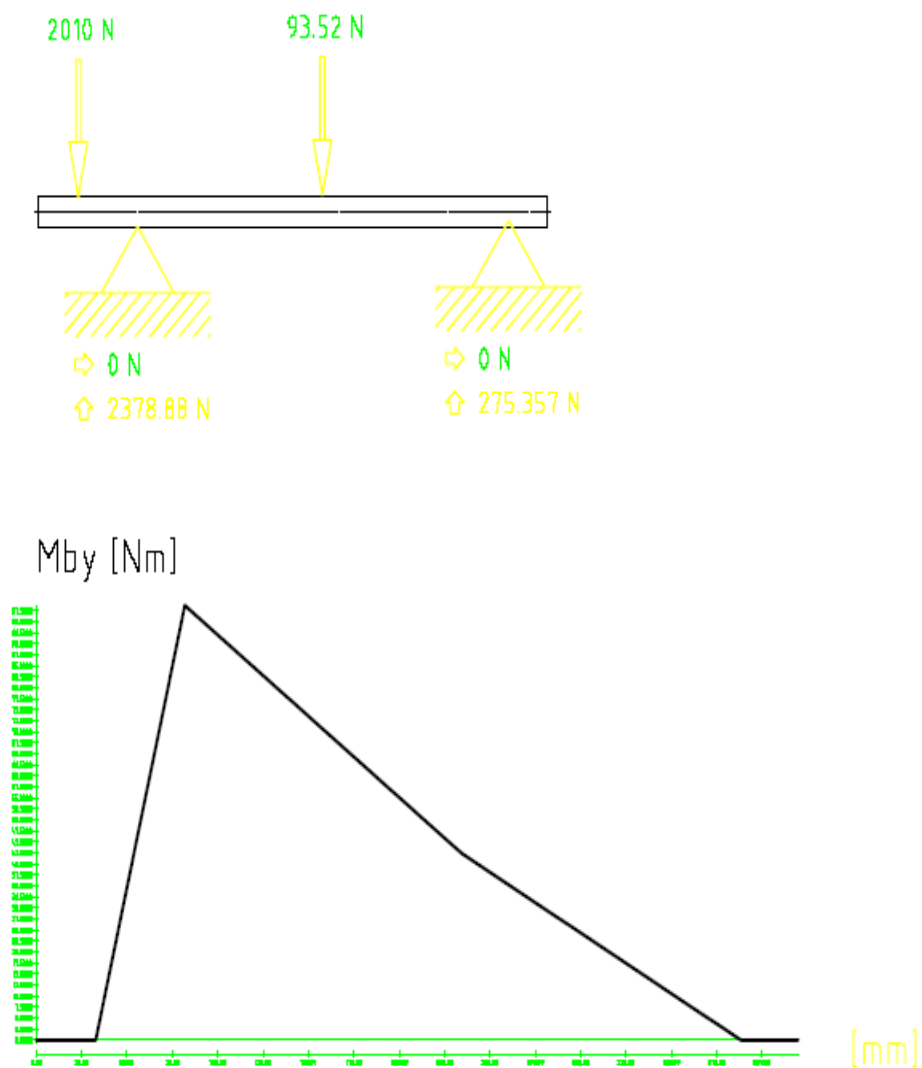


Figura 5.2. Momento flector del eje del rallo.

El valor del momento flector es 98.7 (N.m) se obtuvo



- Momento equivalente

El momento equivalente se calculó con la ecuación (4.28).

$$M_E = \sqrt{M_t^2 + M_f^2}$$

$$M_E = \sqrt{14^2 + 98.7^2}$$

$$M_E = 99.71 \text{ (N.m)}$$

- Momento ideal

El momento ideal se calculó con la ecuación (4.30).

$$M_i = 0.35M_f + 0.65M_E$$

$$M_i = 0.35 * 98.7 + 0.65 * 99.71$$

$$M_i = 43.77 \text{ (N.m)}$$

- Diámetro del eje

Se calculó con la ecuación (4.29).

$$d_{eje} \geq \sqrt[3]{\frac{10 * M_i}{\delta}}$$

$$d_{eje} \geq \sqrt[3]{\frac{10 * 43.77}{588 * 10^6}}$$

$$d_{eje} \geq 9 \text{ (mm)}$$

- Rodamientos

Los rodamientos se calcularon con las ecuaciones siguientes.

➤ Carga radial equivalente ecuación (4.31):

$$C_e = Rx + Ty$$

$$C_e = 2378.88 * 1 + 713 * 0$$

$$C_e = 2378.88 \text{ (N)}$$

➤ Carga requerida ecuación (4.32);

$$C_r = \frac{C_e (L_{10} * n)^{\frac{1}{k}}}{Z}$$



$$C_r = \frac{2378.88(8000 \cdot 2400)^{\frac{1}{3}}}{2}$$

$$C_r = 24.44 \text{ (kN)}$$

Con este valor se selecciono el rodamiento de acuerdo al catálogo es SKF SYM 1 3/4 FT, cuyas características se detallan (Anexo 6C, Tabla a-2) a continuación.

Diámetro interior	44.45 (mm)
Capacidades de carga	
Dinámica	35.1 (kN)
Estática	23,2 (kN)
Frecuencia de giro	4000 (r.p.m.)

- **Calculo de chavetas**

La chaveta se calculó con la aplicación de las ecuaciones (4.33), (4.34), (4.35), (4.36), (4.37), (4.38), (4.39).

Así se obtuvo los siguientes resultados:

$$b=14\text{mm}$$

$$h=9\text{mm}$$

Y la profundidad del chavetero del eje: 6mm

La profundidad del chavetero de la polea: 4.3mm, en ambos casos tenemos una tolerancia de +0.1.

La longitud mínima que la chaveta tiene es la que obtuvo con el criterio de aplastamiento 5.7 (mm), la longitud real de la chaveta el espesor de la polea.

- **Diseño del cilindro rallador**

- **Soldadura del cilindro**

La soldadura del cilindro se calculo con la ecuación (4.40).

$$P_{cilindro} = \frac{f_t}{A_c}$$



$$P_{cilindro} = \frac{75.81}{0.0245}$$

$$P_{cilindro} = 3094 \text{ (Pa)}$$

El electrodo seleccionado es de fabricado por AGA y su denominación es E 308L-16.

- **Diseño de la estructura**

La estructura se calculó con los siguientes criterios.

- **Área transversal del perfil angular**

Se determino con la siguiente ecuación (4.41).

$$A \geq \frac{FA}{[\sigma]}$$

$$A \geq \frac{2378}{58.8}$$

$$A \geq 39 \text{ (mm}^2\text{)}$$

El valor del perfil seleccionado es de 3.08 cm².

- **Soldadura**

La soldadura se calculó bajo las siguientes condiciones.

$$a1 = 2.5\text{mm.}$$

$$a2 = 3\text{mm.}$$

$$\text{Valor mínimo } l \geq 15 * a. \text{ o } l \geq b.$$

$$\text{Valor máximo } l \leq 60 * a. \text{ o } l \leq 12*b.$$

Tomando en cuenta estas condiciones y por el diseño de la estructura asumiremos una longitud del cordón de $l \geq b$, b es ancho del perfil seleccionado de 40 mm.

- **Análisis de estabilidad**

Se calculó con la ecuación (4.43).

$$P_{crit} = \frac{\pi^2 EI_{min}}{l_e^2}$$

$$P_{crit} = \frac{\pi^2 207 * 10^{12} * 89400}{2320^2}$$

$$P_{crit} = 3.2 * 10^{10} \text{ (N)}$$

Además la aplicación de la ecuación (4.42)

$$P_{adm} = \frac{P_{crit}}{n_c}$$

$$P_{adm} = \frac{3.2 \cdot 10^{10}}{3}$$

$$P_{adm} = 1.09 \cdot 10^{10} \text{ (N)}$$

Haciendo comparación de la fuerza admisible obtenida con la fuerza que esta aplicada cuyo valor es 504.5 N por ende tenemos que se cumple la condición para que haya estabilidad que es $P_{aplic} < P_{adm}$.

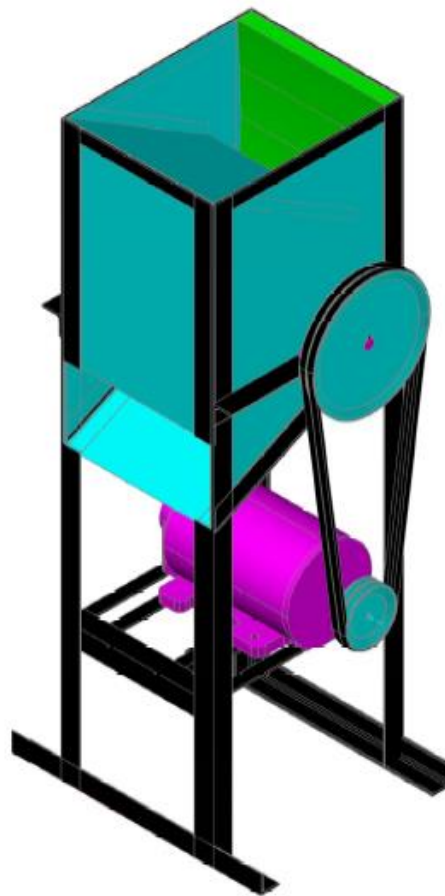


Figura 5.3. Diseño del rallo mecánico.

5.3. Diseño del tamiz

- **Potencia del tamiz**
- **Momento de inercia de un cilindro**



Se cálculo por la ecuación (4.44), (4.45).

$$M = \rho * v$$

$$M = 7850 * 0.006$$

$$M = 47.1 \text{ (kg)} = 461.6 \text{ (N)}$$

$$I_c = \frac{1}{2}MR^2$$

$$I_c = \frac{1}{2}461.6 * 0.6^2$$

$$I_c = 83.104 \text{ (N.m)}$$

- **Potencia requerida**

Se cálculo con la ecuación (4.46).

$$P = \left(\frac{I_c * n}{974.2}\right) f_s$$

$$P = \left(\frac{8.48 * 50}{974.2}\right) 3$$

$$P = 1.34 \text{ (kW)}$$

- **Potencia de diseño**

Se determino con la ecuación (4.8).

$$P_C = P * C$$

$$P_C = 1.34 * 1.2$$

$$P_C = 1.6 \text{ (W)}.$$

Se escogió un motor eléctrico con 1.5 kW de potencia a 1200rpm, 60Hz.

- **Transmisión**

- **Relación de transmisión**

La relación de transmisión se determinó con la ecuación (4.7).

$$K = \frac{N}{n}$$

$$K = \frac{1200}{228}$$

$$K = 5.2$$

- Selección de la correa

El perfil de la correa se seleccionó mediante la figura (4.3).

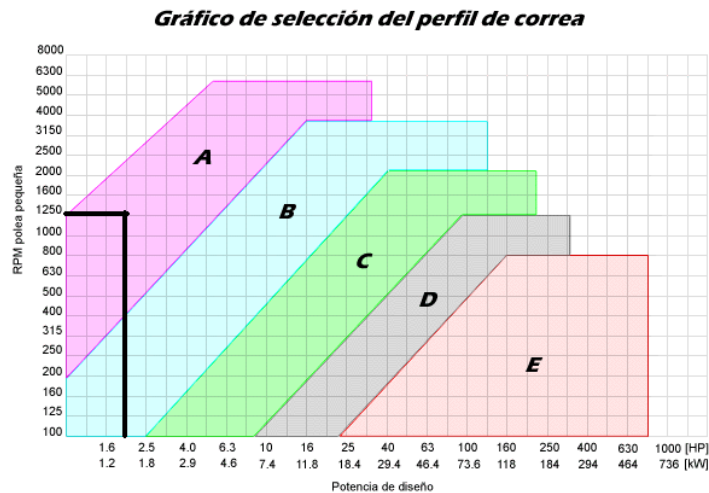


Figura 5.4. Selección de la correa del tamiz

La correa seleccionada es de tipo A cuyas características son.

Ancho primitivo normal	b_p 11mm.
Ancho aproximado de la base	b 13mm.
Altura aproximada	h 8mm
Ángulos de los flancos	40°

- Selección del diámetro de la polea conductora

El valor de la polea que se seleccionó es de 76 mm de diámetro.

- Diámetro de la polea conducida

El diámetro de la polea conducida se calculó con la ecuación (4.9).

$$D = \frac{d * n_1}{n_2}$$

$$D = \frac{76 * 1200}{228}$$

$$D = 400 \text{ (mm)}.$$



- Distancia entre ejes

La distancia entre ejes se obtuvo con la ecuación (4.10).

$$I \geq \frac{(K+1)*d}{2} + d$$

$$I \geq \frac{(5.2+1)*76}{2} + 76$$

$$I \geq 312 \text{ (mm)}.$$

Se toma el valor 400mm por condiciones de diseño.

- Longitud primitiva de la correa

Se calculó con la ecuación (4.11).

$$L = 2I + 1.57(D + d) + \frac{(D-d)^2}{4I}$$

$$L = 2(400) + 1.57(400 + 76) + \frac{(400-76)^2}{4(400)}$$

$$L = 1689 \text{ (mm)}$$

Seleccionamos la correa A68 cuyo valor es $L' = 1757 \text{ mm}$

- Distancia entre ejes corregida

Con la ecuación (4.12) se calculó el valor correspondiente.

$$I_e = I \pm \frac{L-L'}{2}$$

$$I_e = 400 \pm \frac{1689-1757}{2}$$

$$I_e = 366 \text{ (mm)}$$

$$I_e = 434 \text{ (mm)}$$

Por razones de diseño se asume el valor de $I_e = 434 \text{ mm}$

- Determinación del arco de contacto

El valor del arco de contacto se calculó con la ecuación (4.13)

$$\gamma = 180 - 57 \frac{D-d}{I_e}$$

$$\gamma = 180 - 57 \frac{400-76}{434}$$



$$\gamma = 137.4^\circ$$

- Número de correas

Se calculó con la ecuación (4.14).

$$z = \frac{P_c}{P_o * C_3 * C_2}$$

$$z = \frac{1.6}{2.08 * 1 * 0.88}$$

$$z = 0.81$$

Se seleccionó 1 correas para el diseño.

- Esfuerzo de tracción

Este está dado por la aplicación de las ecuaciones (4.15), (4.16), (4.17), (4.18), (4.19), (4.20).

$$w_o = T_E + T_b + T_C$$

$$w_o = 282.7 + 326.23 + 2.61$$

$$w_o = 611 (N)$$

- Verificación de los ciclos de flexión

Con la ecuación (4.21), se determinó que.

$$if = 1000 * np * \frac{v_c}{L}$$

$$if = 1000 * 1 * \frac{5.2}{1757}$$

$$if = 28.52 (s^{-1})$$

- Fuerza ejercida en los ejes

Con la ecuación (4.22), se obtuvo la siguiente fuerza.

$$F_e = 2 * w_o * z * \text{sen} \frac{\gamma}{2}$$

$$F_e = 2 * 611 * 1 * \text{sen} \frac{137.4}{2}$$



$$F_e = 1138 \text{ (N)}$$

- Momento torsor

El momento torsor se calculo con la ecuación (4.23).

$$M_t = \frac{P_c * \eta}{\omega}$$

$$M_t = \frac{1600 * 0.94}{125.66}$$

$$M_t = 12 \text{ (N.m)}$$

- Esfuerzo tangencial

El esfuerzo tangencial está dado por la siguiente ecuación (4.24).

$$\tau = \frac{M_t}{r_p}$$

$$\tau = \frac{12}{0.2}$$

$$\tau = 63.5 \text{ (N)}$$

- Diámetro mínimo del árbol

Aplicada la ecuación (4.25) se tuvo que.

$$d_m \geq \sqrt[3]{16 \frac{M_t}{\pi x \tau_{adm}}}$$

$$d_m \geq \sqrt[3]{16 \frac{12}{\pi * 1.2 * 10^8}}$$

$$d_m \geq 0.008 \text{ (m)} \cong 8 \text{ (mm)}$$

- Análisis de las fuerzas que actúan sobre el eje

Las fuerzas que se analizaron son las siguientes.

Carga transmitida ecuación (4.49)

$$W_t = \frac{60 * 1000 P_c}{\pi * D * n}$$

$$W_t = \frac{60 \cdot 1000 \cdot 1.6}{\pi \cdot 300 \cdot 50}$$

$$W_t = 1.9 \text{ (kN)}$$

Fuerza que actúe sobre el eje (4.48).

$$F_{21} = \frac{F_t \cdot 21}{\cos \alpha}$$

$$F_{21} = \frac{1.9}{\cos 20}$$

$$F_{21} = 0.69 \text{ (kN)}$$

- Momento flector

El momento flector se obtuvo el siguiente valor.

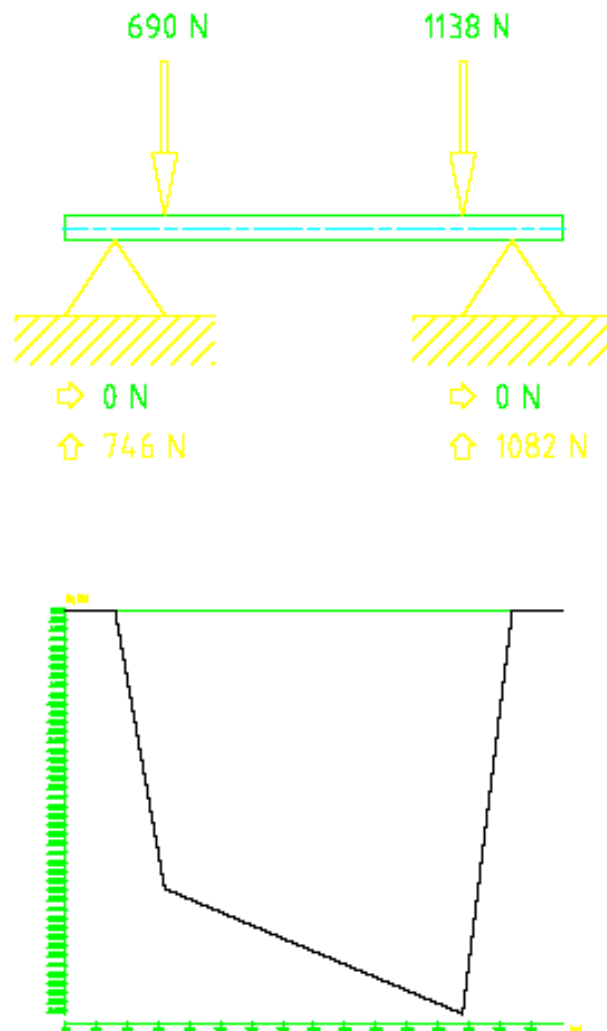


Figura 5.5. Momento flector del eje del rallo.

El valor del momento flector es 43.28 (N).



- Momento equivalente

El momento equivalente se calculó con la ecuación (4.28).

$$M_E = \sqrt{M_t^2 + M_f^2}$$

$$M_E = \sqrt{12^2 + 43.28^2}$$

$$M_E = 45.1 \text{ (N.m)}$$

- Momento ideal

El momento ideal se calculó con la ecuación (4.30).

$$M_i = 0.35M_f + 0.65M_E$$

$$M_i = 0.35 * 43.28 + 0.65 * 45.1$$

$$M_i = 44.46 \text{ (N.m)}$$

- Diámetro del eje

Se calculó con la ecuación (4.29).

$$d_{eje} \geq \sqrt[3]{\frac{10 * M_i}{\delta}}$$

$$d_{eje} \geq \sqrt[3]{\frac{10 * 44.46}{588 * 10^6}}$$

$$d_{eje} \geq 9 \text{ (mm)}$$

- Rodamientos

Los rodamientos se calcularon con las ecuaciones siguientes.

➤ Carga radial equivalente ecuación (4.31):

$$C_e = Rx + Ty$$

$$C_e = 1082 * 1 + 324.6 * 0$$

$$C_e = 1082 \text{ (N)}$$

➤ Carga requerida ecuación (4.32);

$$C_r = \frac{C_e (L_{10} * n)^{\frac{1}{k}}}{Z}$$



$$C_r = \frac{1082(8000 \cdot 228)^{\frac{1}{3}}}{25.6}$$

$$C_r = 5.16 \text{ (kN)}$$

Con este valor se selecciono el rodamiento de acuerdo al catálogo es SKF SYJ 25 TF, cuyas características son (Anexo 6C, Tabla b-2).

Diámetro interior	25 (mm)
Capacidades de carga	
Dinámica	14 (kN)
Estática	7.8 (kN)
Frecuencia de giro	7000 (r.p.m.)

- Chavetas

La chaveta se calculó con la aplicación de las ecuaciones (4.33), (4.34), (4.35), (4.36), (4.37), (4.38), (4.39).

Así se obtuvo los siguientes resultados:

$$b = 8 \text{ mm}$$

$$h = 7 \text{ mm}$$

Y la profundidad del chavetero del eje: 4mm

La profundidad del chavetero de la polea: 3.3mm, en ambos casos tenemos una tolerancia de +0.1.

La longitud mínima que la chaveta tiene es la que obtuvo con el criterio de aplastamiento 5.9 (mm), la longitud real de la chaveta el espesor de la polea.

- Engranajes

La tensión en el diente del engranaje está calculada con las siguientes ecuaciones (4.50), (4.51).

$$M_t = W_t * r$$

$$M_t = 1900 * 0.037$$

$$M_t = 61.74 \text{ (N.m)}$$

$$\sigma = \frac{M_t * q}{e * m * r}$$



$$\sigma = \frac{61.74 \cdot 3.6}{0.06 \cdot 4 \cdot 0.032}$$

$$\sigma = 28940 \text{ (N/m}^2\text{)} = 0.28 \text{ (kg/mm}^2\text{)}$$

Así tenemos que el material a utilizar es Fundición gris de 21 kg.

- Presión de rodadura y duración

Esta dado por la ecuación (4.52).

$$k = \frac{3.12 \cdot W_t \cdot (K \pm 1)}{e \cdot d \cdot K}$$

$$k = \frac{3.12 \cdot 1900 \cdot (4.56 - 1)}{0.06 \cdot 0.65 \cdot 4.56}$$

$$k = 118666 \text{ (N/m}^2\text{)} = 116 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

- Datos constructivos de la transmisión por engranajes

$$d_1 = 65 \text{ (mm)}$$

$$d_2 = 300 \text{ (mm)}$$

$$z_1 = 16$$

$$z_2 = 75$$

$$m = 4$$

$$\alpha = 20^0 \text{ (diente normal)}$$

$$C = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{d + D}{2} = 182.5 \text{ (mm)}$$

$$a = 1 \cdot m = 1 \cdot 4 = 4 \text{ (mm)}$$

$$b = 1.25 \cdot m = 1.25 \cdot 4 = 5 \text{ (mm)}$$

$$h = 2.25 \cdot m = 2.25 \cdot 4 = 9 \text{ (mm)}$$

$$p = \pi \cdot m = \pi \cdot 4 = 12.56 \text{ (mm)}$$

$$e = \frac{\pi \cdot m}{2} = \frac{\pi \cdot 4}{2} = 6 \text{ (mm)}$$

$$d_{ex1} = m \cdot (z_1 + 2) = m \cdot (16 + 2) = 72 \text{ (mm)}$$

$$d_{ex2} = m \cdot (z_2 + 2) = m \cdot (75 + 2) = 308 \text{ (mm)}$$

$$B = 10 \cdot m = 10 \cdot 4 = 40 \text{ (mm)}$$

- Chaveta del piñón

El piñón utilizó el mismo cálculo de la polea conducida, por lo tanto tenemos la misma chaveta.

Diseño del tamiz mecánico

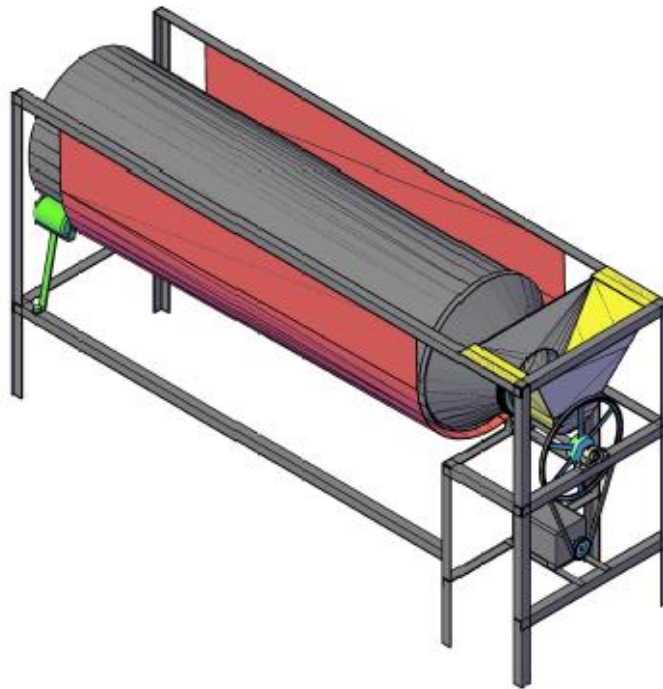


Figura 5.6. Diseño del tamiz mecánico

5.4. Diseño del Secador solar.

- Contenido de agua a remover del almidón

Viene dado por la ecuación (4.53).

$$C_{agua} = (m_h * H_m) - (0.01 * H_f * m_s)$$

$$C_{agua} = (50 * 0.35) - (0.01 * 0.17 * 33)$$

$$C_{agua} = 17.94 \text{ (kg)}$$

- Energía calorífica requerida

Viene dado por la ecuación (4.54).



$$Er = C_{agua} * Cl$$

$$Er = 17.94 * 650$$

$$Er = 11661 \text{ (kcal)} = 13.56 \text{ (kwh)}$$

- Cálculo del área del colector

Viene dado por la ecuación (4.55)

$$Ac = \frac{Er * a}{R_s}$$

$$Ac = \frac{13.56 * 1}{3.86}$$

$$Ac = 3.5 \text{ (m}^2\text{)}$$

- Relación peso-volumen

Viene dado por la ecuación (4.56).

$$Ar = \frac{val}{e}$$

$$Ar = \frac{0.069}{0.01}$$

$$Ar = 6.9 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$Ar = \frac{0.069}{0.02}$$

$$Ar = 3.45 \text{ (m}^2\text{)}$$

El secador puede ser construido la parte estructural de madera, por cuestión de costos se recomienda eucalipto ya que es una especie exótica y se encuentra con facilidad en el mercado y no se fomenta la tala de bosques nativos.

La cubierta y forrado de paredes se recomienda plástico de invernadero ya que por cuestiones de costos en la implementación es el material más favorable.

Es recomendable ponerlo sobre una superficie de plástico negro elevada del suelo el cual debe tener gravilla, con esto se puede asegurar un efecto invernadero en las noches para así disminuir el tiempo de secado, en caso de hacerlo sobre una plataforma de concreto se lo puede colocar directo sobre esta el plástico negro y sobre este el almidón,



5.5.Aproximación Económica

- Materiales Rallo, Tamiz, Secador Solar.

Denominación		Cantidad	Costo unitario	Subtotal	
Rallo mecánico	Material mecánico	PERFIL L 40X40X4	10 m	3.09	30.90
		PLANCHA DE ACERO INOXIDABLE 0.7mm	1.2m ²	28.6	34.32
		PLANCHA DE ACERO INOXIDABLE 1mm	0.3 m ²	38.5	11.55
		EJE DE ACERO INOXIDABLE 44.5mm	0.42m	107.14	45.00
		PECHERO MADERA	1	5.00	5.00
		REMACHES	10	0.50	5.00
		PERNOS M16	4	0.50	2.00
		PERNOS M10	8	0.25	2.00
		TUERCAS M16	4	0.30	1.20
		TUERCAS M10	8	0.10	0.80
		CHAVETA 14X9	1	16.00	16.00
		CHAVETA 7X8	1	7.00	7.00
		CHUMACERA DE PIE SYM 1.3/4 FT	2	14.56	29.12
		POLEA DE ALUMIO DE 150mm DOS CANALES	1	6.00	6.00
		POLEA DE ALUMIO DE 100mm DOS CANALES	1	4.80	4.80
		BANDA TRAPEZOIDAL A 55	2	2.50	5.00
	Material eléctrico	MOTOR P= 3.7 kW N°L=3L In=15 A	1	394	394
		CONTACTORES V=220V Vb=110V In=20A	2	35.00	70.00
		TEMPORIZADOR Vb=110V $\Delta t=1-10\text{seg}$	1	15.00	15.00
		BOTONERA	1	9.00	9.00



		V=110V Arranque /parada			
		LAMPARAS DE SEÑALIZACION N=1.2 w V=24 V	3	2.00	6.00
		RESISTENCIAS P=4.5w R=1800Ω	3	0.25	0.75
		FUSIBLES 20 A	3	4.50	13.50
		Tripolar I=20ª	1	4.50	4.50
Subtotal					646.44 \$
Tamiz	Material mecánico	PERFIL L 40X40X4	25 m	3.09	77.25
		PLANCHA DE ACERO INOXIDABLE 1 mm	5 m ²	38.50	192.50
		PLATINA DE ACERO INOXIDABLE 25X4	11 m	6.06	66.66
		EJE DE ACERO DE 25 mm	0.4m	13.45	5.38
		RUEDA DENTADA 300 mm	1	45.00	45.00
		PIÑON 65 mm	1	15.00	15.00
		RODILLO DE ACERO INOXIDABLE	1	30.00	30.00
		PERNO Y TUERCA DE ACERO INOXIDABLE M16	1	15.00	15.00
		CHAVETA 5X5	1	5.00	5.00
		CHAVETA 7X8	1	7.00	7.00
		CHUMACERA DE PIE SYJ 25 FT	2	9.50	19.00
		POLEA DE ALUMIO DE 76 mm	1	3.00	3.00
		POLEA DE ALUMIO DE 400 mm	1	16.50	16.50
		REMACHES 6mm	47	0.50	23.50
		PERNOS M16	6	0.50	3.00
		PERNOS M10	8	0.25	2.00
		TUERCAS M16	6	0.30	1.80
		TUERCAS M10	8	0.10	0.80
		MALLA DE ACERO	2	39.20	78.40



		INOXIDABLE 8 MESH			
		SUPER NYLON DE 80 MESH	2	3.25	6.50
		BANDA TRAPEZOIDAL A 68	1	3.50	3.50
		TUBO REDONDO DE ACERO INOX ¾	1.5	7.50	11.25
		VÁLVULA DE ¾ DE A/C	1	10	10.00
	Material eléctrico	MOTOR P= 1.5 kW N°L=1L In=6.5 A	1	176.96	176.96
		CONTACTORES V=220V Vb=110V In=20A	1	35.00	35.00
		BOTONERA V=110V Arranque /parada	1	9.00	9.00
		LAMPARAS DE SEÑALIZACION N=1.2 w V=24 V	1	2.00	2.00
		RESISTENCIAS P=4.5w R=1800Ω	1	0.25	0.25
		FUSIBLES 20 A	2	4.500	9.00
		Tripolar I=20 A	1	2.50	2.50
				Subtotal	879.96 \$
Secado Solar		PLASTICO PARA INVERNADERO	22 m ²	0.20	4.40
		ESTRUCTURA DE MADERA	30 m	0.70	21.00
		GRABA DE ¾"	0.5 m ³	15.00	7.50
		PLATAFORMA DE MADERA	7 m ²	5.00	35.00
				Subtotal	68 \$
				Total	1594.40 \$

5.6. Resultados objetivo específico 2.

Los resultados del objetivo específico 2 que presentamos a continuación describen con imágenes el desarrollo de la socialización que se llevó a cabo en la parroquia Malacatos, cantón Loja.



En estas imágenes se muestra la participación de los agricultores productores de almidón mostrando interés por parte de ellos hacia la propuesta tecnológica que se hizo con la investigación (láminas proyectadas Anexo C12).



5.7. Análisis técnico-económico

En un año solo se puede cosechar los rizomas en los meses que no son de lluvias debido al alto contenido de agua en el rizoma lo que provoca que disminuya el almidón, estos son; enero, febrero, marzo y abril. Con este antecedente se tiene el siguiente análisis técnico-económico.

Semanas por año = 36

Horas de rallado = 2(día)

Días a la semana = 3

Capacidad del rallador mecánico = 700kg/h

Para obtener los kilogramos de rizoma que se necesita en un año se multiplican las semanas por año, días a la semana, horas de rallado y la capacidad del rallador mecánico, teniendo así $\text{rizomas por año} = 151200 \frac{\text{kg}}{\text{año}} \cong 151.2 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$. Ahora se tiene que por cada hectárea de terreno se produce 30ton de rizoma, así tenemos que, para trabajar de manera continua es necesario una plantación de 5.04ha.

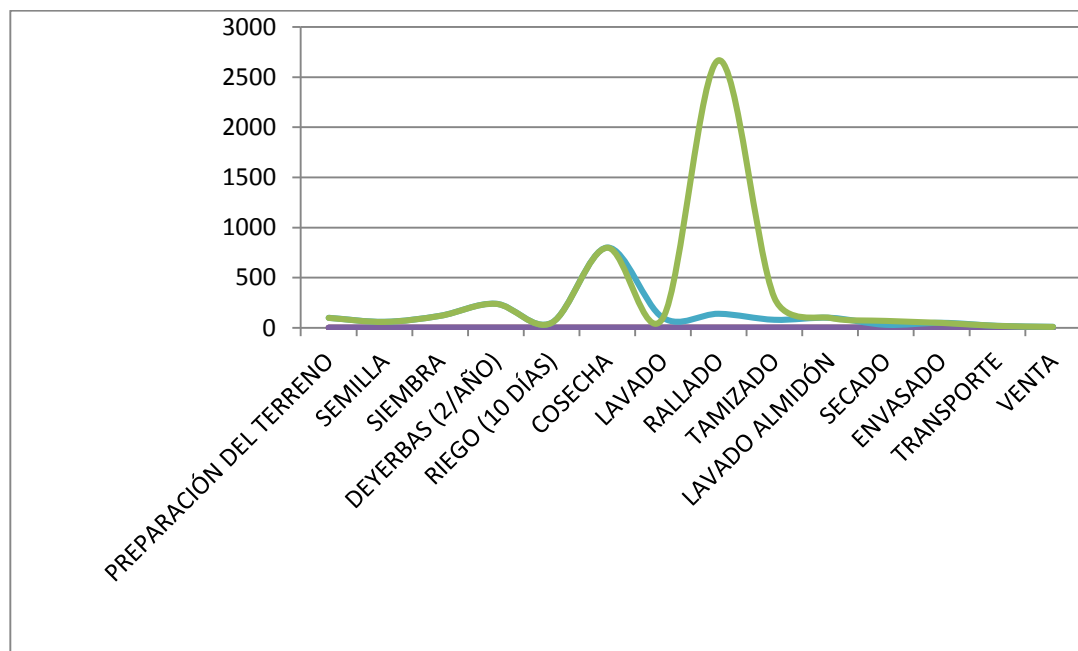
La capacidad del rallo que es de 700kg/h es necesaria porque el proceso de extracción lo exige así, caso contrario las 8 horas del día de trabajo no sería suficiente.

COSTOS DE PRODUCCIÓN						
	PROCESO MANUAL			PROCESO MECÁNICO		
	CANTIDAD	COST/UNIT	SUBTOTAL	CANTIDAD	COST/UNIT	SUBTOTAL
PREPARACIÓN DEL TERRENO	5 horas de tractor	20,00	100,00	5 horas de tractor	20,00	100,00
SEMILLA	60 sacos	1,00	60,00	60 sacos	1,00	60,00
SIEMBRA	12 jornales	10,00	120,00	12 jornales	10,00	120,00
DEYERBAS (2/AÑO)	24 jornales	10,00	240,00	24 jornales	10,00	240,00
RIEGO (10 DÍAS)	5 jornales	10,00	50,00	5 jornales	10,00	50,00
COSECHA	80 jornales	10,00	800,00	80 jornales	10,00	800,00
LAVADO	10 jornales	10,00	100,00	10 jornales	10,00	100,00
RALLADO	267 jornales	10,00	2670,00	11 jornales 11 días de depre	Dep. 30.00 jorn. 110.00	140,00



TAMIZADO	30 jornales	10,00	300,00	6 jornales 6 días de depreciación	Dep. 20.00 jorn. 60.00	80,00
LAVADO ALMIDÓN	10 jornales	10,00	100,00	10 jornales	10,00	100,00
SECADO	1 jornal para 7 días	10,00	70,00	1 jornal para 3 días	10,00	30,00
ENVASADO	5 jornales	10,00	50,00	5 jornales	10,00	50,00
TRANSPORTE	1 carrera	20,00	20,00	1 carrera	20,00	20,00
VENTA	1 jornal	10,00	10,00	1 jornal	10,00	10,00
TOTAL			4690,00			2100,00

COSTOS DE PRODUCCIÓN



En la provincia de Loja se produce por hectárea de 1909 kg, de almidón, el costo del almidón es de 2.64\$ P.V.P. el kilogramo, obteniendo así un ingreso de 5093\$ por hectárea.

La inversión para la implementación de las máquinas y el secador solar es de 5000\$ aproximadamente, si por hectárea se produce 5093\$ de ingresos y se tiene que los costos de producción con la maquinaria es de 2100\$, la inversión se recupera trabajando dos hectáreas.



6. DISCUSIÓN

Discusión de los resultados del rallo mecánico

De acuerdo a los resultados anteriores, la potencia del motor requerida es de 3,7 kW lo que significa que es la capacidad del motor para trabajar en óptimas condiciones. La potencia determinada es relativamente moderada porque en el mercado se dispone de motores con esta capacidad y con fácil acceso de compra y disponibilidad de energía.

La transmisión en una máquina es una de las partes más importantes, ya que de esta depende dar el movimiento a todos los elementos que están acoplados a la parte motriz. Todos los elementos de transmisión se calcularon con factores de seguridad y materiales que garantizan la durabilidad y eficiencia en el momento de estar a plena carga, lo cual es un parámetro importante dentro del diseño; además los materiales empleados son de fácil acceso con lo cual se puede decir que durante su construcción no representará inconvenientes por parte de estos.

El cilindro rallador cumple la función de romper la fibra del tubérculo, por lo tanto este debe ser construido con materiales inoxidables (acero inoxidable) que den una cierta seguridad al proceso de rallado ya que este cilindro estará en contacto con alimentos que serán de consumo humano, se obtuvo un valor presión en el cilindro de 3094 N/m² el mismo que se lo comparó con el catálogo de soldadura AGA para ver la correspondencia de electrodo cuya denominación es E 308L-16, material que si está disponible en el mercado.

La estructura del rallo es fundamental para ensamblar todos los elementos de transmisión y dar estabilidad y confiabilidad al momento de ejercer trabajo, el área del perfil angular determinado es de 3,08 cm² lo que significa que con esta área es suficiente para soportar adecuadamente el esfuerzo generado por la máquina. Por su parte, el análisis de estabilidad está en función del perfil seleccionado, los resultados demuestran que el valor que se genera es decir 504,5 N es menor a la carga admisible equivalente a $1,09 \times 10^{10}$ (N) lo que significa que hay estabilidad.



Discusión resultados del tamiz mecánico

Con el valor de la potencia del motor se garantiza el funcionamiento de todo el mecanismo diseñado. De acuerdo con los resultados que se describen, la potencia del motor calculada (1.5 kW) se la obtuvo de un análisis que parte del momento de inercia de un cilindro donde se tuvo como resultado la potencia mínima necesaria, a esta se multiplica por un factor de seguridad que garantiza que la máquina no trabaje forzada y que el tamiz no tenga inconvenientes en el momento de trabajar a plena carga. El valor de potencia calculada es para un motor de fácil acceso en el medio.

La transmisión polea-piñón es una transmisión combinada entre poleas y piñones conjuntamente con sus elementos adicionales así tenemos los cálculos teóricos de la transmisión polea-piñón para el tamiz mecánico, estos elementos de transmisión diseñados satisfacen los requerimientos que exige la transmisión. Los elementos de la transmisión que se seleccionados en el diseño presentan facilidad de acople en el momento de su ensamble logrando así el normal funcionamiento. Tanto el piñón como el engranaje están diseñados con materiales resistentes y adecuados para la carga que transmite, y en si todo el resto de elementos que conforman la transmisión tienen un rango de seguridad confiable. Para la construcción tanto materiales como piezas son factibles en el medio.

Discusión resultados secador solar

El secador solar nos brinda la facilidad de eliminar el contenido de agua del almidón de una manera rápida, segura y limpia. Acorde con los resultados que se muestran en el Cuadro 7 tenemos el área secador solar de 50kg ya sea para 1 o 2 mm de espesor del almidón húmedo, esta cantidad de almidón se puede asumir como un valor de producción mínimo por día, partiendo de estos datos se puede proyectar el área del colector para una cantidad mayor de almidón, además se describen algunos aspectos constructivos en el secador con los cuales aumenta la eficiencia del secado.



7. CONCLUSIONES

Una vez terminado el diseño tanto del tamiz, rallo y secador solar podemos concluir que:

- ✓ Fue necesario realizar ensayos de base, donde se obtuvo datos que se utilizaron como base para empezar los cálculos teóricos.
- ✓ Los diseños que se concluyeron son modelos simples de fácil operar y dar mantenimiento.
- ✓ Los materiales escogidos para los diseños son accesibles en el mercado.
- ✓ El costo aproximado de los materiales es moderado y accesible para el medio al que fueron diseñados.
- ✓ La propuesta tecnológica se convierte en una alternativa clave para mejorar el proceso productivo de los productores de almidón.
- ✓ En el diseño del rallo la potencia está calculada en base a la máxima carga que tendrá el tambor, razón por la cual el proceso de rallado será continuo. El tambor no se parará.
- ✓ En el proceso de tamizado podemos hacerlo de forma continua teniendo así un ahorro de tiempo, menor gasto en mano de obra y mayor producción.
- ✓ El secador solar calculado nos brinda un mejor proceso de secado ya que disminuye la contaminación externa, el tiempo de secado lo cual es más rentable para los productores.
- ✓ El análisis del secado solar se lo realizó en base a una capacidad para secar 50kg de almidón a secar y se obtuvo el área para esa cantidad.



8. RECOMENDACIONES

Se da las siguientes recomendaciones.

- ✓ A los productores de almidón que inviertan en la construcción de estas máquinas la cuales les garantizan una mejor rentabilidad mejorando así su estatus de vida.
- ✓ Construir las maquinas siguiendo con exactitud los planos de diseño tanto en el rallo como en el tamiz, lo cual garantiza un correcto funcionamiento de las mismas.
- ✓ Estar pendiente de mantenimiento de las máquinas para que se tiempo de vida útil sea mayor.
- ✓ Determinar el costo de la mano de obra en la construcción de las máquinas para obtener un valor real y con ello poder financiar las mismas.
- ✓ Para lograr un buen secado del producto es conveniente no exceder de la cantidad de almidón en el área del secador para lo cual fue diseñado.



9. BIBLIOGRAFIA

LIBROS

1. HALL Allen, HOLOWENKO Alfred y LAUGHLIN Herman, (n. d.), Diseño de Máquinas, McGraw-Hill México.
2. LARBURU Nicolás (1995). Máquinas Prontuario, Técnicas, Máquinas, Herramientas 7^a edición. Paraninfo.
3. SHIGLEY Joseph, MISCHKE Charles. Diseño de ingeniería Mecánica 5^a edición. McGraw-Hill. México.
4. SINGER Ferdinand y PYTEL Andrew (1982), Resistencia de Materiales 3^o edición, México.

REVISTAS

5. ALARCON Freddy y DOMINIQUE Dufour 1998. Almidón Agrio de Yuca en Colombia. Tomo 1 Producción y recomendaciones. CIAT, Cali-Colombia.
6. CAICEDO, Guillermo. 1997. El Cultivo de achira, Oferta tecnológica para su cultivo en el Huila. CORPOICA Regional 6, Garzón, Huila - Colombia.
7. CARBALLO Miguel Ángel (n. d.), Tecnologías de Diseño electromecánico, Actualización en resistencia de Materiales.
8. GONZALES Gonzalo (2000). Componentes Mecánicos I, Transmisión por correas trapeciales, Transmisión por Cadenas de Rodillos, Arboles y Ejes. Habana.
9. MORALES Oswaldo (n. d.), Experiencias del Uso de Secadores Solares en el Perú.



10. RIDRIGUEZ Gonzalo, GARCIA Hugo, CAMACHO Jesús, ARIAS Freddy 2003. Almidón de Achira o Sagú. Manual Técnico para su elaboración. CORPOICA. Tibaitatá - Colombia.
11. RENGIFO Roberto. Secador Solar de Madera y otros Productos Agrícolas. (n. d.).
12. (n. d.). Soluciones Prácticas. Ficha Técnica Secado Solar. Lima.

TÉSIS

13. JARAMILLO Roberto (2005), Diseño de una zaranda clasificadora de material pétreo para el Municipio de Catamayo, Tesis, Loja-Ecuador.

CATÁLOGOS

14. Catálogo de Rodamientos SKF.
15. Catálogo soldadura AGA

Anexo 1C. TABLA DE COEFICIENTE DEL REGIMEN DE TRABAJO

Factor de servicio	<ul style="list-style-type: none"> De corriente alterna monofásicos Asincrónicas Jaula de ardilla de par normal De corriente continua bobinado shunt 	<ul style="list-style-type: none"> De corriente alterna con par de gran potencia De rotor bobinado y anillos rozantes De corriente continua bobinado compound
	Motores a gas Motores de combustión interna policilíndricas	Motores monocilíndricos Ejes de transmisión Tomas de fuerza con embrague
Agitadores de líquidos		
Ventiladores pequeños y medianos	1,0 a 1,2	1,1 a 1,3
Bombas centrífugas.		
Punzonadoras		
Mezcladoras pequeñas y medianas		
Generadores		
Compresores de tornillo	1,1 a 1,3	1,2 a 1,4
Cizallas		
Prensas		
Máquinas de imprenta		
Cribas vibratorias		
Elevadores		
Compresores de pistones		
Maquinaria de lavanderías		
Bombas de pistones	1,2 a 1,4	1,4 a 1,6
Ventiladores grandes		
Maquinaria textil		

**ANEXO 2C. SELECCIÓN DEL DIAMETRO PRIMITIVO DE LA POLEA CONDUCTORA.**

Perfil	A	B	C	D	SPZ	SPA	SPB	SPC	3V	5V	8V
d _{min} (mm)	76	137	229	330	71	100	160	250	71	160	315
Perfil	AX	BX	CX	DX	XPZ	XPA	XPB	XPC	3VX	5VX	
d _{min} (mm)	56	116	178	305	56	80	112	200	56	112	

ANEXO 3C. SELECCIÓN DE LONGITUD PRIMITIVO DE LA CORREA.

LONGITUDES PRIMITIVAS DE LAS CORREAS [mm]					
Nº	Perfil A (13 x 8)	Perfil B (17 x 10,5)	Perfil C (22 x 13,5)	Perfil D (32 x 19)	Perfil E (40 x 25)
26	690				
28	741				
31	817				
35	919	932			
38	995	1008			
42	1097	1110			
46	1198	1211			
51	1325	1338	1347		
55	1427	1440			
60	1554	1567	1576		
64	1656	1669			
68	1757	1770	1779		
71	1833	1846			
75	1935	1948	1957		
80	2062	2079	2084		
81		2100	2109		
85	2189	2202	2211		
90	2316	2329	2338		
96	2468		2490		
97	2494	2507	2516		
105	2697	2710	2719		
112	2875	2888	2897		
120	3078	3091	3100	3117	
128	3281	3294	3303	3320	
136		3497	3506		
144		3701	3710	3727	
158		4055	4065	4082	
162		4158	4167	4184	
173		4437	4446	4463	
180		4615	4624	4641	4656
195		4996	5005	5022	5037
210		5377	5386	5403	5418
240		6106	6105	6102	6109
270		6868	6867	6864	6871
300		7630	7629	7626	7633
330			8391	8388	8395
360			9153	9150	9157
390			9915	9912	9919
420			10677	10674	10681
480				12198	12205
540				13722	13729
600				15246	15253



ANEXO 4C. SELECCIÓN DE POTENCIA TRANSMITIDA POR UNA CORREA Y FACTORES DE CORRECCIÓN.

Tabla a.

SECCION A (13x8)																					
Diámetro polea chica		Relación de velocidad 1 : i	RPM DE LA POLEA PEQUEÑA																		
mm	pulg		200	400	720	800	950	1200	1450	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3200	3600	4000	4500	
63	2.50	<=	1.00	0.17	0.28	0.40	0.44	0.49	0.55	0.61	0.63	0.67	0.69	0.72	0.74	0.75	0.75	0.75	0.73	0.68	0.58
		<	1.05	0.17	0.28	0.41	0.45	0.50	0.57	0.63	0.66	0.69	0.72	0.74	0.77	0.78	0.78	0.78	0.75	0.70	0.61
		>	1.20	0.18	0.29	0.43	0.46	0.51	0.58	0.64	0.68	0.72	0.74	0.77	0.79	0.80	0.80	0.80	0.78	0.73	0.62
		>=	1.50	0.18	0.30	0.44	0.47	0.53	0.61	0.67	0.70	0.74	0.77	0.79	0.81	0.83	0.84	0.83	0.80	0.74	0.64
		>=	3.00	0.19	0.32	0.45	0.50	0.55	0.62	0.69	0.73	0.77	0.79	0.81	0.84	0.85	0.86	0.85	0.83	0.77	0.67
71	2.80	<=	1.00	0.23	0.39	0.58	0.63	0.72	0.84	0.95	1.01	1.09	1.15	1.21	1.26	1.31	1.36	1.41	1.45	1.45	1.40
		<	1.05	0.23	0.40	0.60	0.66	0.74	0.87	0.98	1.04	1.13	1.19	1.26	1.31	1.36	1.40	1.46	1.49	1.49	1.45
		>	1.20	0.24	0.41	0.62	0.68	0.77	0.90	1.02	1.08	1.17	1.24	1.30	1.36	1.41	1.45	1.51	1.54	1.54	1.49
		>=	1.50	0.26	0.43	0.64	0.70	0.79	0.94	1.06	1.12	1.20	1.28	1.35	1.40	1.46	1.49	1.57	1.59	1.59	1.54
		>=	3.00	0.26	0.44	0.66	0.73	0.81	0.96	1.08	1.15	1.24	1.31	1.38	1.45	1.49	1.54	1.62	1.64	1.64	1.59
80	3.15	<=	1.00	0.29	0.51	0.78	0.86	0.98	1.17	1.34	1.43	1.55	1.66	1.76	1.86	1.93	2.00	2.13	2.21	2.26	2.25
		<	1.05	0.30	0.52	0.81	0.90	1.02	1.21	1.38	1.48	1.60	1.71	1.82	1.92	2.00	2.08	2.21	2.30	2.33	2.32
		>	1.20	0.32	0.55	0.84	0.92	1.06	1.25	1.43	1.53	1.66	1.77	1.88	1.98	2.08	2.15	2.28	2.37	2.42	2.40
		>=	1.50	0.33	0.56	0.86	0.96	1.09	1.29	1.48	1.58	1.71	1.83	1.94	2.05	2.14	2.22	2.36	2.44	2.49	2.48
		>=	3.00	0.33	0.57	0.89	0.98	1.12	1.34	1.53	1.63	1.77	1.89	2.00	2.11	2.21	2.30	2.43	2.53	2.57	2.56
90	3.55	<=	1.00	0.36	0.64	1.01	1.12	1.28	1.53	1.76	1.89	2.05	2.21	2.36	2.48	2.60	2.71	2.89	3.02	3.10	3.10
		<	1.05	0.38	0.67	1.03	1.15	1.32	1.58	1.82	1.96	2.13	2.28	2.43	2.57	2.70	2.81	2.99	3.12	3.19	3.21
		>	1.20	0.39	0.68	1.07	1.19	1.36	1.63	1.88	2.02	2.20	2.37	2.51	2.66	2.78	2.90	3.10	3.23	3.30	3.32
		>=	1.50	0.40	0.70	1.11	1.23	1.41	1.69	1.94	2.09	2.27	2.44	2.60	2.74	2.88	3.00	3.19	3.34	3.41	3.42
		>=	3.00	0.41	0.73	1.14	1.28	1.46	1.74	2.00	2.15	2.34	2.51	2.68	2.83	2.96	3.08	3.29	3.44	3.52	3.53
100	4.00	<=	1.00	0.44	0.78	1.23	1.36	1.57	1.88	2.17	2.34	2.55	2.74	2.93	3.10	3.24	3.39	3.61	3.76	3.85	3.85
		<	1.05	0.45	0.80	1.26	1.41	1.62	1.89	2.25	2.42	2.64	2.84	3.02	3.21	3.36	3.50	3.74	3.90	4.00	3.98
		>	1.20	0.46	0.83	1.31	1.46	1.68	2.02	2.32	2.50	2.72	2.94	3.13	3.30	3.47	3.62	3.86	4.03	4.13	4.12
		>=	1.50	0.47	0.85	1.35	1.51	1.72	2.08	2.40	2.59	2.82	3.04	3.23	3.41	3.58	3.74	3.98	4.17	4.26	4.25
		>=	3.00	0.50	0.87	1.40	1.55	1.79	2.14	2.48	2.66	2.90	3.12	3.34	3.52	3.70	3.86	4.12	4.30	4.40	4.38
125	5.00	<=	1.00	0.61	1.09	1.76	1.97	2.27	2.73	3.17	3.42	3.73	4.02	4.29	4.52	4.74	4.92	5.21	5.38	5.40	5.23
		<	1.05	0.63	1.14	1.82	2.04	2.34	2.83	3.29	3.55	3.86	4.15	4.43	4.68	4.91	5.10	5.39	5.56	5.60	5.42
		>	1.20	0.64	1.18	1.88	2.10	2.43	2.93	3.40	3.66	4.00	4.30	4.58	4.83	5.06	5.27	5.57	5.76	5.78	5.60
		>=	1.50	0.67	1.21	1.94	2.17	2.50	3.02	3.51	3.78	4.12	4.44	4.74	4.99	5.23	5.44	5.76	5.94	5.97	5.78
		>=	3.00	0.69	1.25	2.00	2.25	2.59	3.12	3.62	3.90	4.25	4.58	4.88	5.16	5.40	5.61	5.94	6.13	6.17	5.96
140	5.60	<=	1.00	0.70	1.29	2.08	2.32	2.68	3.24	3.75	4.04	4.41	4.74	5.04	5.31	5.55	5.74	6.02	6.13	6.06	5.67
		<	1.05	0.73	1.34	2.15	2.40	2.77	3.35	3.89	4.19	4.57	4.91	5.22	5.50	5.74	5.95	6.23	6.35	6.27	5.88
		>	1.20	0.77	1.38	2.22	2.49	2.87	3.46	4.02	4.32	4.71	5.08	5.39	5.68	5.94	6.14	6.45	6.57	6.48	6.07
		>=	1.50	0.79	1.42	2.30	2.56	2.96	3.58	4.15	4.47	4.87	5.23	5.57	5.87	6.13	6.35	6.65	6.78	6.69	6.27
		>=	3.00	0.81	1.47	2.37	2.65	3.05	3.69	4.27	4.61	5.03	5.40	5.74	6.06	6.33	6.55	6.87	6.99	6.91	6.47
160	6.30	<=	1.00	0.85	1.54	2.49	2.79	3.22	3.89	4.51	4.85	5.27	5.65	5.99	6.28	6.51	6.70	6.91	6.87		
		<	1.05	0.87	1.60	2.57	2.89	3.33	4.02	4.66	5.02	5.45	5.84	6.19	6.50	6.74	6.93	7.15	7.12		
		>	1.20	0.90	1.65	2.67	3.00	3.44	4.15	4.82	5.19	5.63	6.04	6.40	6.72	6.97	7.18	7.40	7.36		
		>=	1.50	0.94	1.70	2.76	3.08	3.56	4.30	4.99	5.36	5.82	6.24	6.61	6.93	7.20	7.41	7.64	7.59		
		>=	3.00	0.96	1.76	2.84	3.18	3.67	4.43	5.14	5.53	6.00	6.44	6.82	7.15	7.42	7.64	7.88	7.83		

CORREA No.	26	28	31	35	38	42	46	51	55	60	64	68	75	85	97	112	120	128
Longitud correa mm	690	741	817	917	995	1097	1198	1325	1427	1554	1656	1757	1935	2189	2484	2875	3078	3281
Factor de corrección C ₂	0.81	0.82	0.84	0.87	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98	0.99	1.00	1.02	1.05	1.08	1.11	1.13	1.14

Tabla b.

$(D_{p2}-D_{p1})/C_d$	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40
Arco de contacto	180°	174°	169°	163°	157°	151°	145°	139°	133°	127°	120°	113°	106°	99°	91°
Factor de corrección	1.00	0.99	0.97	0.96	0.94	0.93	0.91	0.89	0.87	0.85	0.82	0.80	0.77	0.73	0.70



ANEXO 5C. SELECCIÓN DE NÚMERO DE HORAS DE SERVICIO DE LOS RODAMIENTOS.

Guía de valores requeridos de vida nominal L10h para diferentes clases de máquinas	
Clases de máquinas	L10h horas de servicio
Electrodomésticos, máquinas agrícolas, instrumentos, aparatos para uso médico.	300 a 3 000
Máquinas usadas intermitente o por cortos períodos : Máquinas-herramienta portátiles, aparatos elevadores para talleres, máquinas para la construcción.	3 000 a 8 000
Máquinas para trabajar con alta fiabilidad de funcionamiento por cortos períodos o intermitentemente : Ascensores, grúas para mercancías embaladas.	8 000 a 1 2000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario no totalmente utilizadas : Transmisiones por engranajes para uso general, motores eléctricos para uso industrial, machacadoras giratorias.	10 000 a 25 000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario totalmente utilizadas : Máquinas-herramientas, máquinas para trabajar la madera, máquinas para la industria mecánica general, grúas para materiales a granel, ventiladores, cintas transportadoras, equipo de imprenta, separadores y centrifugas.	20 000 a 30 000
Máquinas para trabajo continuo, 24 horas al día : Cajas de engranajes para laminadores, maquinaria eléctrica de tamaño medio, compresores, tornos de extracción para minas, bombas, maquinaria textil.	40 000 a 50 000
Maquinaria para abastecimiento de agua, hornos giratorios, máquinas cableadoras, maquinaria de propulsión para trasatlánticos.	60 000 a 100 000
Maquinaria eléctrica de gran tamaño, centrales eléctricas, ventiladores y bombas para minas, rodamientos para la línea de eje de trasatlánticos.	≈ 100 000

Fuente: Catálogo General SKF



ANEXO 6C. SELECCIÓN DE LOS RODAMIENTOS.

a) Tabla1.

Soportes de pie con rodamientos Y, soporte de fundición, prisionero



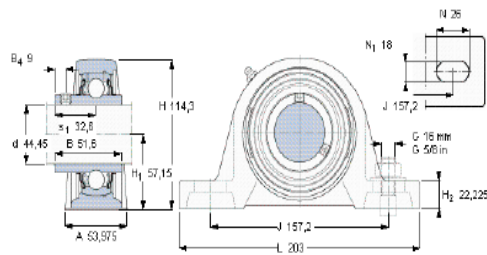
Dimensiones					Capacidades de carga		Velocidad límite con eje de tolerancia h6	Masa	Designaciones Unidad de rodamiento	Soporte	Rodamiento
d	A	H	H ₁	L	C	C ₀					
mm					kN		rpm	kg	-		
44,46	62	107,5	54	190	33,2	21,6	4300	2,3	SYJ 1.3/4 TF	SYJ 509	YAR 209-112-2F
44,46	63,975	114,3	57,15	203	35,1	23,2	4000	2,95	SYM 1.3/4 TF	SYM 510 U	YAR 210-112-2F
46	48	107,5	54	187	33,2	21,6	4300	2,2	SY 45 TF	SY 509 M	YAR 209-2F
46	48	107,5	54	187	33,2	21,6	2400	2,2	SY 45 TR	SY 509 M	YAR 209-2RF
46	52	107,5	54	190	33,2	21,6	4300	2,4	SYJ 45 TF	SYJ 509	YAR 209-2F
49,212	54	113,4	55,575	203	35,1	23,2	4000	2,7	SYH 1.15/16 RM	SYH 510 U	YAT 210-115
49,212	54	113,4	55,575	203	35,1	23,2	4000	2,85	SYH 1.15/16 TF	SYH 510 U	YAR 210-115-2F
49,212	54	114	57,2	203	35,1	23,2	4000	2,7	SY 1.15/16 RM	SY 510 U	YAT 210-115
49,212	54	114	57,2	203	35,1	23,2	4000	2,85	SY 1.15/16 TF	SY 510 U	YAR 210-115-2F
49,212	60,4	127	63,5	219,075	43,6	29	3600	3,9	SYM 1.15/16 TF	SYM 511 U	YAR 211-115-2F
50	54	114,5	57,2	203	35,1	23,2	4000	2,7	SY 50 TR	SY 510 M	YAR 210-2F
50	54	114,5	57,2	203	35,1	23,2	2200	2,7	SY 50 TR	SY 510 M	YAR 210-2RF
50	58	114,5	57,2	206	35,1	23,2	4000	2,95	SYJ 50 TF	SYJ 510	YAR 210-2F
50,8	60	126	63,5	219	43,6	29	1900	3,65	SY 2. TR	SY 511 M	YAR 211-200-2RF
50,8	60	126	63,5	219	43,6	29	3600	3,65	SYJ 2. TF	SYJ 511	YAR 211-200-2F
50,8	60	127	63,5	219	43,6	29	3600	3,5	SY 2. RM	SY 511 U	YAT 211-200
50,8	60	127	63,5	219	43,6	29	3600	3,6	SY 2. TF	SY 511 U	YAR 211-200-2F
50,8	60,4	126,5	61,925	219,1	43,6	29	3600	3,75	SYH 2. RM	SYH 511 U	YAT 211-200
50,8	60,4	126,5	61,925	219,1	43,6	29	3600	3,85	SYH 2. TF	SYH 511 U	YAR 211-200-2F
55	60	126	63,5	219	43,6	29	3600	3,6	SY 55 TF	SY 511 M	YAR 211-2F
55	60	126	63,5	219	43,6	29	1900	3,6	SY 55 TR	SY 511 M	YAR 211-2RF
55	60	126	63,5	219	43,6	29	3600	3,7	SYJ 55 TF	SYJ 511	YAR 211-2F
55,583	60	127	63,5	219	43,6	29	1900	3,5	SY 2.3/16 RM	SY 511 U	YAT 211-203
55,583	60	127	63,5	219	43,6	29	3600	3,6	SY 2.3/16 TF	SY 511 U	YAR 211-203-2F
55,583	60,4	126,5	61,925	219,1	43,6	29	1900	3,5	SYH 2.3/16 RM	SYH 511 U	YAT 211-203

a) Tabla2.

Soportes de pie con rodamientos Y, soporte de fundición, prisionero, rodamientos en pulgadas



Dimensiones					Capacidades de carga		Velocidad límite con eje de tolerancia h6	Masa	Designaciones Unidad de rodamiento	Soporte	Rodamiento
d	A	H	H ₁	L	C	C ₀					
mm					kN		rpm	kg	-		
44,46	63,975	114,3	57,15	203	35,1	23,2	4000	2,95	SYM 1.3/4 TF	SYM 510 U	YAR 210-112-2F



Prisionero
Par de apriete recomendado, Nm
Tamaño de la llave hexagonal, mm

3/8-24/36
16,5
4,7625



b) Tabla 1.

Soportes de pie con rodamientos Y, soporte de fundición, prisionero



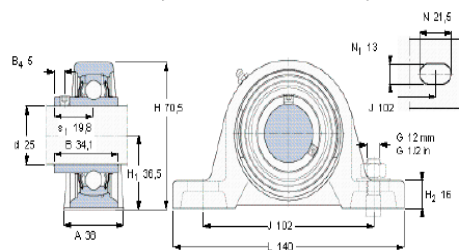
Dimensiones					Capacidades de carga		Velocidad límite con eje de tolerancia h8	Masa kg	Designaciones Unidad de rodamiento	Soporte	Rodamiento
d	A	H	H ₁	L	C	C ₀					
mm					kN		rpm	kg	-		
23,813	38	68,0	33,35	130	14	7,8	7000	0,73	SYH 15/16 RM	SYH 606 U	YAT 205-015
23,813	38	68,0	33,35	130	14	7,8	7000	0,77	SYH 15/16 TF	SYH 606 U	YAR 205-015-2F
23,813	38	70	36,5	130	14	7,8	7000	0,83	SY 15/16 RM	SY 606 U	YAT 205-015
23,813	38	70	36,5	130	14	7,8	7000	0,89	SY 15/16 TF	SY 606 U	YAR 205-015-2F
25	38	70,5	36,5	130	14	7,8	7000	0,72	SY 25 TF	SY 606 M	YAR 205-2F
25	38	70,5	36,5	130	14	7,8	4300	0,72	SY 25 TR	SY 606 M	YAR 205-2RF
25	38	70,5	36,5	140	14	7,8	7000	0,73	SYJ 25 TF	SYJ 606	YAR 205-2F
25,4	38	68,0	33,35	130	14	7,8	7000	0,73	SYH 1. RM	SYH 606 U	YAT 205-100
25,4	38	68,0	33,35	130	14	7,8	7000	0,77	SYH 1. TF	SYH 606 U	YAR 205-100-2F
25,4	38	70	36,5	130	14	7,8	7000	0,89	SY 1. RM	SY 606 U	YAT 205-100
25,4	38	70	36,5	130	14	7,8	7000	0,72	SY 1. TF	SY 606 U	YAR 205-100-2F
25,4	38	70,5	36,5	130	14	7,8	4300	0,72	SY 1. TR	SY 606 M	YAR 205-100-2RF
25,4	38	70,5	36,5	140	14	7,8	7000	0,73	SYJ 1. TF	SYJ 606	YAR 205-100-2F
26,988	40	79,8	38,7	152	19,5	11,2	6300	1,36	SYH 1.1/16 TF	SYH 606 U	YAR 208-101-2F
26,988	40	82	42,9	152	19,5	11,2	6300	1,2	SY 1.1/16 TF	SY 606 U	YAR 208-101-2F
28,575	40	79,8	38,7	152	19,5	11,2	6300	1,25	SYH 1.1/8 RM	SYH 606 U	YAT 208-102
28,575	40	79,8	38,7	152	19,5	11,2	6300	1,32	SYH 1.1/8 TF	SYH 606 U	YAR 208-102-2F
28,575	40	82	42,9	152	19,5	11,2	6300	1,18	SY 1.1/8 RM	SY 606 U	YAT 208-102
28,575	40	82	42,9	152	19,5	11,2	6300	1,18	SY 1.1/8 TF	SY 606 U	YAR 208-102-2F
30	40	82,5	42,9	152	19,5	11,2	6300	1,1	SY 30 TF	SY 606 M	YAR 208-2F
30	40	82,5	42,9	152	19,5	11,2	3800	1,1	SY 30 TR	SY 606 M	YAR 208-2RF
30	42	82,5	42,9	165	19,5	11,2	6300	1,05	SYJ 30 TF	SYJ 606	YAR 208-2F
30,163	40	79,8	38,7	152	19,5	11,2	6300	1,25	SYH 1.3/16 RM	SYH 606 U	YAT 208-103
30,163	40	79,8	38,7	152	19,5	11,2	6300	1,32	SYH 1.3/16 TF	SYH 606 U	YAR 208-103-2F
30,163	40	82	42,9	152	19,5	11,2	6300	1,11	SY 1.3/16 RM	SY 606 U	YAT 208-103

b) Tabla 2.

Soportes de pie con rodamientos Y, soporte de fundición, prisionero, rodamientos métricos



Dimensiones					Capacidades de carga		Velocidad límite con eje de tolerancia h8	Masa kg	Designaciones Unidad de rodamiento	Soporte	Rodamiento
d	A	H	H ₁	L	C	C ₀					
mm					kN		rpm	kg	-		
25	38	70,5	36,5	140	14	7,8	7000	0,73	SYJ 25 TF	SYJ 606	YAR 205-2F



Prisionero
 Per de apriete recomendado, Nm
 Torsión de la llave hexagonal, Nm

M8x0.75
 4
 3



ANEXO 7C. SELECCIÓN DE CHAVETAS.

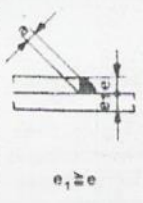
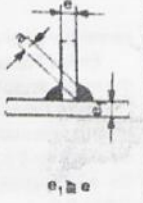
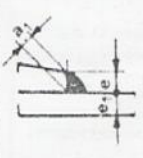

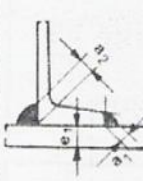

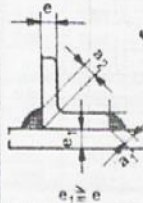
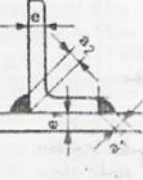
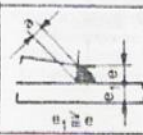
Pasadores y chavetas		CHAVETAS PARALELAS SERIE NORMAL						TABLA 18 . 13						
Dimensiones en mm. (De UNE 17.102 h1)														
CHAVETA														
Sección <i>b × h</i>	Ancho <i>b</i>		Altura <i>h</i>		Chaflán <i>b₁</i>		Longitud <i>l</i>							
	Nominal	Toler. h9	Nominal	Toler. h9 y h11	Mínima	Máxima	De...	...a						
4 × 4	4	0	4	0	0,16	0,25	8	45						
5 × 5	5	0	5	0	0,25	0,40	10	56						
6 × 6	6	-0,030	6	-0,030	0,25	0,40	14	70						
8 × 7	8	0	7	0	0,25	0,40	18	90						
10 × 8	10	-0,036	8	0	0,40	0,60	22	110						
12 × 8	12	0	8	0	0,40	0,60	28	140						
14 × 9	14	0	9	-0,090	0,40	0,60	36	160						
16 × 10	16	-0,043	10	0	0,40	0,60	45	180						
18 × 11	18	0	11	0	0,40	0,60	50	200						
20 × 12	20	0	12	0	0,40	0,80	56	220						
22 × 14	22	0	14	0	0,60	0,80	63	250						
25 × 14	25	-0,052	14	-0,110	0,60	0,80	70	280						
28 × 16	28	0	16	0	0,60	0,80	80	320						
32 × 18	32	0	18	0	0,60	0,80	90	360						
36 × 20	36	0	20	0	0,60	1,20	100	400						
40 × 22	40	-0,062	22	0	1,00	1,20	—	—						
45 × 25	45	0	25	0,130	1,00	1,20	—	—						
50 × 28	50	0	28	0	1,00	1,20	—	—						
56 × 32	56	0	32	0	1,00	2,00	—	—						
63 × 32	63	0	32	0	1,60	2,00	—	—						
70 × 36	70	-0,074	36	0	1,60	2,00	—	—						
80 × 40	80	0	40	-0,160	2,50	3,00	—	—						
90 × 45	90	0	45	0	2,50	3,00	—	—						
100 × 50	100	-0,087	50	0	2,50	3,00	—	—						
CHAVETERO														
Diámetro del eje <i>d</i>	Sección de la chaveta <i>b × h</i>	Ancho <i>b</i> , tolerancia						Profundidad				Chaflán <i>R₁</i>		
		Nominal	Clase de ajuste del enchavetado				Ajustado Eje y cubo <i>p9</i>	Eje <i>h₁</i>		Cubo <i>h₂</i>		Min.	Máx.	
			Libre	Normal	Nominal	Toler.		Nominal	Toler.					
Más de	Hasta	Eje h9	Cubo D10	Eje N9	Cubo Js 9	Nominal	Toler.	Nominal	Toler.					
10	12	4 × 4	4	+0,030	+0,078	0	±0,015	-0,012	2,5	+0,1	1,8	+0,1	0,08	0,16
12	17	5 × 5	5	0	+0,030	-0,030	±0,015	-0,042	3	0	2,3	0	0,16	0,25
17	22	6 × 6	6	0	+0,030	-0,030	±0,015	-0,042	3,5	0	2,8	0	0,16	0,25
22	30	8 × 7	8	+0,036	+0,098	0	±0,018	-0,015	4	0	3,3	0	0,16	0,25
30	38	10 × 8	10	0	+0,040	-0,036	±0,018	-0,051	5	0	3,3	0	0,25	0,40
38	44	12 × 8	12	0	+0,040	-0,036	±0,018	-0,051	5	0	3,3	0	0,25	0,40
44	50	14 × 9	14	+0,043	+0,120	0	±0,0215	-0,018	5,5	0	3,8	0	0,25	0,40
50	58	16 × 10	16	0	+0,050	-0,043	±0,0215	-0,061	6	0	4,3	0	0,25	0,40
58	65	18 × 11	18	0	+0,050	-0,043	±0,0215	-0,061	6	0	4,3	0	0,25	0,40
65	75	20 × 12	20	0	+0,050	-0,043	±0,0215	-0,061	7	+0,2	4,4	+0,2	0,40	0,60
75	85	22 × 14	22	+0,052	+0,149	0	±0,026	-0,022	7,5	0	4,9	0	0,40	0,60
85	95	25 × 14	25	0	+0,065	-0,052	±0,026	-0,074	9	0	5,4	0	0,40	0,60
95	110	28 × 16	28	0	+0,065	-0,052	±0,026	-0,074	9	0	5,4	0	0,40	0,60
110	130	32 × 18	32	0	+0,065	-0,052	±0,026	-0,074	10	0	6,4	0	0,40	0,60
130	150	36 × 20	36	+0,062	+0,180	0	±0,031	-0,026	11	0	7,4	0	0,40	0,60
150	170	40 × 22	40	0	+0,080	-0,062	±0,031	-0,088	12	0	8,4	0	0,70	1,00
170	200	45 × 25	45	0	+0,080	-0,062	±0,031	-0,088	13	0	9,4	0	0,70	1,00
200	230	50 × 28	50	0	+0,080	-0,062	±0,031	-0,088	15	0	10,4	0	0,70	1,00
230	260	56 × 32	56	0	+0,080	-0,062	±0,031	-0,088	17	0	11,4	0	0,70	1,00
260	290	63 × 32	63	+0,074	+0,220	0	±0,037	-0,032	20	+0,3	12,4	+0,3	0,70	1,00
290	330	70 × 36	70	0	+0,100	-0,074	±0,037	-0,106	20	0	12,4	0	1,20	1,60
330	380	80 × 40	80	0	+0,100	-0,074	±0,037	-0,106	22	0	14,4	0	1,20	1,60
380	440	90 × 45	90	+0,087	+0,260	0	±0,0435	-0,037	25	0	15,4	0	2,00	2,50
440	500	100 × 50	100	0	+0,120	-0,087	±0,0435	-0,124	28	0	17,4	0	2,00	2,50
500				0	+0,120	-0,087	±0,0435	-0,124	31	0	19,5	0	2,00	2,50



ANEXO 8C. SELECCIÓN DE ANGULARES DE ALAS IGUALES.

Perfil	A	P	DIMENSIONES					POSICIONES				AGLIEROS				TERMINOS DE SECCION								Suministro	
			b	t	r	F ₁	v	c	x ₁	x ₂	x ₃	w ₁	w ₂	w ₃	a	I _x	W _x	i _x	I _y	W _y	i _y	I _t	i _t		
L	cm ²	kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm			
40	4	3,08	2,42	40	4	6	3	155	11,2	15,8	14,0	28,3	22	-	18	11	4,47	1,55	1,21	1,95	1,17	0,78	7,09	1,52	P
	5	3,78	2,97	40	5	6	3	155	11,5	16,4	14,2	28,3	22	-	18	11	5,43	1,91	1,20	2,26	1,37	0,77	8,60	1,51	C
	6	4,48	3,52	40	6	6	3	155	12,0	17,0	14,3	28,3	22	-	18	11	6,31	2,26	1,19	2,65	1,56	0,77	9,98	1,49	C
45	4	1,43	2,74	45	4	7	3,5	174	12,3	17,5	15,7	31,8	25	-	20	13	6,43	1,97	1,35	2,57	1,53	0,88	10,2	1,71	P
	5	1,30	3,30	45	5	7	3,5	174	12,8	18,1	15,8	31,8	25	-	20	13	7,48	2,43	1,35	3,26	1,80	0,87	12,4	1,70	P
	6	1,09	4,00	45	6	7	3,5	174	13,2	18,7	15,9	31,8	25	-	20	13	9,18	2,88	1,34	3,82	2,05	0,87	14,5	1,59	C
50	4	1,89	3,06	50	4	7	3,5	194	13,5	19,2	17,5	35,4	30	-	20	13	8,97	2,46	1,52	3,72	1,84	0,98	14,2	1,91	P
	5	1,80	3,77	50	5	7	3,5	194	14,0	19,9	17,6	35,4	30	-	20	13	11,0	3,05	1,51	4,54	2,29	0,97	17,4	1,90	P
	6	1,69	4,47	50	6	7	3,5	194	14,5	20,4	17,7	35,4	30	-	20	13	12,8	3,61	1,50	5,33	2,61	0,97	20,3	1,89	C
	7	1,56	5,15	50	7	7	3,5	194	14,9	21,0	17,8	35,4	30	-	20	13	14,8	4,16	1,49	6,11	2,91	0,96	23,1	1,88	C
60	8	1,41	5,82	50	8	7	3,5	194	15,2	21,8	18,0	35,4	30	-	20	13	16,3	4,68	1,48	6,87	3,19	0,96	25,7	1,86	C
	5	5,82	4,57	60	5	8	4	233	16,4	23,2	21,1	42,4	35	-	25	17	19,4	4,45	1,82	8,02	3,45	1,17	30,7	2,30	P
	6	6,91	5,47	60	6	8	4	233	16,9	23,9	21,1	42,4	35	-	25	17	22,8	5,29	1,82	9,43	3,95	1,17	35,2	2,29	P
	8	9,03	7,08	60	8	8	4	233	17,7	25,0	21,4	42,4	35	-	25	17	29,2	6,89	1,80	12,2	4,66	1,16	46,2	2,26	C
70	10	11,1	8,65	60	10	8	4	233	18,5	26,1	21,7	42,4	35	-	25	17	34,9	9,41	1,78	14,8	5,67	1,16	55,1	2,23	C
	6	8,13	6,36	70	6	9	4,5	272	19,3	27,3	24,6	49,5	40	-	30	21	36,9	7,27	2,13	15,3	5,59	1,37	58,5	2,68	P
	7	9,40	7,39	70	7	9	4,5	272	19,7	27,9	24,7	49,5	40	-	30	21	42,3	8,41	2,12	17,5	6,27	1,35	67,1	2,67	P
	8	10,6	8,36	70	8	9	4,5	272	20,1	28,5	24,7	49,5	40	-	30	21	47,5	9,52	2,11	19,7	6,91	1,35	75,3	2,66	C
70	10	11,1	10,7	70	10	9	4,5	272	20,9	29,6	25,0	49,5	40	-	30	21	57,2	11,7	2,08	23,9	8,10	1,35	90,5	2,63	C

ANEXO 9C. SOLDADURAS EN ANGULO PARA UNIONES DE FUERZA.

Medios de unión		GARGANTAS a DE SOLDADURAS EN ANGULO PARA UNIONES DE FUERZA							TABLA 24 . 6				
CHAPAS Y ALAS CON CARAS PARALELAS EN PERFILES H													
	Espeor e mm.	a máx. mm.	a mín. mm.	Espeor e mm.	a máx. mm.	a mín. mm.	Espeor e mm.	a máx. mm.	a mín. mm.				
	4,0 - 4,2	2,5	2,5	10,7 - 11,3	7,5	4,0	21,3 - 22,8	15,0	6,5				
	4,3 - 4,9	3,0	2,5	11,4 - 12,0	8,0	4,0	22,7 - 24,0	16,0	6,5				
	5,0 - 5,8	3,5	2,5	12,1 - 12,7	8,5	4,5	24,1 - 25,4	17,0	7,0				
	5,7 - 6,3	4,0	2,5	12,8 - 13,4	9,0	4,5	25,5 - 26,8	18,0	7,0				
	6,4 - 7,0	4,5	2,5	13,5 - 14,1	9,5	5,0	26,9 - 28,2	19,0	7,5				
	7,1 - 7,7	5,0	3,0	14,2 - 15,5	10,0	5,0	28,3 - 31,1	20,0	7,5				
	7,8 - 8,4	5,5	3,0	15,6 - 16,9	11,0	5,5	31,2 - 33,9	22,0	8,0				
	8,5 - 9,1	6,0	3,5	17,0 - 18,3	12,0	5,5	34,0 - 36,0	24,0	8,0				
	9,2 - 9,9	6,5	3,5	18,4 - 19,7	13,0	6,0	38,1 - 40,0	27,0	9,0				
10,0 - 10,8	7,0	4,0	19,8 - 21,2	14,0	6,0								
Los valores de las gargantas a también se consideran para las almas de perfiles laminados I PN, IPE y IHE													
PERFILES I PN													
	IPN	a_1 mm.	a_2 mm.	a_3 mm.	IPN	a_1 mm.	a_2 mm.	a_3 mm.	IPN	a_1 mm.	a_2 mm.	a_3 mm.	
	8	3,0	4,0	2,5	22	6,5	8,5	5,5	36	10,0	13,5	9,0	
	10	3,5	4,5	3,0	24	6,5	9,0	6,0	38	10,0	14,5	9,5	
	12	4,0	5,0	3,5	26	7,0	9,5	6,5	40	11,0	15,0	10,0	
	14	4,0	6,0	4,0	28	8,0	10,5	7,0	45	13,0	17,0	11,0	
	16	4,5	6,5	4,0	30	8,0	11,0	7,5	50	14,0	19,0	12,5	
	18	5,0	7,0	4,5	32	8,5	12,0	8,0	55	15,0	21,0	13,5	
20	5,5	7,5	5,0	34	9,5	12,5	8,5	60	17,0	22,5	15,0		
PERFILES C PN													
	C PN	a_1 mm.	a_2 mm.	a_3 mm.	a_4 mm.	C PN	a_1 mm.	a_2 mm.	a_3 mm.	a_4 mm.			
	8	4,0	6,5	5,5	4,0	24	6,5	11,5	9,0	6,5			
	10	4,5	7,0	6,0	4,0	26	7,0	12,0	9,5	7,0			
	12	4,5	7,5	6,0	4,5	28	7,5	13,0	10,5	7,0			
	14	5,0	8,5	7,0	4,5	30	8,0	14,0	11,0	7,0			
	16	5,5	9,0	7,0	5,0	32	10,5	14,0	12,0	9,5			
	18	5,5	9,5	7,5	5,5	35	9,5	13,0	11,0	9,5			
20	6,0	10,0	8,0	6,0	38	9,5	13,5	10,0	9,0				
22	6,5	11,0	8,5	6,0	40	10,5	14,5	12,5	9,5				
ANGULARES DE ALAS IGUALES Y DESIGUALES													
	e	a_1	a_2	e	a_1	a_2	e	a_1	a_2				
	4	2,5	3,0	11	7,5	9,0	18	12,0	15,0				
	5	3,5	4,0	12	8,0	10,0	19	13,0	16,0				
	6	4,0	5,0	13	9,0	11,0	20	14,0	16,0				
	7	4,5	5,5	14	9,5	11,0	22	15,0	18,0				
	8	5,5	6,5	15	10,0	12,0	24	16,0	20,0				
	9	6,0	7,5	16	11,0	13,0	28	19,0	22,0				
10	7,0	8,0	17	12,0	14,0								
PERFILES T													
	Perfil	a		Perfil	a								
	40 x 5	3,5		70 x 8	5,5								
	50 x 6	4,0		80 x 9	6,0								
	60 x 7	4,5		100 x 11	7,5								



ANEXO 10C. SELECCIÓN DE MALLAS DE ACERO INOXIDABLE.

MESH	ABERTURA (mm.)	Diam. Hilo (mm.)	A. Abierta [%.]	Ancho (1mt.)	Ancho (1.22mts)
#1	23.4	2.00	85		*
#2	11.10	1.60	76		*
#3	7.07	1.40	70		*
#4	5.62	0.73	78		*
#4	5.62	1.1	78		*
#5	4.18	0.90	66		*
#6	3.60	0.60	72	*	
#6	3.60	0.98	72	*	
#8	2.38	0.80	55	*	*
#10	1.95	0.60	60	*	
#12	1.24	0.60	34	*	
#12	1.24	0.88	34	*	
#14	1.31	0.50	52	*	*
#16	1.16	0.43	53	*	
#18	0.96	0.45	46	*	
#20	0.87	0.40	47	*	
#25	0.64	0.40	37		*
#30	0.55	0.30	42	*	
#40	0.40	0.23	40	*	
#50	0.30	0.21	35	*	*
#60	0.24	0.18	33	*	*
#70	0.22	0.14	38	*	
#80	0.20	0.12	39	*	
#90	0.17	0.11	38	*	
#100	0.15	0.10	33	*	*
#120	0.13	0.08	38	*	
#150	0.10	0.065	27	*	
#180	0.06	0.08	20	*	
#200	0.07	0.053	32	*	
#250	0.06	0.040		*	
#300	0.04	0.040		*	



ANEXO 11C. SELECCIÓN DE TUBO REDONDO DE ACERO INOXIDABLE

DIÁMETRO EXTERIOR (D)		ESPESOR		PESO		PROPIEDADES	
		e	P	A	I	W	i
Pulg	mm	mm	kg/6m	cm	cm ⁴	cm ³	cm
5/8	15.90	0.60	1.44	0.29	0.08	0.11	0.54
		0.75	1.86	0.36	0.10	0.13	0.53
		0.95	2.28	0.44	0.12	0.15	0.51
		1.10	2.64	0.51	0.14	0.18	0.52
		1.50	3.54	0.68	0.18	0.22	0.51
3/4	19.05	0.60	1.74	0.35	0.15	0.16	0.65
		0.75	2.16	0.43	0.19	0.19	0.65
		0.95	2.70	0.54	0.22	0.23	0.64
		1.10	3.18	0.62	0.25	0.26	0.63
		1.50	4.20	0.83	0.32	0.34	0.62
7/8	22.22	0.60	2.04	0.41	0.24	0.21	0.76
		0.75	0.52	0.50	0.29	0.26	0.76
		0.95	3.18	0.63	0.36	0.32	0.75
		1.10	3.66	0.73	0.41	0.37	0.75
		1.50	4.92	0.98	0.53	0.47	0.74
1	25.40	0.60	2.28	0.47	0.36	0.28	0.88
		0.75	2.88	0.58	0.44	0.35	0.87
		0.95	3.60	0.73	0.55	0.43	0.87
		1.10	4.20	0.84	0.62	0.49	0.86
		1.50	5.64	1.13	0.81	0.64	0.85
1 1/4	31.75	0.95	4.50	0.92	1.09	0.69	1.18
		1.10	5.22	1.06	1.24	0.78	1.08
		1.50	7.08	1.43	1.63	1.03	1.07
1 1/2	38.10	0.95	5.40	1.11	1.91	1.00	1.31
		1.10	6.24	1.28	2.19	1.15	1.31
		1.50	8.46	1.72	2.89	1.52	1.30
1 3/4	44.45	0.95	6.24	1.30	3.07	1.38	1.54
		1.10	7.26	1.50	3.52	0.16	1.53
		1.50	9.84	2.02	4.67	2.10	1.52
1 7/8	47.63	0.95	6.78	1.40	3.80	1.60	1.65
		1.10	7.80	1.61	4.35	1.83	1.64
		1.50	10.26	2.17	5.79	2.43	1.63
2	50.80	0.95	7.20	1.49	4.62	1.82	1.76
		1.10	8.34	1.72	5.30	2.09	1.76
		1.50	10.80	2.32	7.06	2.78	1.74
2 3/8	60.33	1.50	13.20	2.77	12.00	3.98	2.08
2 1/2	63.50	1.50	14.04	2.92	14.05	4.42	2.19

ANEXO 12C. LÁMINAS PRIYECTADAS EN LA SOCIALIZACION

ALMIDON DE ACHIRA

QUE ES EL ALMIDÓN DE ACHIRA:

- Almidón de achira es una harina que se extrae de sus rizomas o cormos con la que se preparan galletas, bizcochuelos y dulces, pues contiene 4% de azúcar. Del almidón se prepara un budín que se usa como alimento para bebés y personas convalecientes.
- El objetivo del proceso es la separación o extracción del almidón presente en el tejido celular de los rizomas de la achira; para esto se realizan una serie de operaciones unitarias la cuales se esquematizan a continuación.

PROCESO DE EXTRACCIÓN



```

    graph TD
      A[SELECCIÓN DE  
MATERIAS  
PRIMAS] --> B[SELECCIÓN DE  
MATERIAS  
PRIMAS]
      B --> C[RALLADO]
      C --> D[TAMIZADO]
      D --> E[MOLDO]
  
```

PROPUESTA TECNOLÓGICA

Es el de tecnificar:

- > Rallado
- > Tamizado ó Colado
- > Secado

Rallado

Manual	Mecánico
<ul style="list-style-type: none"> - Producción en cualquier lugar. - Consumo de almidón. - Sin consumo de energía eléctrica. - Poca producción. - Peligroso. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mejor producción - Consumo eléctrico - Menor desperdicio. - Mejor eficiencia. - Seguro.

Rallado Manual	Propuesta Tecnológica
	



- ### Tamizado ó Colado
- | Manual | Mecanizado |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Mayor consumo de agua. • Bajo producción. • Mayor inversión de recursos humanos. • Bajo eficiencia. • Mayor desperdicio de almidón. • Sin automatismo eléctrico. | <ul style="list-style-type: none"> • Alta eficiencia. • Mayor producción. • Bajo desperdicio. • Menos consumo de agua. • Menos inversión de recursos humanos. • Automatismo eléctrico. |



- ### Secado Solar
- | Artisanal | Tecnificado |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Contaminación ambiental. • Mucho tiempo para secar. • Exponer a la condición atmosférica. • Contaminable por animales. | <ul style="list-style-type: none"> • Disminuye el tiempo de secado. • Almidón más limpio. • Mejor calidad. • Las condiciones atmosféricas influyen en menor proporción. |



Proceso de extracción	
Artisanal	Mecanizado
• Rallado de ríones. 6.5 kg/h	• Rallado ríones. 100 a 1000 kg/h
• Tamizado de alfecho. 40 a 100 kg/h-h	• Tamizado de alfecho. 100 kg/h
• Secado solar. 1 a 4 días para una humedad del 17%	• Secado solar. 7 kg/m ² por día.

Fuente: UNL/UNL

Costo de los Materiales
Rallo: 646.44 \$
Tamiz: 905.70\$
Secador Solar: 68\$

Gracias



SIMBOLOGIA

DENOMINACIÓN	SIMBOLO
Presión Unitaria	P_U
Área de Contacto	A
Fuerza de Corte	f
Fuerza Total	f_t
Torque Requerido	T_r
Radio Cilindro	r_c
Potencia	P
Velocidad Angular	ω
Relación de Transmisión	K
Rpm	N y n
Potencia corregida	P_c
Factor de corrección	C
Diámetro polea	D y d
Distancia entre centros	I
Longitud de la correa	L' y L
Esfuerzo de tracción	w_o
Tensión de entrada y salida	T_E y T_s
Velocidad lineal	v_c
Ciclos de flexión	if
Fuerza aplicada al eje	F_s
Momento torsor	M_t
Momento flector	M_f
Momento equivalente	M_E
Momento ideal	M_i
Momento de inercia	I_c
Angulo de contacto	γ
Esfuerzo tangencial	τ



Tensión de corte admisible	$[\delta]$
Carga transmitida	W_t
Presión de rodadura y duración	k
Contenido de agua	H_m
Masa húmeda	m_h
Masa seca	m_s
Contenido de agua	C_{agua}
Humedad final	H_f
Energía requerida	E_r
Calor latente	c_l
Radiación solar	R_s