

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE TECNOLOGÍA
CARRERA DE MECÁNICA INDUSTRIAL



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE
MÁQUINA REBANADORA AUTOMATIZADA PARA
PLÁTANOS.

Proyecto de Grado presentado para la obtención del grado de Licenciatura.

POR: LUIS ALBERTO NINA FLORES.

TUTOR: LIC. MAX PONCE FLORES.

LA PAZ – BOLIVIA

Septiembre, 2018

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE TECNOLOGÍA
CARRERA DE MECÁNICA INDUSTRIAL

Proyecto de grado:

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MÁQUINA
REBANADORA AUTOMATIZADA PARA PLÁTANOS.**

Presentado por: Univ. Luis Alberto Nina Flores.

Para optar el grado académico de Licenciado en Mecánica Industrial.

Nota numeral:

Nota literal:

Ha sido:

Director Carrera de Mecánica Industrial: Lic. Max Ponce Flores.

Tutor: Lic. Max Ponce Flores.

Tribunal: Lic. Richard Villalba Caro.

Tribunal: Lic. Víctor Chura Uruchi.

Tribunal: Lic. Wilfredo Espinoza Gutierrez.

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mis queridos padres Sr. Manuel Nina Machaca y Sra. Asunta Flores de Nina. Que están presentes siempre en mi corazón. Por su apoyo incondicional, paciencia y comprensión.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, por todo el apoyo brindado y la confianza de mis padres: papá Manuel, mi mamá Asunta por los consejos y guías que son para mi vida, a mi hermano Miguel y su familia, a su esposa María y mi sobrino Jonathan.

A mi asesor Lic. Max Ponce Flores por las sugerencias y su experiencia brindada durante el desarrollo del proyecto.

A mí amada novia Ruth por ayudarme y alentarme en el transcurrir del desarrollo de este proyecto.

A mi amigo José Luis por los consejos y ayuda brinda.

A los miembros del Tribunal examinador: Lic. Richard Villalba Caro. Lic. Víctor Chura. Lic. Wilfredo Espinoza Gutierrez, mis agradecimientos por los consejos y sugerencias brindadas.

A mis señores docentes de la carrera de Mecánica Industrial de la facultad de tecnología por la enseñanza brindada, a mis compañeros y amigos por su amistad brindada.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO 1	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Objetivos del Proyecto de Grado.....	4
1.2.1 Objetivo General:	4
1.2.2 Objetivos Específicos:.....	4
1.3. Justificación del Proyecto de Grado.	4
1.3.1 Justificación técnica.....	4
1.3.2 Justificación social.....	5
1.3.3 Justificación económica.....	5
1.4. Alcance del proyecto.	6
CAPÍTULO 2	7
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	7

2.1.	Generalidades del producto plátanos fritos.....	7
2.1.1	Referencias general del manejo cultivo y cosecha del plátano.	8
2.2.	Máquina rebanadora.	12
2.2.1	Máquinas rebanadoras manuales impulsadas a mano.	13
2.2.2	Máquinas procesadoras de alimentos.	13
2.2.3	Máquinas rebanadoras automáticas.	14
2.3.	El filo de las cuchillas.....	15
2.4.	La cinemática del movimiento.....	18
2.5.	Análisis de esfuerzos y deformaciones.....	20
2.6.	Factores de esfuerzos para el diseño.....	24
2.7.	Mecanismos de transmisión de movimiento de engranajes y unión de ejes..	27
2.8.	Relación de torque y potencia entre velocidad de giro.	33
2.9.	Selección de chaveta.....	35
2.10.	Programación de PLC.	36
2.11.	Materiales en el diseño mecánico.	38
	CAPÍTULO 3.....	45
	DISEÑO DEL PROYECTO.	45
3.1.	Parámetros de diseño.	45
3.2.	Cálculos de mecanismos.....	50
3.2.1	Fuerza de cuchilla.....	50
3.2.2	Velocidad y potencia requerida.....	60
3.2.3	Determinación de la capacidad de producción.....	62
3.2.4	Engranajes en el sistema de rebanado.	62
3.2.5	Selección de poleas.....	68

3.2.6	Ejes de transmisión de componentes.....	69
3.2.7	Calculo de chaveta.....	82
3.2.8	Sistema de alimentación.....	83
3.3.	Selección de componentes.....	84
3.3.1.	Estructura de máquina prototipo.	84
3.3.2.	Rodamientos.....	87
3.3.3.	Motor de la rebanadora.....	88
3.3.4.	Tipo de cinta transportadora.....	88
3.4.	Sistema de control de motores.....	90
3.5.	Sistema de control automático.....	92
3.4.1.	Ciclos de funcionamiento y Programación de PLC Logo.	94
CAPÍTULO 4.....		96
CONSTRUCCIÓN.....		96
4.1.	Construcción del sistema de rebanado.....	96
4.2.	Cinta transportadora de plátanos.....	103
4.3.	Armado final de la máquina.....	104
4.4.	Pruebas de funcionamiento.....	104
4.5.	Mantenimiento preventivo.....	106
CAPÍTULO 5.....		107
COSTOS DEL PROYECTO.....		107
5.1.	Costos de producción de la máquina prototipo.....	107
CAPÍTULO 6.....		109
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		109
6.1.	Conclusiones.....	109

6.2. Recomendaciones.....	111
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	113
ANEXOS.....	114
PLANOS.....	135

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura: 1. Racimo de plátano maduro. (fuente: el autor)	2
Figura: 2. Rebanado manual de plátano maduro. (fuente: el autor).....	3
Figura: 3. Peligros en el proceso de rebanado. (fuente el autor).....	3
Figura: 4. Plátanos fritos. (fuente: el autor)	8
Figura: 5. Imagen del fruto del plátano verde en su árbol. (fuente: introducción metodología de escuelas del campo para agricultores. Usaid-bolivia 2007)	10
Figura: 6. Cortadora de verduras. (fuente: http:// www.sammic.es - www.solostocks.com)	14
Figura: 7. Máquina rebanadora de control automático. (fuente: https://spanish.alibaba.com/product-detail/fully-automatic-spherical-industrial-vegetable-slicer)	15
Figura: 8. Formas de hojas de los cuchillos. (fuente: http://www.lecuine.com/ blog/cuchillos-occidentales y japoneses/)	16
Figura: 9. Los diversos tipos de ángulos existentes para el afilado de un cuchillo. (fuente: http://www.umami-madrid.com/)	17
Figura: 10. Diferentes tipos de ángulos. (fuente: http://www.foro.salvatuvida.com).....	17
Figura: 11. Engranajes cónicos a 90°. (fuente: diseño de elementos de máquinas Robert Mott).....	28
Figura: 12. Geometría básica de una transmisión por bandas. (fuente: diseño de elementos de máquinas Robert Mott.)	34
Figura: 13. Plc. Logo (fuente: el autor.).....	36
Figura: 14. Funciones básica de plc. (fuente: manual logo plc.).....	38
Figura: 15. Rodamiento de bolas. (fuente: el autor.).....	41
Figura: 16. Motor de ac de 0.5hp de potencia. (fuente: el autor.).....	42

Figura: 17. Botoneras de paro y encendido, luces piloto. (fuente: el autor.)	43
Figura: 18. Contactor eléctrico, térmicos, relés 8 pines. (fuente: el autor.)	44
Figura: 19. Características físicas del plátano. (fuente: el autor).....	47
Figura: 20. Diagrama de secuencia de pasos para el rebanado de plátano. (fuente: el autor)	49
Figura: 21. Proceso de elaboración de rodajas de plátano.	49
Figura: 22. Medición de ángulos (fuente: el autor).....	52
Figura: 23. Mecanismos de corte para determinar masa requerida. (fuente: el autor)....	53
Figura: 24. Disco rebanador. (fuente: el autor)	58
Figura: 25. Forma del eje vertical a diseñar. (fuente: el autor)	69
Figura: 26. Forma del eje horizontal. (fuente: el autor)	69
Figura: 27. Diagrama de fuerzas de eje vertical y horizontal del rebanador. (fuente: el autor)	72
Figura: 28. Diagrama de reacciones, fuerzas, fuerzas cortantes y momentos flexionante del eje horizontal. Fuente: (el autor)	76
Figura: 29. Diagrama de reacciones, fuerzas, fuerzas cortantes y momentos flexionante del eje vertical. (fuente:el autor)	79
Figura: 30. Cobertor del sistema de corte, ingreso de plátanos. (fuente: el autor).....	84
Figura: 31. Soporte del rebanador. (fuente: el autor)	85
Figura: 32. Se ve el soporte de la estructura. (fuente: el autor)	86
Figura: 33. Se observa la estructura que contendrá el eje del disco rebanador. (fuente: el autor)	86
Figura: 34. Ubicación de rodamientos en el sistema rebanador. (fuente: el autor).....	87
Figura: 35. Cinta transportadora por bandas. (fuente: el autor)	89
Figura: 36 . Circuito eléctrico de fuerza realizado con (cade-simu). (fuente: el autor). .	91
Figura: 37. Conexiones del logo plc con los componentes eléctricos. (fuente: el autor).	92
Figura: 38. Circuito de automatización del logo plc. (fuente: el autor)	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Contenido de nutrientes del fruto del plátano en 100g. (fuente: plátano manual de escuelas del campo. Barrientos. Usaid-bolivia)	9
tabla 2. Características del acero AISI-1040. (fuente: norma AISI)	39
tabla 3. Características del acero inoxidable AISI-304. (fuente: <i>irestal grup</i>).	40
tabla 4. Características del acero al carbono ASMT 500. (fuente: catalogo aceros arequipa).....	40
tabla 5. Características del perfil acero al carbono ASMT A36. (fuente: catalogo aceros arequipa).....	40
tabla 6. Características físicas del plátano. (fuente: el autor).....	46
tabla 7. Diferentes ángulos de corte probados para la obtención de corte de plátanos. (fuente: el autor).....	51
tabla 8. Pruebas de capacidad de corte. Fuente:(el autor)	54
tabla 9. Experimento de la capacidad de corte en [g] contra calidad de corte. (fuente: el autor)	55
tabla 10. Resumen de los elementos calculados y empleados. (fuente: el autor).....	59
tabla 11. Resumen de diámetros calculados para el sistema de rebanado. (fuente: el autor)	82
tabla 12. Características del motor a implementar. (fuente: el autor)	88
tabla 13. Actividades del mantenimiento preventivo. (fuente: el autor)	106
tabla 14. Costos materia prima y elementos seleccionados para la construcción. (fuente: el autor).	107
tabla 15. Costos por concepto de elementos eléctricos. (fuente: el autor).	108
tabla 16. Costos de mano de obra en el maquinado, ensamblado y puesta en marcha de la máquina prototipo. (fuente: el autor).	108
tabla 17. Resumen de costos parciales. (fuente: el autor).	108

RESUMEN

La elaboración de productos en base a frituras, hoy en día se hizo más común en nuestra sociedad, y está presente en la economía informal de nuestra ciudad. El objetivo del presente trabajo es el de mecanizar el proceso de producción, de un producto como los plátanos fritos que se está haciendo popular, estos tienen la forma de disco de un espesor especificado, los cuales serán rebanados individualmente cada plátano. Este producto se conoce en el mercado como chipilos, (plátanos fritos en forma de chips) que es más conocido por el cliente consumidor como platanitos fritados.

El proyecto mejorara la producción del proceso de elaboración en la fase del rebanado de los productos fritados tipo chips, e implementar estas mejoras para el nuevo producto para la comercialización en el mercado interno.

El proceso de elaboración de los plátanos fritos en la actualidad, es un proceso manual, esto quiere decir que se debe rebanar cada plátano uno por uno y sacar las rodajas finas de un espesor que comprende entre 1 – 2 mm, existe puntos críticos en el proceso de manipulación uno de ellos es el pelado del producto y el rebanado, en estas fases de elaboración se emplea mucho tiempo y mano de obra, es el caso estudiado en este proyecto. La elaboración del producto es artesanal no se utiliza ningún tipo de maquinaria, el personal empleado es de 4 personas para la producción de las frituras, y el tiempo empleado es alto para su elaboración, para lo cual se pretende mecanizar el proceso, mediante una rebanadora semiautomática, la cual será diseñada en base a los requerimientos del área de elaboración del producto, y posteriormente será construida, para luego ser sometida a pruebas de funcionamiento y las posibles mejoras para el prototipo de máquina a implantar y así ampliar la producción y mejorar los tiempos de elaboración de este producto, en todos estos procesos se deberá estandarizar el producto final, ya que en la actualidad no existe uniformidad en el producto final en cuanto a dimensiones, también se evaluará los costos de producción de la máquina prototipo y la rentabilidad del producto.

ABSTRACT

The production of products based on fried foods, today became more common in our society, and is present in the informal economy of our city. In the present work the objective is to mechanize the production process, of a product that is becoming popular, which are fried plantains, have the disc shape of a specified thickness, which will be individually sliced each banana. This product is known in the market as chipilos, (fried plantains in the form of chips) which is better known by the consumer customer as fried plantains.

The project will improve the production of the processing process in the slicing phase of chip-type fries, and implement these improvements for the new product for commercialization in the domestic market.

The process of production of fried plantains today, is a process of manual processing, this means that each banana should be sliced one by one and take out the thin slices of a thickness that comprises between 1 - 2 mm, there are critical points in the process of handling one of them is the peeling of the product and the slicing, in these phases of elaboration a lot of time and manpower is used, is the case studied in this project. The elaboration of the product is artisanal no type of machinery is used, the employed personnel is of 4 people for the production of the fried, and the time employed is high for its elaboration, for which it is tried to mechanize the process, by means of a slicer semiautomatic, which will be designed based on the requirements of the area of elaboration of the product, and subsequently built, will also perform the performance tests and possible improvements for the prototype of the machine to be implemented and thus expand production and improve the times of prepared of this product, in all these processes the final product should be standardized, since at present there is no uniformity in the final product, also the production costs of the prototype machine and the profitability of the product will be evaluated.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

La elaboración de nuevos productos de consumo en nuestra sociedad, lleva a personas particulares a elaborar productos comestibles que sean agradables al paladar de las personas, estos pueden ser congelados, fritos, y en sus diversas variaciones.

Todos estos productos son elaborados manualmente o en maquinaria especializada para la obtención del producto a elaborar.

El pequeño productor al inicio de desarrollar cada producto, lo elabora manualmente en pequeña escala de producción, en este proceso surge el conocimiento, la experiencia y la capacidad de mejorar la producción.

La producción de frituras hoy en día se hizo más común en nuestra medio, y está presente en la economía informal de nuestra ciudad, esta actividad en la actualidad está siendo desarrollada artesanalmente.

En el presente trabajo el objetivo es el de mecanizar y automatizar el proceso de producción de un producto muy popular, como son los plátanos fritos, estos tienen la forma de disco de un espesor especificado de 1 – 2 mm que deben ser rebanados individualmente cada plátano sin la intervención de la mano del operario para evitar contaminación.

El proyecto permitirá mejorar la producción del proceso de elaboración de productos fritos tipo *chips*, con un estándar en el rebanado con espesor controlado, la alimentación de producto a rebanar será dosificada mediante una cinta transportadora que será un accesorio, con dosificador que presione al plátano contra la cuchilla, la cual será controlada por un PLC, el cual controlara los tiempos de accionamiento de los componentes eléctricos, con la implementación de estos componentes a la máquina que se construirá se pretende tener un mayor rendimiento en la producción y reducir sus costos.

1.1. Planteamiento del problema.

La elaboración de plátanos fritos, se realiza de forma manual lo que conlleva factores que se tomaran en cuenta para la mejora del producto elaborado, esos factores son:

- El excesivo tiempo utilizado en la elaboración.

El proceso de elaboración lleva mucho tiempo de 3 a 4 horas. La elaboración de este producto empieza con el pelado de los plátanos en una cantidad aproximada de 60 a 50 unidades por racimo de plátano, los cuales posteriormente serán rebanados uno por uno. (Véase Figura 1).

FIGURA: 1. Racimo de plátano maduro. (Fuente: El Autor)



- La variación en el espesor en cada rodaja.

La producción artesanal de los plátanos fritos, en rodajas circulares de un espesor de 1 a 2 mm no es homogéneo, al inicio de la actividad del picado se puede notar una medida casi estándar, pero al pasar el tiempo y el cansancio del personal se produce la varianza del espesor de corte en las rodajas de los plátanos. En la actualidad este proceso de producción es enteramente manual no se utiliza

ningún tipo de maquinaria o mecanismo para el preparado de los mismos. (Véase Figura 2)

FIGURA: 2. Rebanado manual de plátano maduro. (Fuente: El Autor).



➤ Riesgos físicos al personal

Las personas involucradas para el rebanado manual de plátanos es de 2 a 4 personas, este personal cortar en rodajas los plátanos en forma de discos individuales, la manipulación de cuchillos puede ocasionar cortes, para la protección de las manos se utiliza cobertor de tela para los pulgares (Véase Figura 3), lo cual es antihigiénico.

FIGURA: 3. Peligros en el proceso de rebanado. (Fuente El Autor)



Para solucionar estos problemas se realizara un prototipo de máquina rebanadora la cual solucionara estas dificultades obteniéndose un producto listo para ser procesado.

1.2. Objetivos del Proyecto de Grado.

Los objetivos que se obtendrán con el presente proyecto serán los siguientes:

1.2.1 Objetivo General:

Diseño y construcción de un prototipo de máquina rebanadora automatizada para plátanos.

1.2.2 Objetivos Específicos:

- Diseñar mecanismos del rebanado
- Calcular los componentes de los mecanismos de la máquina.
- Automatizar el sistema de rebanado de plátanos.
- Realizar pruebas de funcionamiento de la máquina prototipo.
- Determinar Costos del proyecto

1.3. Justificación del Proyecto de Grado.

El presente proyecto de grado tiene la siguiente justificación por las cuales se implementara la máquina prototipo.

1.3.1 Justificación técnica.

Con la implementación de esta máquina se pretende demostrar que la mecanización del proceso de producción mejorara y ampliara la producción de rodajas de plátano, en este caso en específico se lograra la reducción de manipulación en los plátanos, en el proceso de corte para un producto final

de calidad y estandarizado a una sola medida pre ajustada en el espesor de cada rodaja de plátano y además libre de contaminantes.

Para lo cual se realiza el diseño y cálculo de diversas partes mecánicas, estructurales. Que serán mecanizadas, ensambladas y por último la automatización de los diversos mecanismos que contiene la máquina.

1.3.2 Justificación social.

El proceso manual de producción de los plátanos fritos es un trabajo arduo y agotador, por lo cual exponer a los operarios a accidentes de cortadas ya que el proceso de rebanado es manual y las personas que rebanan los plátanos solo dependen de la destreza de sus manos, un pequeño cobertor que se colocan en los pulgares, que les sirve de protección contra las cortaduras no es suficiente para evitar accidentes.

Como el proceso de rebanado es manual esto produce irregularidades en el espesor de cada rodaja de plátano, en el producto final se puede observar una variedad de espesores en cada rodaja midiendo desde los 1 mm hasta los 3mm.

La implementación de esta máquina aumenta la producción y disminuye los tiempos de elaborado y se logra un producto uniforme logrando la reducción de personal en la elaboración de este producto.

1.3.3 Justificación económica.

El diseño y construcción de la máquina prototipo rebanadora de plátanos está orientada a mejorar la elaboración del producto y obtener un mejor rendimiento en la producción y esta sea mayor para poder brindar un producto de calidad y uniforme al consumidor final.

Al implementar maquinaria en el procesado de productos alimenticios existen de marcas renombradas las cuales tienen a disposición y a la venta

diversos tipos y modelos para estos fines, los cuales está en el margen de 4800 dólares.

Con este proyecto se pretende lograr mejorar las condiciones del producto y bajar el costo de producción. La construcción de la máquina no sobrepasara los 2500 dólares.

1.4. Alcance del proyecto.

La importancia de este proyecto es poder plasmar los conocimientos adquiridos en función de los requerimientos de la sociedad, y demostrar que los requerimientos tecnológicos pueden ser una realidad, presentando así una solución a cada situación que se presenta en las microempresas o en las empresas grandes.

En el diseño de la máquina se lograra grandes avances, en todo el proceso de producción se podrá estandarizar dando un producto final uniforme y con un corte perfecto, a una determina medida pre establecida por el operario.

Con la automatización se lograra una producción más continua y la mano de obra se reducirá de 4 a 2 operarios, logrando un mayor rendimiento económico.

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1. Generalidades del producto plátanos fritos

Los aperitivos para consumir son de diferentes clases pueden ser dulces, salados, productos de frituras, estos se hicieron más común en nuestro medio, un ejemplo de ello son las papas fritas, y las frituras hojuelas de chicharrón que son productos fritos en aceite, que suelen ser crujientes y agradables al paladar, a estos productos ya mencionados se incorporó otro producto llamado “plátano frito”, que en nuestro medio lo denominan: Postre frito, Plátano para freír o también llamado chipilos en el oriente del país como Santa Cruz.(Véase Figura 4)

La elaboración de este producto en la actualidad se realiza de forma manual, para lo cual se utiliza cuchillos de cocina y ralladores de madera, también de 2 a 4 personas para su elaboración, el tiempo del proceso de elaboración del cortado y frito es alrededor de 4 horas por racimo de plátano.

Los plátanos vienen en, “cabezas” o llamados también racimos, las cuales llevan alrededor de 60 a 50 unidades de plátanos en cada cabeza, los cuales son pelados de su cascara uno por uno, y posteriormente son picados individualmente uno por uno en láminas de discos delgados de aproximadamente de 1 a 1.5 mm de espesor, los cuales posteriormente son fritos en aceite vegetal.

Estos platanitos fritos son crujientes de sabor dulzor y muy agradables al paladar del público en general, otra variación de este, es el plátano verde que es salado, pero que tiene poca aceptación, por que el consumidor prefiere los plátanos dulces.

FIGURA: 4. Plátanos fritos. (Fuente: El autor)



2.1.1 Referencias general del manejo cultivo y cosecha del plátano.

El origen del plátano se remonta al continente Asiático específicamente en su parte meridional en los países de Malacia y Indonesia desde milenios, los cuales se propagaron en Hawái y la polinesia, posteriormente en los siglos venideros específicamente en el siglo X fue introducido a Europa, lo cual causo su introducción a las Américas por colonias portuguesas durante el siglo XVI, de ahí en adelante se plantaría y se tomaría como fruto nativo de zonas tropicales fácil adaptación al terreno de los valles húmedos del norte del departamento de La Paz y Cochabamba.

El plátano es una de las frutas más consumidas y cultivadas, en los yungas de La Paz es consumida por sus habitantes diariamente, el plátano es un alimento rico en minerales y carbohidratos, es un producto que forma parte de la economía campesina de la región, y además el plátano es considerado un producto básico y de exportación, la cual constituye una fuente de ingresos y empleo a los habitantes de esa región.

Tabla 1. Contenido de nutrientes del fruto del Plátano en 100g. (Fuente: Plátano manual de escuelas del campo. Barrientos. USAID-Bolivia)

NUTRIENTE	VALOR APROXIMADO	NUTRIENTE	VALOR APROXIMADO
Agua	75 %	Calorías	89 Kcal
Proteína	1,1 g	Grasa	0,33 g
Colesterol	0,0 g	Carbohidratos	22,8 g
Fibra	2,6 g	Calcio	5 mg
Hierro	0,26 mg	Magnesio	27 mg
Fósforo	22 mg	Potasio	358 mg
Vitamina C	8,7 mg	Vitamina A	64 IU

Entre las variedades existentes de plátano con diferentes características en relación al tamaño y el racimo de la planta, su forma, color, número de frutos, estas influyen en el rendimiento y productividad de los plátanos.

Un ejemplo de cultivos es en la región de la asunta del departamento de La Paz se manejan dos variedades:

Plátano Turco: variedad tradicional cultivada desde varios años en esta región.

Plátano Dominicó Francés: de sabor dulce introducida a esta región desde el Chapare Cochabambino. (Véase Figura 5)

Las condiciones adecuadas para el cultivo del plátano son; un clima cálido con una constante humedad del aire, una temperatura que este entre los 20 a 27°C, la irrigación de agua es muy importante en el cultivo de los plátanos ya que la carencia de agua afecta al tamaño de frutos ya que se reducen notablemente, porque esta planta es muy sensible a los cambios de humedad y a la sequía, estos se ven reflejados en sus frutos que pueden dar racimos con diferencias morfológicas en su forma como ser; torcidos y menudos en su longitud.

FIGURA: 5. Imagen del fruto del plátano verde en su árbol. (Fuente: introducción metodología de escuelas del campo para agricultores. USAID-BOLIVIA 2007)



La altura recomendada para el cultivo de plátanos es a los 200 a 600 m.s.n.m. Como indicamos anteriormente en llanuras húmedas son las propicias para su cultivo, a alturas más altas el ciclo de crecimiento vegetativo de la planta se alarga más.

Es importante la radiación solar en la planta cuando está en la floración y maduración de los frutos, otro factor importante es los vientos en los cultivos que evitan la transpiración en las hojas, pero estos no deben ser muy fuertes ya que pueden provocar la rotura de las mismas y esto ocasionaría la pérdida de un 20% en la producción.

Las condiciones del terreno de cultivo de los plátanos son: suelos arcillosos y arenosos calizos o silíceos, los cuales deben ser ricos en minerales y fértiles estos deben ser bien drenados en caso de lluvias constantes, estos suelos deben ser laminosos de playa, ricos

en potasio, la acidez del suelo debe ser con un pH de 4.5 hasta 8 siendo el óptimo de 6.5 de pH.

El manejo de los racimos debe ser de manera adecuada y oportuna para poder lograr una buena producción de buenos frutos para la comercialización. En esta fase denominada manejo de racimos es muy importante la poda controlada de las hojas que crecen en esta planta, para que puedan los nutrientes concentrarse en el fruto del racimo.

El embolsado es una parte muy importante en el cuidado del racimo de plátano, la finalidad de este es el evitar daños de carácter; de bajas temperaturas, también el de proteger de plagas y enfermedades. En esta práctica se crea un micro clima que favorecerá al fruto dándole un rápido crecimiento, una apariencia más brillante a los plátanos. Esta fase de embolsado se realiza a la segunda semana o tercera después de la floración, con bolsas plásticas perforadas de nylon, las cuales pueden medir entre 1.60m. De largo por 0.80m. Ancho.

El manejo es integral después de la fase del embolsado ya se debe manejar con cuidado el racimo para que este no contenga ningún tipo de plagas por eso se hace el desflore, que consiste en la eliminación de flores del racimo para que este no contenga ningún tipo de albergue para estas plagas, dándole más espacio al racimo dentro de la bolsa. También es importante la eliminación de los frutos de la punta del racimo que no llegaron a adquirir el tamaño adecuado de un fruto entero de plátano, los cuales no lograran adquirir mayor tamaño, porque los demás frutos ya llegaron a su madures en crecimiento y es por eso que se eliminan esa parte.

Otro método para poder realizar un control del crecimiento del fruto y poder homogenizar es con el encinte de los frutos de plátanos, el cual es una técnica que utiliza cintas de colores con las cuales se van marcando los racimos de los plátanos que van madurando, según su fase de maduración los cuales en la cosecha se podrá detectar mediante sus cintas las cuales podrán dar un fruto homogéneo de toda la producción. Cabe recalcar que la fase de maduración de los plátanos es de 12 semanas en las cuales el racimo del fruto de los plátanos ya ha madurado para su corte de la planta.

La cosecha es la operación donde los productos del cultivo son sacados de las plantaciones en donde se ve la producción del plátano: textura, tamaño, calidad, cantidad. Este proceso se realiza en la misma planta cuando se hace el corte del racimo de plátano, por lo general se realiza entre dos personas las cuales sacan el producto de la parcela, en esta fase de la cosecha, se debe tomar en cuenta el transporte a utilizar para sacar el producto al mercado, desde el corte hasta el mercado de consumo existen varias fases por las que pasa los racimos de plátanos, una de ellas es el transporte manual que se hace de los mismos, porque cada racimo es llevado en carretilla a la espalda o en cables que cuelgan los plátanos y posteriormente son empaquetados en “*chipas*” o también llamadas cajas de madera, en cajas plásticas las cuales son llevados al camión de transporte, para luego ser trasladados a los mercados de la zona o de las ciudades. Los cuales son posteriormente distribuidos a la población, de ahí comienza el proceso de transformación del plátano en este proyecto denominado; chipilo, o llamados rodajas de plátano, en lo cual se centra este proyecto. (Fuente: Introducción metodología de escuelas del campo para agricultores. USAID-BOLIVIA 2007)

2.2. Máquina rebanadora.

En el mercado actual internacional se puede apreciar los diferentes tipos y formas que existentes de maquinarias para el rebanado de alimentos para el consumo humano, estos alimentos pueden ser; vegetales, legumbres, frutas, los cuales pueden ser procesados y manipulados por estas tipo de maquinaria.

Estas maquinaria son de diversa formas y tamaños, producidas en diferentes partes del mundo, mediante un medio de comunicación que es el internet se puede recabar información de las diversas maquinarias existentes para la venta al público en general existen desde: Alemanas, Españolas; Chinas, Mexicanas, etc. Pero el principio de cortado es el mismo en todas esta máquinas, solo varían la posición y forma en las cuales están empleadas, los cuales utilizan una o varias hojas de acero inoxidable para el corte de los productos alimenticios, la cual es impulsada por un motor de diversa capacidad o potencia, que hace girar mediante un eje a la cuchilla rebanadora la cual por el impulso

de giro corta el material que está siendo procesado, dando como producto final un corte uniforme con un espesor pre establecido por el operario antes del rebanado, y lo más relevante es la rapidez con la cual se puede trabajar en dicha maquinaria.

En esta sección se dará a conocer los diferentes tipos de maquinaria existentes en la actualidad en el mercado para su venta, esta maquinaria se clasifica; en manuales y automáticas, cabe mencionar que en esta variedad de máquinas solo se tomó en cuenta las máquinas que se asemejaran al trabajo de corte que se busca en este proyecto, estas maquinarias son las siguientes:

2.2.1 Máquinas rebanadoras manuales impulsadas a mano.

Este tipo de maquinaria es accionada manualmente por el operario con un brazo y con el otro empuja el producto a cortar contra las cuchillas, este tipo de accionamiento se hace por medio de la manivela la cual hace girar la cuchilla, este tipo de corte produce unas rebanadas que pueden usarse en producto como; verduras y hortalizas frescas.

2.2.2 Máquinas procesadoras de alimentos.

Este tipo de máquinas son las utilizadas para el cortado de vegetales en las cocinas con su alta revoluciones son ideales para el corte de hortalizas, son compactas se asemejan a un electrodoméstico como ser una zumidora o licuadora por el tamaño y sus características de funcionamiento.

El funcionamiento de esta máquina consta de un motor vertical además de mecanismos de reducción de velocidades para el giro de sus cuchillas rebanadoras, el costo aproximado de esta máquina en internet es de 579 Euros.

Como ejemplo se muestra la procesadora de alimentos: RCGS 550 de Royal Catering y la cortadora de verduras CA-301. Fabricadas en aluminio y acero inoxidable cuenta con dos clases de llenado para diferentes tipos y tamaños de verduras que sean blandas, cuenta con discos intercambiables para el

rayado de diversas formas; largas, cuadradas, redondas. Con un voltaje de 230 voltios y una potencia de 550 vatios (Véase Figura 6)

FIGURA: 6. Cortadora de verduras. (Fuente: [http:// www.sammic.es-
www.solostocks.com](http://www.sammic.es-
www.solostocks.com))



2.2.3 Máquinas rebanadoras automáticas.

Las máquinas con estas características son de índole industrial para hotelería, restaurantes grandes para una producción masiva y de grandes cantidades, compuesta generalmente por una hoja de chuchilla para el corte y una cinta transportadora para la alimentación de producto a ser rebanado.

Cuenta con un controlador electrónico con control numérico que gobierna el funcionamiento de la máquina tanto en el accionamiento de la máquina y el avance de la cinta transportadora, con un avance controlado por la misma, la cual se programa por el operario dando un rebanado fino o grueso, dependiendo de las necesidades del restaurante. Se toma como un ejemplo el modelo de JY-909G Multifunción cortador de verduras, de fabricación china, está construida en acero inoxidable, su voltaje que utiliza es de 220 voltios, su uso va dirigido a cortar todo tipo de vegetales largos y uniformes

tiene una capacidad de 300-800 kg/h, el costo aproximado del mismo es de 4800 dólares (Véase Figura 7)

FIGURA: 7. Máquina rebanadora de control automático. (Fuente: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/fully-automatic-spherical-industrial-vegetable-slicer>)



2.3. El filo de las cuchillas.

El uso de una herramienta de corte para el rebanado de un alimento se realiza desde mucho tiempo atrás, los cuchillos de cocina que se utiliza en la vida diaria son elementos de gran importancia en que muchas veces no se da la importancia que merece al ángulo de filo, al espesor de la hoja, la forma que fue elaboradora la hoja. Estos factores influyen de forma directa, al filo de corte que se le va a dar al cuchillo, estos ángulos de filo suelen ser dados por el fabricante el cual mediante máquinas y dispositivos da los siguientes ángulos (Véase Figura 9-10).

Estos ángulos vienen en dos formas: cuchillos occidentales el cual tiene ambos lados de filo en forma de una V que distribuye equitativamente a ambos lados de la hoja, esta característica lo hace más versátil y manejable en la cocina para realizar cualquier tipo de plato. En cambio los cuchillos japoneses de un solo lado de filo o bisel, generalmente

los cuchillos de origen y fabricación Japonesa son los que lleva un solo ángulo. Este tipo de filo que es recto es como la de las tijeras, con este se consigue cortes limpios y muy preciso por tener la cara plana y tener ángulo muy fino, este tipo de filo también son utilizados en los bisturís quirúrgicos, este tipo de filo limita las posibilidades de uso en la cocina es por eso que se utiliza un diferente cuchillo para cada corte, también mencionar que esto implica que el uso de estos cuchillos son diferentes para diestros y zurdos.

La capacidad de corte dependerá del ángulo de filo, los filos con mayor ángulo suelen ser más penetrantes, por lo cual cortaran más, pero el filo suele durar menos. En el caso para los ángulos más cortos son finos y duran más tiempo para volver a ser afilados.

Con los cuchillos japoneses se debe ser más cuidadosos que con los occidentales debido principalmente a que al tener un solo lado de la hoja con filo debemos respetar siempre ese ángulo de 90° entre el lado que contiene el filo y el que no lo tiene. Este aspecto es fundamental en estas hojas ya que su único lado de filo, es el que cortara los alimentos en la forma en que sea manipulado el cuchillo, y por eso la importancia de manipularlo perpendicular al alimento a cortar. (Véase Figura 8).

FIGURA: 8. Formas de hojas de los cuchillos. (Fuente: <http://www.lecuine.com/blog/cuchillos-occidentales-y-japoneses/>)

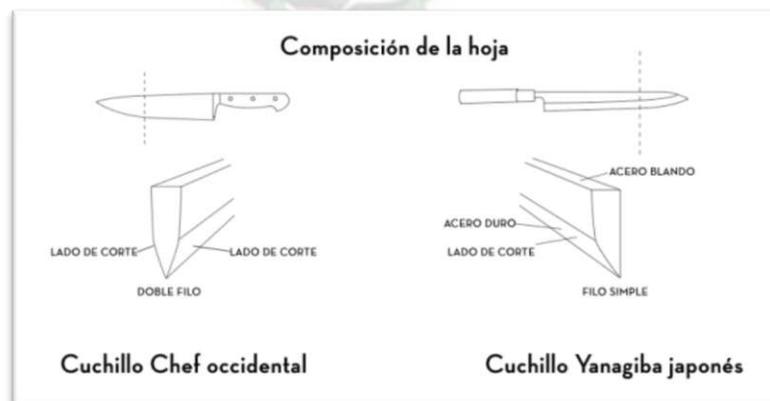


FIGURA: 9. Los diversos tipos de ángulos existentes para el afilado de un cuchillo.
 (Fuente: <http://www.umami-madrid.com/>)

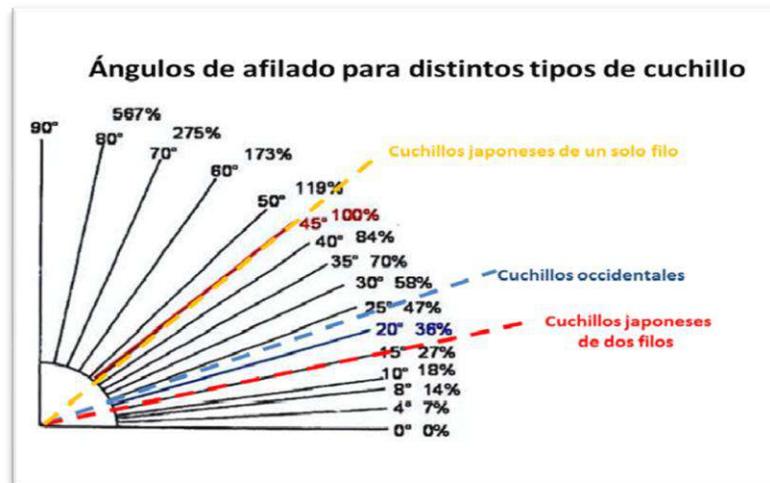
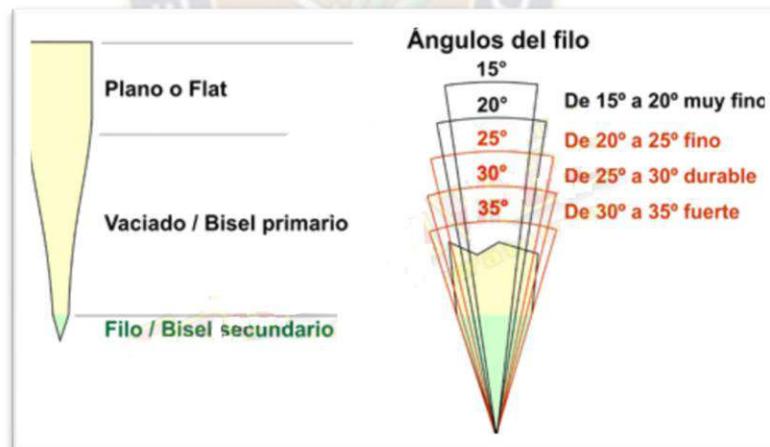


FIGURA: 10. Diferentes tipos de ángulos. (Fuente: <http://www.foro.salvatuvida.com>)



El mantenimiento del filo de este tipo de cuchillas se realiza mediante la utilización de piedras con distinta numeración, la cual puede empezar desde los 200 al 400 de grano grueso, de 800 al 1500 para el grano fino y de 2000 a 5000 en el grano extrafino. Con los cuales se devuelve el filo de corte de las cuchillas. Otro utensilio que se utiliza es la conocida chairas es un cilindro macizo metálico tiene la forma de una lima redonda pero

su superficie es casi lisa utilizado para el mantenimiento del filo del cuchillo, solo para cuchillos de acero blanco no para cuchillos de acero al carbono los cuales solo deben ser afilados con piedra y agua.

2.4. La cinemática del movimiento.

Se define a la cinemática como el estudio del movimiento relativo de cuerpos sin tomar en cuenta los motivos o causas por las cuales son originadas. Al igual que el Movimiento es relativo, con relación a un sistema de referencias respecto a un punto fijo, describe la posición y movimiento de dicho objeto. También hay que referirse al desplazamiento que es las distintas posiciones que ocupa un cuerpo que se mueve en un tiempo determinado.

El desplazamiento no es generalmente igual a la trayectoria solamente cuando el movimiento es rectilínea la trayectoria y el desplazamiento son iguales.

Una de las fórmulas que se utiliza en la cinemática es:

$$V = \frac{X}{t} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Dónde:

(V) es velocidad. ($\frac{m}{s}$)

(X) es la distancia recorrida. (m)

(t) el tiempo. (s)

La cinemática se divide en varias ramas de estudio del movimiento estas pueden ser: lineales, uniformes, variados, de caída libre, parabólica, circular.

La definición de caída libre es, el estudio del movimiento vertical que pueden caer o subir los cuerpos en un caso ideal, con una misma aceleración que sería la gravedad este movimiento en el vacío, (ausencia de todo tipo de gas) se conoce como caída libre.

El estudio de este tipo de movimiento se basa que todos los cuerpos que se encuentran sobre la tierra están sujetos a una atracción que ejerce el planeta mediante la gravedad, es por si soltamos un objeto desde una altura determinada a medida que pasa el tiempo incrementara su velocidad, por lo cual tendrá un movimiento variado, por consiguiente

este movimiento tendrá una aceleración la cual será la gravedad, este valor tendrá un valor variado, esto quiere decir que la gravedad varia también con la altura y esta relación es inversamente proporcional, sucede que la gravedad a mayor altura disminuye. Las fórmulas que realizan el estudio de este movimiento son 4 de las cuales mencionaremos una:

$$V_f = \sqrt{V_o^2 \pm 2 * g * y} \text{ .Ecuación (2)}$$

Donde:

V_f Es la velocidad final. ($\frac{m}{s}$)

V_o Es la velocidad inicial. ($\frac{m}{s}$)

y Es la distancia o altura que recorre el cuerpo. (m)

g Es la gravedad de la tierra con un valor de $9.81 (\frac{m}{s^2})$.

Otro estudio que hace la cinemática es del movimiento circular se define como el desplazamiento angular en un eje de giro, que en este caso es el Radio, con un ángulo barrido θ_1 , su unidad es el radian. Como en cinemática lineal de movimiento uniforme, este movimiento tiene sus fórmulas una de ellas es la de velocidad angular:

$$w = \frac{\theta_1}{t} \text{Ecuación. (3)}$$

Dónde:

w = es la velocidad angular. ($\frac{rad}{s}$)

θ_1 = es el desplazamiento angular. (Rad)

t = es el tiempo. (s)

En las unidades de velocidad angular se suele emplearse también las denominadas; RPM=Rev. /min. El desplazamiento angular mide el ángulo de barrido mediante equivalencias se afirma que el perímetro de una circunferencia es de;

$2\pi \text{ (rad)} = 360^\circ$ Se utiliza dicha equivalencia en ambas unidades de velocidad y desplazamiento angular.

Se debe considerar en este estudio la relación del movimiento circular con el lineal; el desplazamiento que realiza un cuerpo alrededor de una circunferencia, realiza el barrido de un desplazamiento θ_1 y haciendo una relación con la definición de velocidad lineal se define lo siguiente:

$S = \theta R$ Es el desplazamiento angular

La velocidad; $v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$ sustituyendo S dentro de la ecuación de velocidad se obtiene:

$$v = \frac{R \Delta \theta}{\Delta t} = R \frac{\Delta \theta}{\Delta t} = R w$$

Obteniendo la siguiente relación:

$$v = w R \dots\dots\dots \text{Ecuación. (4)}$$

La ecuación 4 nos permitirá realizar la conversión de velocidad lineal o tangencial a velocidad angular.

2.5. Análisis de esfuerzos y deformaciones.

En el análisis de esfuerzos y deformaciones se realiza mediante el estudio de resistencia de materiales, para realizar este análisis se comienza por entender que es el esfuerzo que soporta carga. La definición de esfuerzo se redacta de la siguiente forma: El esfuerzo es la resistencia interna ofrecida por una unidad de área del material del cual está hecho un miembro y una carga externamente aplicada.

En este punto debemos diferenciar que existen los esfuerzos normales y de compresión.

La definición dada sobre esfuerzos se expresa en la siguiente fórmula:

$$\text{Esfuerzo} = \frac{\text{fuerza}}{\text{area}} \rightarrow \sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots \text{Ecuación. (5)}$$

Donde la fuerza es un efecto de empuje que es ejercida a un cuerpo por una fuerza externa o gravitatoria definida por:

$$F = m \times a \text{ Ecuación. (6)}$$

Las unidades de esta expresión matemática son; $\frac{N}{m^2}$ es equivalente al (Pa) pascal, o en el sistema ingles $\frac{lb}{in^2}$.

Los fundamentos de esfuerzos, donde se le denomina al esfuerzo normal denotado por la letra (σ) sigma, este esfuerzo actúa perpendicular o normal a la sección transversal del miembro de carga. Si este esfuerzo es uniforme en toda su área resistente en su sección es denominado esfuerzo normal directo. Estos esfuerzos normales son de dos tipos, pueden ser de:

- Un esfuerzo de tensión es la acción que tiende a alargar el material y separarlo del material de inicio.
- Un esfuerzo de compresión es la acción que tiende a aplastar el material del miembro de carga y a cortarlo en su sección.

Otra forma de esfuerzo es el denominado, esfuerzo cortante directo se produce cuando se aplica una fuerza a un área delimitada, y esta fuerza tiende a cortar dicha área, se puede observar esto cuando se usa unas tijeras, un cuchillo, o un troquel para perforar láminas de metal. El método de cálculo del esfuerzo cortante directo es similar al esfuerzo normal, la diferencia que existe es que este esfuerzo cortante, no es esfuerzo normal. La representación del esfuerzo cortante se denota con la letra griega Tau (τ), su expresión matemática es la siguiente:

$$\tau = \frac{\text{Fuerza de corte}}{\text{Area de corte}} = \frac{F}{A_s} \dots\dots\dots \text{Ecuación. (7)}$$

La fuerza de corte es aplicada en un área determinada, su unidad es el Newton (N)

El área de corte es el área de sección transversal, para diferentes áreas sus fórmulas varían para este caso de estudio se utilizara la sección circular (Véase Anexo 1)

En el estudio de esfuerzos se debe tener en cuenta los esfuerzos cortante torsional sobre miembros circulares sólidos, esto sucede cuando la fuerza aplicada exteriormente a un cuerpo solido es sometida a torsión, su estructura interna del material ejerce una resistencia de par torsión, y esta resistencia del material. (Fuente: Robert Mott. Resistencia de materiales. 5° edición. Pág.201-203). En la edición de Resistencia de materiales de Robert Mott bibliografía consultada cita que las siguientes formulas se expresan de la siguiente forma:

- Esfuerzo cortante se expresa con la siguiente fórmula:

$$\tau_{max} = \frac{T \times c}{J} \dots \dots \dots \text{Ecuación. (8)}$$

Donde:

τ_{max} = Esfuerzo cortante torsión sus unidades $\left[\frac{N}{mm^2}\right]$.

T = Es el Par de torsión aplicado sus unidades [N*m].

c = Es el radio de sección transversal sus unidades [mm].

Que se expresa como: $c = \frac{D}{2}$

J = Es el momento polar de inercia de sección transversal sus unidades $[m^4]$.

(Véase Anexo1).

- Para el diseño de secciones con esfuerzo cortante

Se realiza el cambio de τ_{max} por τ_d se toma esta relación tomando en cuenta que

$$\tau_{max} = \tau_d \cdot$$

Utilizando las propiedades del material con factores de diseño respecto a la carga sometida, la fórmula que representa a este esfuerzo es:

$$\tau_d = \frac{S_y}{2 \times N} \dots \dots \dots \text{Ecuación. (9)}$$

Donde: τ_d = Esfuerzo de diseño sus unidades $\left[\frac{N}{mm^2}\right]$.

S_y = Resistencia a la cedencia o fluencia del material sus unidades [MPa].

(Véase Anexo 4)

N = Factor de diseño elegido. (Véase Anexo 2)

- Las propiedades geométricas

De los cuerpos en estudio como por ejemplo los ejes, serán definidas por modulo se sección polar y su fórmula será definido por:

$$Z_p = \frac{J}{c} \dots \dots \dots \text{Ecuación. (10)}$$

Donde:

Z_p = Es modulo de sección polar sus unidades [mm^3].

J = Es el momento polar de inercia de sección transversal sus unidades [m^4].

(Véase Anexo1).

c = Es el radio de sección transversal sus unidades [mm].

La ecuación (10) desarrollado para un momento polar de inercia para solido circular es:

$$Z_p = \frac{\frac{\pi D^4}{32}}{\frac{D}{2}} = \frac{\pi D^3}{16}$$
$$Z_p = \frac{\pi D^3}{16} [mm^3] \text{ Ecuación. (11)}$$

- Para determinar el diámetro requerido de una fecha (eje) solida

Se realiza una combinación de las ecuaciones ya mencionadas y se procede a determinar la fórmula que se requiere para la obtención del diámetro requerido para el diseño, para ello se procede:

Como la ecuación (10) tiene los términos de momento polar de inercia y radio de sección transversal, las cuales están presentes en la ecuación (8) se tiene:

La ecuación (10) $Z_p = \frac{J}{c}$ Es despeja $\frac{J}{c}$ y es igual a:

$$\frac{c}{J} = \frac{1}{Z_p} \text{ Ecuación (10.1)}$$

Entonces se reemplaza la ecuación (10.1) en la ecuación (8):

$$\begin{aligned} \tau_{max} &= T x \frac{c}{J} = T x \frac{1}{Z_p} \\ \tau_{max} &= \frac{T}{Z_p} \text{ Ecuación (12)} \end{aligned}$$

Se mencionó que $\tau_{max} = \tau_d$. Se realiza este cambio en la ecuación (12) y se despeja Z_p entonces:

$$Z_p = \frac{T}{\tau_d} = \text{unidades} \left(\frac{(N \cdot m)}{mm^2} * \frac{10^3 mm}{m} = 10^3 mm^3 \right) \dots \text{Ecuación (12.1)}$$

Despejando (D) de la ecuación (11) se obtiene:

$$D = \sqrt[3]{\frac{16 x Z_p}{\pi}} \dots \text{Ecuación (13)}$$

Donde:

D = Es el diámetro de eje requerido unidades en (mm).

Z_p = Es modulo de sección polar sus unidades [mm^3].

Siendo la ecuación (13) la fórmula para hallar el diámetro de eje requerido.

2.6. Factores de esfuerzos para el diseño

Otro factor importante en el análisis de esfuerzos, es la denominada concentración de esfuerzos, este análisis se realiza al tomar en cuenta factores que entraran en efecto al diseñar ejes, los cuales tendrán geometrías diversas como ser: Escalonadas, Ranuras, Cuñeros, los cuales son sometidos a torsión.

Al tomar en cuenta estas concentraciones de esfuerzos, en los miembros que varían su geometría, ocurre que la fórmula de esfuerzos cortantes pronostica un valor inferior al que corresponde por esas circunstancias se utiliza la siguiente fórmula.

$$\tau_{max} = K_f (\tau_{nom}) = K_f \left(\frac{T}{Z_p} \right)$$

$$\tau_{max} = K_f \left(\frac{T}{z_p} \right) \dots \text{Ecuación (13)}$$

Donde:

$\left(\frac{T}{z_p} \right)$ Es el esfuerzo nominal generado por la torsión.

K_f Es el factor de concentración de esfuerzo, según el caso en estudio se revisara y se calculara según la tabla. (Véase Anexo 5)

Existen casos en los cuales los valores (K_f) están ya definidos:

Cuando se trata de cuñas de flechas, al ser maquinadas por dos medios como ser; de fresas de disco su valor será de $K_f = 1.6$ como factor de diseño. Y en fresas escariadora o de espiga, tendrán un valor de $K_f = 2.0$

Cuando en una barra redonda escalonada para anillo de retención, si su radio interior del alojamiento del anillo es pequeño esto agranda K_f dando valores que no se encuentran en la grafica (Véase anexo 5) por lo tanto se da un valor de $K_f = 3.0$ como valor de diseño.

Previo al diseño de ejes se procede a calcular, la resistencia estimada a la fatiga real (S'_n) y para este fin se utilizara la siguiente formula, la cual fue consultada en la bibliografía de: (Robert Mott. Diseño de elementos de máquinas. 4º edición. Pág.173-175).

$$S'_n = S_n \times (C_m)(C_{ST})(C_R)(C_S) \dots \text{Ecuación (14)}$$

Donde la ecuación (14) tiene varios componentes los cuales se explican a continuación:

S'_n = Resistencia a la fatiga real estimada.

S_n = Resistencia a la fatiga modificada, para el cálculo de este valor se procede a verificar la resistencia ultima a la tensión (S_u) mediante el material elegido el cual dará un valor determinado en tablas (Véase anexo 4)

Teniendo el valor dado se procede a utilizar tabla (Véase anexo 6) tomando en cuenta el tipo de material y la forma de maquinado y su acabo de la superficial en contacto con los esfuerzos se toma el dato que resulte de la intersección de líneas resultante.

C_m = Factor de material, el cual se elige según el material del eje a diseñar (Véase anexo 6).

C_{ST} = Factor de tipo de esfuerzo, que tendrá un valor de:

$$C_{ST} = 1.0 \text{ Para esfuerzos flexionante y } C_{ST} = 0.80 \text{ Para tensión axial}$$

C_R = Factor de confiabilidad (Véase anexo 6).

C_S = Factor de tamaño utilizar tablas par su cálculo (Véase anexo 6).

Con todas las variables antes ya mencionadas se puede utilizar la siguiente formula de diseño, para el cálculo de diámetro de diseño del eje con las ecuaciones (15), la cual fue consultada en la bibliografía de: (Robert Mott. Diseño de elementos de máquinas. 4º edición. Pág.546-548).

$$D = \left[\frac{32N}{\pi} \sqrt{\left(\frac{K_f M}{S_n}\right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{T}{S_y}\right)^2} \right]^{\frac{1}{3}} \dots \dots \text{Ecuación (15)}$$

Donde:

D = Diámetro de eje de diseño [mm].

N = Factor de diseño elegido. (Véase Anexo 2)

K_f = Es el factor de concentración de esfuerzo (Véase Anexo 5).

M = Momento flexionante resultante.

S'_n = Resistencia a la fatiga real estimada.

T = Par torsional del eje.

S_y = Resistencia a la fluencia del material sus unidades [MPa]. (Véase Anexo 4)

Con la ecuación (15) se puede calcular el diámetro de diseño del eje que está sometido a esfuerzos de flexión y torsión, estos ejes pueden llevar engranajes, poleas, cadenas y transmitir potencia.

2.7. Mecanismos de transmisión de movimiento de engranajes y unión de ejes.

La transmisión de movimientos tiene diversas formas de ser producida mediante engranajes, cremalleras, poleas, y son estas partes mecánicas las cuales se detallan a continuación.

Los engranajes son considerados mecanismo de ruedas dentadas, cuando se acopla, en pares con otra rueda dentada de diámetro más pequeño (piñón), transmitirá rotación de un eje a otro. Una característica principal de un engranaje es transferir potencia de un eje a otro, manteniendo una razón definida entre las velocidades rotacionales de los ejes. Los dientes de un engrane impulsor empujan los dientes del engrane impulsado, ejerciendo una componente de la fuerza perpendicular al radio del engrane. De este modo se transmite un par de torsión y como el engrane gira, se transmite potencia. Los engranes son los transmisores de par de torsión más fuertes y resistentes. Su eficiencia de transmisión de potencia puede ser tan alta como de 98%. Los engranajes se dividen en tres clases fundamentalmente:

Engranajes de ejes paralelos que usualmente suelen ser constituidos por engranajes cilíndricos de dientes rectos o helicoidales.

Engranajes de ejes no paralelos y no coplanares este tipo de engranajes son los de tornillo sin fin y rueda dentada.

Engranajes de ejes no paralelos coplanares esto quiere decir que los ejes están a un ángulo de coincidencia que generalmente es de 90° , estos engranajes son cónicos, zerol y espiral.

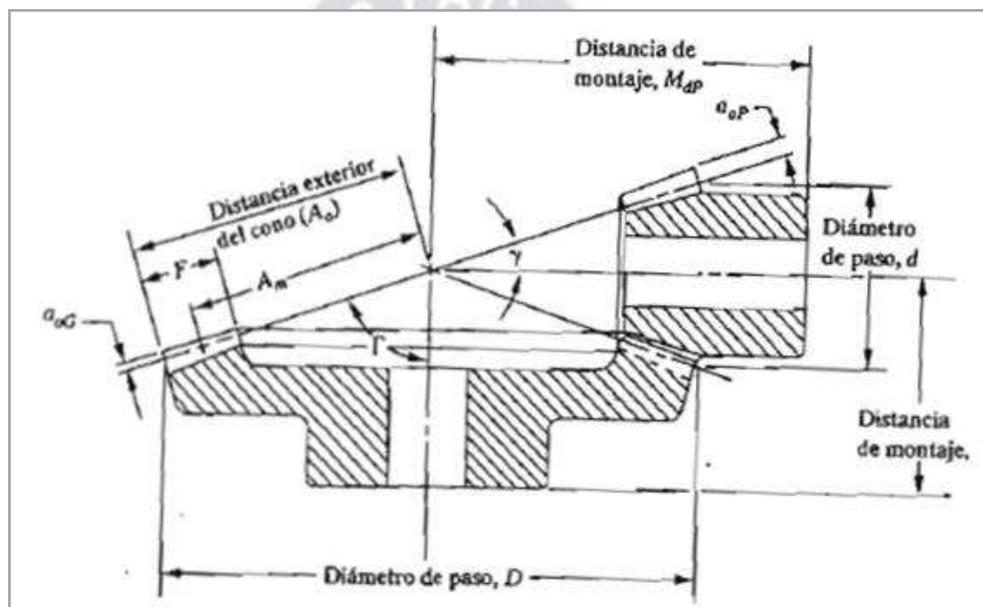
Los engranajes cónicos, reciben ese nombre porque al ser maquinados adquieren esa forma de cono truncado, este tipo de engranaje, está compuesto por dos elementos uno es la corona o rueda que es la más grande de los dos, o en casos especiales suele ser del mismo tamaño ambas, el otro elemento es el piñón que es el más pequeño de los dos. (Véase grafica 11)

Como se mencionó existen tres tipos de engranajes cónicos, pero en este estudio se hará más énfasis en los engranajes cónicos de dientes rectos. La geometría de este tipo de

engranaje en sus vértices del cono, pasa que se acortan las caras de los dientes hacia el centro del cono en ambas piezas.

Para el diseño de engranajes cónicos se procede a calcular las diferentes partes del engranaje tanto para el piñón y la corona son:

FIGURA: 11. Engranajes cónicos a 90°. (Fuente: diseño de elementos de máquinas Robert Mott)



Las ecuaciones para el diseño de engranajes son las siguientes:

- Relación entre modulo (m) y paso diametral (P_d)

$$m = \frac{25.4}{P_d}$$

- Relación de engranajes:

$$Rel\text{-}Granajes = \frac{N_G}{N_p}$$

- Modulo métrico:

$$m_G = \frac{D_G}{N_G}$$

- Paso diametral (P_d):

$$P_d = \frac{N_p}{d} = \frac{N_G}{D}$$

Donde: N_p numero de dientes del piñón.

N_G Numero de dientes del engranaje.

(d) Diámetro de paso del piñón.

(D) Diámetro de paso del engranaje.

Utilizando la ecuación (4) se realizara la relación de velocidad en engranajes:

$$v_t = w_p R_p \rightarrow v_t = w_G R_G$$

- Relación de velocidad:

$$\frac{n_p}{n_G} = \frac{N_G}{N_p}$$

Donde: n_G = Es la velocidad del engranaje.

n_p = Es la velocidad del piñón.

- Diámetro de paso:

$$\text{Piñón: } d = \frac{N_p}{P_d} \quad \text{Engranaje: } D = \frac{N_G}{P_d}$$

Donde:

d = Diámetro de paso Piñón.

D = Diámetro de paso del Engranaje.

- Diámetro de paso del cono:

$$\text{Piñón: } \gamma = \tan^{-1} \left(\frac{N_p}{N_G} \right) \quad \text{Engranaje: } \Gamma = \tan^{-1} \left(\frac{N_p}{N_G} \right)$$

Donde:

γ = Diámetro de paso del cono para el Piñón.

Γ = Diámetro de paso del cono para el Engranaje.

- Distancia exterior del cono A_0 :

$$A_o = \frac{0.5 * D}{\sin(\Gamma)}$$

- Ancho de cara (F):

$$\text{Ancho nominal de cara} \quad F_{nom} = 0.30 * A_o$$

- Ancho máximo de cara

$$F_{m\acute{a}x.} = \frac{A_o}{3} \quad F_{m\acute{a}x.} = \frac{10}{P_d} \quad \text{Se utilizara el menor}$$

- Distancia media del cono (A_m):

$$A_m = A_o - (0.5 * F) \quad (A_m) \text{ Se define para el engranaje y se denomina } A_{mG}$$

- Paso circular medio (P_m):

$$P_m = \left(\frac{\pi}{P_d} \right) * \left(\frac{A_m}{A_o} \right)$$

- Profundidad media de trabajo (h):

$$h = \left(\frac{2.00}{P_d} \right) * \left(\frac{A_m}{A_o} \right)$$

- Holgura (c):

$$c = 0.125 * h$$

- Profundidad media total (h_m):

$$h_m = h + c$$

- Factor medio de Addendum (c_1):

$$c_1 = 0.210 + \frac{0.290}{(m_G)^2}$$

- Addendum medio del engranaje mayor (a_G):

$$a_G = c_1 * h$$

- Addendum medio del piñón (a_p):

$$a_p = h - a_G$$

- Dedendum medio del engranaje (b_G):

$$b_G = h_m - a_G$$

- Dedendum medio del piñón (b_p):

$$b_p = h_m - a_p$$

- Angulo de Dedendum del engranaje (δ_G):

$$\delta_G = \tan^{-1} \left(\frac{b_G}{A_{mG}} \right)$$

- Angulo de Dedendum del piñón (δ_p):

$$\delta_p = \tan^{-1} \left(\frac{b_p}{A_{mG}} \right)$$

- Addendum exterior del engranaje (a_{oG}):

$$a_{oG} = a_G + 0.5 * F * \tan \delta_p$$

- Addendum exterior del piñón (a_{op}):

$$a_{op} = a_p + 0.5 * F * \tan \delta_G$$

- Diámetro exterior del engranaje (D_o):

$$D_o = D + 2 * a_{oG} * \cos \Gamma$$

- Diámetro exterior del piñón (d_o):

$$d_o = d + 2 * a_{op} * \cos \gamma$$

Los engranajes cónicos al ser elementos que transmiten potencia, producen una cantidad de fuerzas en los dientes que resultan en un esfuerzo los cuales mencionaremos a las fuerzas axiales radiales tangenciales.

La fuerza tangencial (W_{tP}) se encuentra en el cono de paso, esta fuerza es la que produce el par torsión sobre el piñón y sobre el mismo engranaje. (Véase grafica 11) Para el cálculo de esta fuerza se utiliza la siguiente fórmula:

$$W_{tP} = \frac{T}{r_m}$$

Donde: r_m Es el radio promedio del piñón.

$$\text{Donde: } r_m = \frac{d}{2} - \left(\frac{F}{2}\right) \sin \gamma$$

La fuerza radial (W_{rP}) actúa hacia el centro del piñón esta es perpendicular a su eje y causa flexión en él, su fórmula es:

$$W_{rP} = W_{tP} \tan \phi \cos \gamma$$

Donde: ϕ Es el ángulo de presión del diente.

γ Es el ángulo del cono de paso del piñón

La fuerza axial (W_{xP}) actúa paralela al eje del piñón haciendo que se separe del engranaje, por esta razón existe un empuje a los rodamientos del eje, que a su vez produce un momento de flexión al mismo eje, esto sucede porque la fuerza axial del piñón actúa respecto al radio del engranaje en su eje.

$$W_{xP} = W_{tP} \tan \phi \sin \gamma$$

Al ser dos piezas maquinadas los engranajes teniendo el mismo modulo presentan fuerzas iguales, en las siguientes relaciones:

$$W_{tP} = W_{tG}$$

$$W_{xP} = W_{rG}$$

$$W_{rP} = W_{xG}$$

2.8. Relación de torque y potencia entre velocidad de giro.

El torque o Par de torsión (T) se define como una fuerza (F) que actúa sobre algún punto del cuerpo rígido, en una posición (r) respecto de cualquier origen, por el que puede pasar a un eje sobre el cual se produce la rotación del cuerpo rígido, En el análisis de las deformaciones un factor para tomar en cuenta. La definición de par torsión es:

$$T = F \times r \dots\dots\dots\text{Ecuación. (18)}$$

Las unidades del par de torsión son él; (N.m) sistema métrico o (lb.in) en el sistema inglés.

En la bibliografía consultada de Robert Mott menciona que la potencia se define como la rapidez de transmisión de energía. La magnitud de par torsión (T) de un eje o flecha de transmisión de potencia, depende de la cantidad de potencia (P) y de la velocidad de rotación (n) según la siguiente relación:

$$P = T \times n \dots\dots\dots\text{Ecuación. (19)}$$

Esta relación tiene unidades que se expresa en dos unidades; para hallar la potencia, se puede expresar en Sistema Ingles (hp) y Sistema Internacional (Watt). En el sistema internacional el Joule es la unidad estándar de energía y equivale a (N.m) es decir:

$$1.0 \text{ J} = 1.0 \text{ N.m}$$

Entonces las unidades de fórmula de potencia se expresa;

$$P = \frac{\text{energia}}{\text{tiempo}} = \frac{\text{joule}}{\text{segundo}} = \frac{J}{s} = \frac{N.m}{s} = \text{Watt}$$

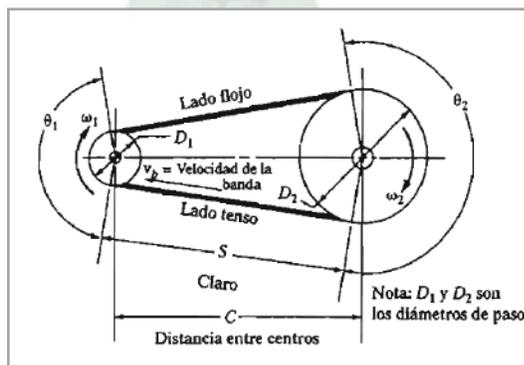
Para la velocidad de giro (n) en el Sistema Internacional sus unidades son Radian sobre segundo $\frac{rad}{s}$ pero la velocidad de giro generalmente se expresan en revoluciones por minuto (rpm) se realiza el siguiente factor de conversión:

$$n = \frac{1 \text{ rev}}{\text{min}} \times \frac{2 \pi \text{ rad}}{\text{rev}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = \frac{2 \pi}{60} \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right)$$

La unidad de radianes es dimensional y en las unidades no se tomara en cuenta cuando se halle la potencia.

En la transmisión de potencia de elementos mecánicos, interviene motor eléctrico el cual transmite una potencia rotatoria a unas velocidades altas y un par torsor pequeño, para corregir y se adapten al uso requerido se utiliza diversos tipos de transmisiones como ser; cadenas, bandas, engranajes que transmitirán a una determina velocidad requerida dando como resultado un par torsor que pueda mover diversos mecanismos y máquina a una potencia óptima. Para ese fin las más usadas son las transmisiones por bandas; que está compuesta por una correa y dos poleas, por lo general la polea del motor es el de menor diámetro de ambas poleas.

FIGURA: 12. Geometría básica de una transmisión por bandas. (Fuente: diseño de elementos de máquinas Robert Mott.)



Utilizando a ecuación (4) que se realizara la relación de velocidades:

$$V_b = R_1 \omega_1 = R_2 \omega_2$$

Donde: $R_1 = \frac{D_1}{2} = R_2 = \frac{D_2}{2}$

$$V_b = \frac{D_1 w_1}{2} = \frac{D_2 w_2}{2}$$

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{D_2}{D_1} \dots \text{Ecuación (20)}$$

Fuerza de polea (A):

$$F_N = F_1 + F_2 = \frac{T_A}{D_A/2} = [N] \text{ (Fuerza de impulsión)}$$

$$F_A = 1.5 * F_N = [N] \text{ (Fuerzas flexionante) Ecuación (21)}$$

Componentes de fuerzas en (X-Y):

$$F_{AX} = F_A \cos \theta = [N]$$

$$F_{AY} = F_A \sin \theta = [N]$$

2.9. Selección de chaveta.

La chaveta o cuña es un elemento se instala entre el eje y un elemento de transmisión de potencia este puede ser: engranaje, polea. Esta cuña irá acoplada a una ranura axial que esta maquinada en el eje, este servirá de asiento a la chaveta, el cual tendrá las mismas dimensiones en el elemento transmisor de potencia.

La fórmula que se emplean para el cálculo de la longitud de chaveta se consultó bibliografía (Robert Mott. Diseño de elementos de máquinas. 4° edición. Pág.499-500). Se realiza consultando tablas (Véase anexo 10) para el valor de (W) y ecuaciones estas son:

$$L = \frac{2 * T * N}{0.5 * S_y * W * D} \text{ Ecuación (22)}$$

Donde:

L = longitud de chaveta [mm]

T = torque a transmitir [N*m].

$N=3$ Factor de diseño.

S_y =Resistencia a la fluencia del material [$\frac{N}{m^2}$]

W =Ancho cara de chaveta [mm].

D = Diámetro nominal [mm].

2.10.Programación de PLC.

El controlador lógico programable está basado en un micro procesador que usa instrucciones programadas en memoria interna para implementar lógica secuencial, temporizadores, contadores y funciones aritméticas, con entradas y salidas digitales y analógicas para controlar máquinas y procesos. (Véase grafica 13)

Estos procesos programables del (PLC) tienen la capacidad de controlar varias funciones entre ellas; su unidad de mando con teclas de programación y la visualización con pantalla con retro iluminación, conexión a módulos de ampliación para salidas y entradas, por medio de una interfaz para módulo de programación, con una tarjeta o cable para Computadora, estas funciones básicas pre-programadas como ser; conexión retardada, desconexión retardada, relés de corriente, e interruptor de software, también lleva temporizadores, marcas digitales y analógicas.

FIGURA: 13. PLC. Logo (Fuente: El Autor.)



Al programar un (PLC) se da una secuencia de procedimiento que ejecutara, es el inicio de la creación de programas, esencialmente un programa en un controlador lógico programable (PLC) no es más que un esquema eléctrico representado de una forma diferente.

Este esquema representa y reconoce las entradas y salidas (BORNES). Las entradas y salidas se representan en el mismo orden en que se han insertado los módulos. Para escribir el programa se dispone de las siguientes entradas, salidas y marcas: I1 hasta I8 que son las entradas y Q1 hasta Q4 serán las salidas. (Véase Anexo 7)

El medio físico de las entradas y salidas son los bornes ya mencionado anteriormente, para que estos sean efectivos en la programación necesitan un medio de enlace con el programa, es por ello que en la programación existen los (BLOQUES).

Un bloque es una función que convierte información de entrada en información de salida. Sin el empleo del (PLC) era necesario cablear los distintos elementos en el armario eléctrico o en la caja de conexiones. Al elaborar el programa debe conectar bornes con bloques (Véase figura 14).

Los elementos de programación de (PLC) utilizan lista de funciones básicas. Estas funciones se dividen en 3 áreas las cuales son:

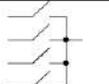
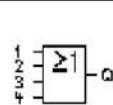
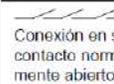
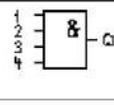
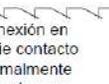
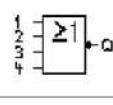
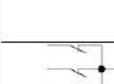
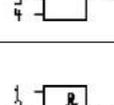
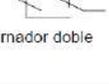
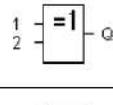
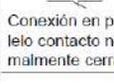
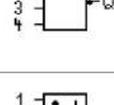
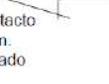
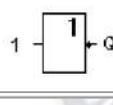
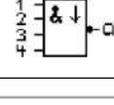
La primera es la de CONSTANTES Y BORNES-CO, son las identificaciones de las entradas y salidas y niveles de tensión fija (Véase Anexo 8). A tal efecto basta con elegir la conexión deseada en el menú "Co". El menú "Co" debe su nombre al término inglés "Connector" (borne).

La segunda es la LISTA DE FUNCIONES BÁSICAS (GF) son elementos lógicos sencillos del álgebra de Boole. Las entradas y funciones básicas se pueden negar de forma individual, por ejemplo, que si en la entrada en cuestión hay un "1", el programa utiliza un "0"; Si hay un "0", se utiliza un "1". Al introducir un programa encontrará los bloques de funciones básicas en la lista GF. Existen las siguientes funciones básicas: (Véase grafica 14).

La tercera es la LISTA DE FUNCIONES ESPECIALES (SF) utiliza bloques de funciones especiales. En estos bloques es posible negar entradas y funciones especiales

de forma individual, es decir, que si en la entrada en cuestión hay un “1”, el programa utiliza un “0”; Si hay un “0”, se utiliza un “1”. La tabla que indica si la función afectada posee remanencia parametrizable (Rem). (Véase Anexo 8)

FIGURA: 14. Funciones básica de PLC. (Fuente: Manual logo PLC.)

Representación en el circuito eléctrico	Representación en LOGO!	Designación de la función básica	Representación en el circuito eléctrico	Representación en LOGO!	Designación de la función básica
 <p>Conexión en paralelo contacto normalmente abierto</p>		O (OR)	 <p>Conexión en serie contacto normalmente abierto</p>		AND (AND)
 <p>Conexión en serie contacto normalmente cerrado</p>		O-NEGADA (NOR)	 <p>Conexión en serie contacto normalmente cerrado</p>		AND con evaluación de flanco
 <p>Alternador doble</p>		O-EXCLUSIVA (XOR)	 <p>Conexión en paralelo contacto normalmente cerrado</p>		AND-NEGADA (NAND)
 <p>Contacto norm. cerrado</p>		INVERSOR (NOT)			NAND con evaluación de flanco

2.11. Materiales en el diseño mecánico.

Los materiales que se utilizarán en el proyecto serán mencionados a continuación serán los que se utilizara, los cuales deberán complementarse para la fase de construcción, estos materiales serán piezas solidas las cuales serán maquinadas y especificadas en sus dimensiones, también se utilizara elementos de unión, de soporte y rodadura, también se utilizara elementos eléctricos para el control de la misma máquina, empezaremos mencionando:

Cilindro macizo de acero.- Es un material con la aleación de hierro, carbono, magnesio y uno o más elementos como ser: fosforo, azufre, silicio, níquel, cromo vanadio y molibdeno. Por lo cual obtiene sus propiedades de; rigidez, resistencia, durabilidad, se pueden maquinar. La cantidad de carbono en el material le dará características de

dureza, resistencia y ductilidad. Los otros elementos tendrán la capacidad de: templar el material tenacidad resistencia a la corrosión.

La designación de los aceros esta normado por AISI. (*American Iron and Steel Institute*). Que tiene cuatro dígitos ejemplo: AISI-1020. Los dos primeros dígitos especifican la aleación y sus componentes en el material, y los dos últimos indican la cantidad de carbono presente en el material. (Véase Anexo 4). En el proyecto se utilizara acero AISI-1040 aleación recomendada para la fabricación de partes de máquinas en sus ejes.

Tabla 2. Características del acero AISI-1040. (Fuente: Norma AISI)

Características	Descripción
Norma del acero	Acero AISI 1040. Acero con 40 % de carbono, contienen carbono y manganeso en su estructura
Resistencia	Soporta variedad de cargas dinámicas
Elaboración de piezas.	Su uso para la fabricación de diversas partes mecánicas, que son maquinadas de barras laminadas
Soldabilidad	Se pueden soldar.
Fluencia	$S_y = 414 [MPa]$ acero AISI-1040 laminado en caliente.

Material de acero inoxidable.- su característica de este grupo de aleaciones del acero, es su resistencia a la corrosión, la aleación de acero inoxidable usa un 10.5 % de cromo como mínimo y otros elementos.

Sus características principales de este material son; resistencia a altas temperaturas y bajas temperaturas, tiene una fabricación aceptable en partes mecánicas así en su mecanizado y cortado, su estética es apreciada según el acabado que tiene, por la gran calidad que presenta este material se caracteriza por la asepsia, que presenta por lo cual se puede utilizar en hospitales, cocinas e instalaciones de procesamiento de alimentos.

Tabla 3. Características del acero inoxidable AISI-304. (Fuente: *Irestal grup*).

Características	Descripción
Norma del acero:	AISI-304 No son duros ni templables, poseen una alta capacidad de deformarse plásticamente. El más utilizado es el 304.
Resistencia	Elevada resistencia a altas temperaturas. De 500 a 800 °C.
Soldabilidad	Se pueden soldar
Fluencia	$S_y = 68 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$ acero inoxidable AISI 304. Resistencia a 500 °C.

Tubos estructurales que se utilizara serán de acero al carbono tiene las siguientes características:

Tabla 4. Características del acero al carbono ASMT 500. (Fuente: Catalogo aceros Arequipa).

Características	Descripción
Norma:	Norma ASMT 500. (<i>American Society of Testing and Materials ASTM</i>) laminado en caliente y soldado por resistencia eléctrica.
Resistencia	Resistencia notable para estructuras livianas y pesadas
Soldabilidad	Buena soldabilidad usando el medio adecuado para cada espesor
Fluencia	$S_y = (270 \text{ grado A}) - (315 \text{ grado B}) [Mpa]$.

Angulares estructurales de perfil L para construcción de soportes de sujeción de la máquina rebanadora. Normados ASMT A36 (*American Society of Testing and Materials ASTM*) por contendrá este tipo de material:

Tabla 5. Características del perfil acero al carbono ASMT A36. (Fuente: Catalogo aceros Arequipa).

Características	Descripción
Norma:	Norma laminado en caliente y soldado por resistencia eléctrica.
Resistencia	Resistencia notable para la fabricación de estructuras livianas y

	pesadas, en diversos rubros.
Soldabilidad	Buena soldabilidad capa cualquier proceso.
Fluencia	$S_y = 2530 \left[\frac{Kg}{cm^2} \right]$

Elementos de rodadura.- Se define como rodamiento al tipo de soporte para ejes o árboles en el que la carga se transmite a través de elementos que están en contacto rodante y no deslizante, nombrados como cojinetes de rodamiento. Sus principales ventajas de los rodamientos se caracterizan por: dar una alineación en ejes, soportan cargas, son de poco mantenimiento y fácil lubricación. Entre sus desventajas tenemos su costo es elevado son sensibles a la contaminación en altas velocidades producen ruidos, los fallos ocurren sin previo aviso y puede causar daños a la maquinaria.

La forma de estos elementos Se pueden distinguir dos grandes grupos de rodamientos: los de bolas y los de rodillos. En los rodamientos de bolas, los elementos rodantes son esferas perfectamente redondeadas, las cuales se desplazan entre dos anillos, uno interior y otro exterior, a través de pistas o guías realizadas en ellos. Las bolas están separadas por una jaula (Véase figura 15).

FIGURA: 15. Rodamiento de bolas. (Fuente: El Autor.)



En los rodamientos de rodillos los elementos metálicos rodantes; como su nombre lo indica, son rodillos de forma cilíndrica, cónica truncada o convexa cilíndrica (barril). Se presenta un rodamiento de rodillos y puede notarse que al igual que en el anterior podemos distinguir sus cuatro elementos básicos que lo conforman: anillo exterior, anillo interior (aro interior), el separador (retén) y los rodillos. Al observar un rodamiento de rodillos cónicos, donde se muestran también sus elementos constituyentes; es decir, anillo exterior o copa, anillo interior o cono, el separador o jaula y los rodillos cónicos.

Otro factor importante en el diseño mecánico son los elementos eléctricos los cuales generaran potencia, control, y accionamiento de partes mecánicas, para lo cual indicaremos los siguientes:

Para transmitir una potencia específica se utiliza motores eléctricos; los cuales tendrán una fase de funcionamiento, un voltaje especificado, una potencia determinada y las dimensiones que requiera el sistema a utilizar. (Véase figura 16)

FIGURA: 16. Motor de AC de 0.5HP de potencia. (Fuente: El Autor.)



Botoneras de control.- Son componentes que se utilizan en los circuitos de control de mando que permiten o cortan el paso de corriente a los dispositivos de amplificación,

como ser las bobinas de los contactore. Existen 2 tipos de botoneras: Las botoneras sencillas son aquellas que cuentan con un solo juego de contactos dentro de su envolvente, dicho contactos pueden ser botón de arranque (normalmente abierto, color verde) y un botón de paro (normalmente cerrado, color rojo). (Véase figura 17)

Las principales condiciones de operación de un motor se controlan por medio de botoneras para el arrancar y otra para detener la máquina, marcha adelante y atrás, para la verificación de cada pulsador si está en funcionamiento o a sido presionado se colocan pilotos de luz pilotos en las estaciones de botones comunes (Véase figura 17), estas botoneras también pueden, alojar hasta tres botones para el control de las máquinas. En la manipulación de estos componentes se clasifican según su envolvente o cobertura estos pueden ser a prueba de agua, contra explosiones, a prueba de polvo, sumergibles.

FIGURA: 17. Botoneras de paro y encendido, luces piloto. (Fuente: El Autor.)



Arrancadores magnéticos.- está formado por un contactor magnético y un rele térmico se encarga de abrir un contacto normalmente cerrado en el caso de una sobrecarga en el motor o en la carga principal.

Estos elementos eléctricos emplean energía electromagnética para cerrar los interruptores. Se utilizan ampliamente porque se pueden controlar desde un punto alejado. Para el control de estos arrancadores se emplea una estación de botones. Los tamaños que son fabricados comprenden desde el tamaño (00) que soporta (10 Amp.),

hasta el tamaño de (9) de (2250 Amp.) Y cada tamaño se le asigna una capacidad de HP, los arrancadores existen desde 2 polos para motores monofásicos y tres polos para trifásicos. (Véase figura 18)

La utilización de relés de protección para los elementos sensibles como ser un (PLC) a cambios de voltaje de la corriente, por causas de fallas o cortos circuitos en los elementos eléctricos, son esenciales en el circuito de control de una máquina, al igual que los térmicos de paso de corriente permiten controlar y dar seguridad al circuito de fuerza y de control (ver figura 18)

FIGURA: 18. Contactor eléctrico, térmicos, relés 8 pines. (Fuente: El Autor.)



DISEÑO DEL PROYECTO.

3.1. Parámetros de diseño.

Los parámetros que se desea cumplir en el proyecto están enfocados principalmente a las necesidades del producto a producir, estas necesidades son básicamente las siguientes:

- En el proceso de rebanado obtener un producto con calidad de corte en determinada medidas que serán en su espesor de 1 – 2 mm, a elaborar en cada rebanada de plátano. La capacidad de corte de la máquina debe ser precisa para llegar a un corte de medida especificada y deseada, para que exista una estandarización de corte en toda la producción, y así poder reducir tiempos de elaboración.
- Con la automatización se lograra controlar el funcionamiento de la máquina, la dosificación de los plátanos sea controlado mediante PLC, el cual también tendrá la función de controlar los motores de accionamiento de la máquina.
- El mantenimiento de la máquina debe ser de fácil acceso a las partes mecánicas y eléctricas deben estar protegidas, en el corte y la dosificación debe haber acceso directo por si existiera atascamientos de plátanos, porque la máquina será la parte fundamental en el proceso de elaboración.

- La seguridad de la máquina debe ser capaz de proteger al operario y a la máquina para evitar daños personales y daños a la máquina en sus componentes eléctricos y mecánicos.
- La máquina deberá tener un tamaño compacto, que no exceda a las dimensiones de una cocina de hogar para tener mayor capacidad de adaptación a cualquier lugar de usó.

Los requerimientos del diseño de la máquina prototipo que se diseñara cumplirán las necesidades para la producción de rodajas de plátanos, uniformidad y con un espesor establecido.

Las características físicas del plátano darán una idea de que se requiere para un buen rebanado. En la tabla (2) se mencionan las particularidades de este fruto, y sus características físicas se pueden apreciar en la imagen (Véase figura 19).

Tabla 6. Características físicas del plátano. (Fuente: El Autor)

Características.	Descripción.
Forma.	La forma del plátano es irregular y tiene variaciones de fruto en fruto estos pueden variar desde una media luna, hasta ser rectos en toda su longitud.(Véase figura 19)
Tamaño.	El tamaño se definirá en relación a lo largo que es el fruto del plátano y en su diámetro.
Dimensiones.	Por lo general para la producción de las rodajas de plátano se consideran aptos a los plátanos que están comprendidos entre la siguientes medidas: de un diámetro de 30-50mm, y una longitud de 150-230 mm en fruto sin cascara.
Masa.	La masa aproximada de los plátanos varía según el tamaño, estos comprenden desde los 150 g, hasta los 350 g en los plátanos más grandes.

FIGURA: 19. Características físicas del plátano. (Fuente: El Autor)



En la imagen se muestra, a la izquierda plátanos con cascara, a la derecha plátanos pelados listos para ser rebanados.

Con las características mencionadas se deberá construir un mecanismo que genere como resultado un producto listo para ser frito, para lo cual se diseñara un sistema de rebanado, que será un sistema por secuencia de pasos.

Las cuales comienzan con el pelado de su cascara del plátano, el transporte, la dosificación y el rebanado, en una secuencia de pasos los cuales se mencionan a continuación:

- En la primera etapa será el pelados de sus cascara del plátano a mano el cual se colocaran en un transporte para su posterior traslado.

Es importante mencionar que una desventaja de la manipulación de este producto es la descomposición que sufre cuando está expuesta al medio ambiente, es por esta característica que el plátano debe ser rebanado en el menor tiempo posible.

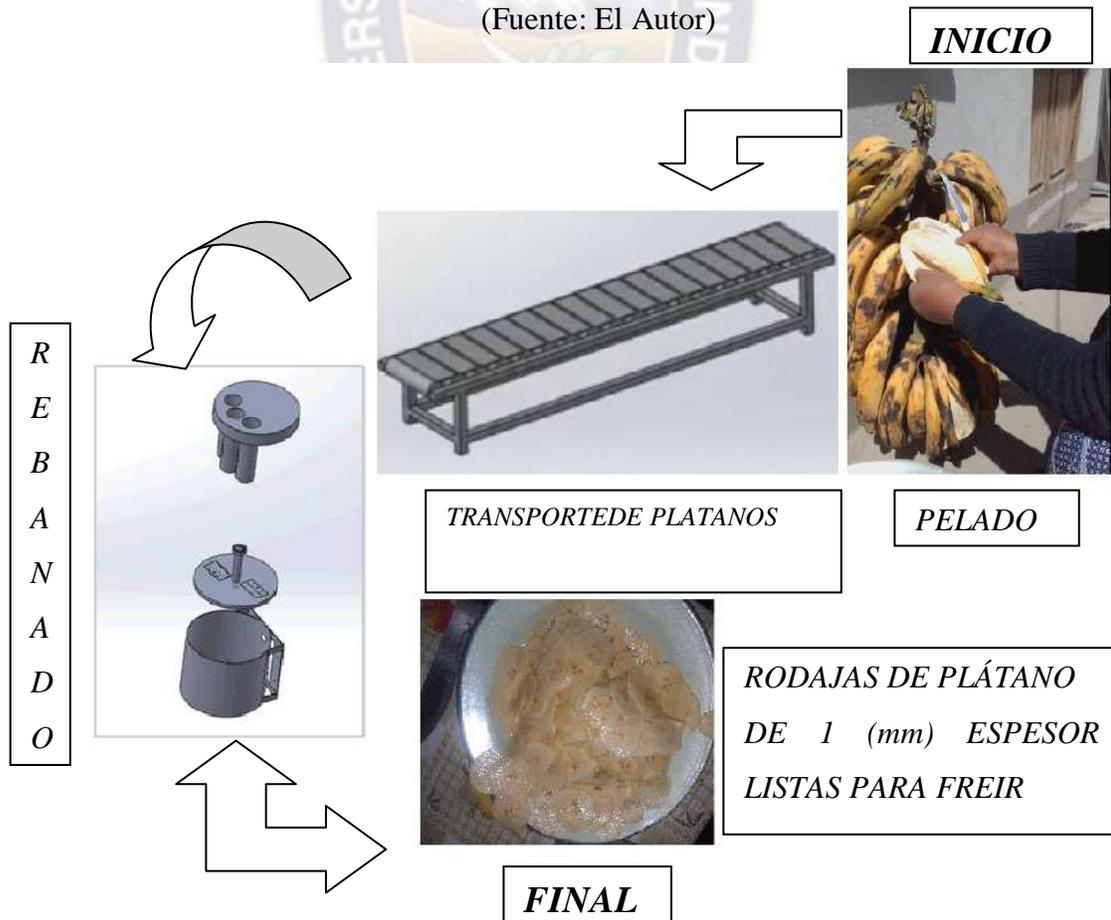
- La utilización de un medio para trasladar los plátanos del área de pelado al dosificador del rebanador se realizara mediante una cinta transportadora la cual será controlada en su funcionamiento por finales de carrera eléctricos, los cuales tendrán un módulo de control por un PLC, el cual activara y detendrá el funcionamiento de la misma cinta.
- La dosificación a la rebanadora de plátanos será al final de la cinta transportadora habrá un conducto en forma de embudo por el cual caerán los plátanos a la rebanadora, este paso será controlado por el PLC, que activara la función de paro de todo el sistema en un tiempo determinado el cual terminara cuando se volverá a activar el sistema.
- Las fases del rebanado consta de dos partes, una que es el cortado en sí mismo y otro es el empujador. La parte de la rebanadora está formado por un disco rebanador y unos tubos que contenga todo un plátano esto quiere decir que la rebanadora contendrá una cámara de alimentación donde serán introducidos los plátanos. En el mismo instante el mecanismo de empuje para los plátanos los cuales serán presionados por contra pesos los cuales tienen la función de que el corte sea continuo, este mecanismo de empuje será accionado por la misma gravedad y el contrapeso que hará que la cremallera engranaje baje, y al llegar al final de carrera este subirá a su posición inicial esperando la señal para su activación.

El procesado de plátanos tendrá la siguiente secuencias de pasos planteado en el diagrama de funcionamiento de todo el proceso de fabricación, para la obtención de rodajas de 1 [mm] de espesor (Véase figura 20 - 21)

FIGURA: 20. Diagrama de secuencia de pasos para el rebanado de plátano. (Fuente: El Autor)



FIGURA: 21. Proceso de elaboración de rodajas de plátano. (Fuente: El Autor)



3.2. Cálculos de mecanismos.

En el modelo planteado para sistema de rebanado se implementara lo siguiente:

Para el mecanismo de corte se empleara un disco rebanador en el cual irán sujetadas mediante tornillos cada cuchilla de corte, todo el disco serán sujeto a un eje de transmisión.

El mecanismo de transmisión del movimiento de las cuchillas será por medio de engranajes cónicos en ejes perpendiculares entre sí, que serán impulsados por poleas y correas con la potencia de un motor monofásico.

3.2.1 Fuerza de cuchilla.

Para iniciar el proceso de diseño de la máquina prototipo se deberá establecer los parámetros mínimos y máximos para lograr un corte bueno, el primer paso que se realizara es la determinación de la fuerza de corte requerida para, poder vencer la resistencia del material, que en esta circunstancia es un fruto (plátano).

Las incógnitas y preguntas al inicio del diseño fueron:

¿Cuál es el ángulo de cuchilla ideal para el corte?

¿Qué fuerza es requerida para el corte de una rebanada de plátano maduro?

Estos datos son de suma importancia para poder calcular las capacidades de la máquina y el primer paso para poder determinar esta fuerza, es la recolección de información de la misma.

La determinación del ángulo de cuchilla se realizó mediante prueba y error.

Por medio de experimentación se pudo verificar cual sería el ángulo de corte correcto para el propósito de este proyecto, las exigencias para este fin fueron, que el corte del plátano debería tener las siguientes características:

- El corte debería ser preciso y limpio.
- Lograr una penetración profunda con un mínimo esfuerzo.

Realizando pruebas de ensayo en la práctica se pudo fabricar un dispositivo de corte, el cual nos ayudó a recabar datos para poder interpretarlos, estos datos se obtuvieron en 10 pruebas de ensayos para cada uno de los ángulos mencionados a continuación (Véase tabla 7).

También mencionar que se utilizaron a una distancia de 10 cm de recorrido o carrera, con una masa de 450 g, que es la masa mínima de corte que se utilizaron en las pruebas con un mecanismo de guillotina. (Véase figura. 23):

Tabla 7. Diferentes ángulos de corte probados para la obtención de corte de plátanos.
(Fuente: El Autor)

Angulo de corte.	Penetración de corte.	Calidad de corte.	Observaciones.
10°	Solo roce	Ninguno	No tiene capacidad de penetración y el corte es inexistente.
20°	Penetra todo	Mala	Puede penetrar toda la pieza pero no logra corte limpio.
30°	Corte total	Buena	Penetra todo el plátano y tiene un corte aceptable.
35°	Corte total	Muy buena	Corte excelente, y tiene menos sábila que los otros cortes

Las pruebas realizadas verifican lo que menciona la parte teórica que se muestra en la tabla (7) da a conocer los diferentes tipos de ángulos utilizados en la actualidad para cuchillos de cocina los cuales fueron corroborados con esta prueba. (Véase figura 22)

FIGURA: 22. Medición de ángulos (Fuente: El Autor)



Con este dato se podrá hacer las pruebas correspondientes a la fuerza de corte necesaria que necesita cada plátano, también es importante mencionar que se utilizara el ángulo de corte estilo japonés de un solo lado de corte, que está en los parámetros de 0° a 45° con un solo lado de corte como se puede apreciar, por lo tanto se decidió utilizar una cuchilla la cual será afilado a 35° de inclinación (Véase figura 9), para poder obtener un buen rebanado en cada rodaja de plátano.

Para hallar la fuerza de corte necesaria para realizar las respectivas rebanadas de 1 a 2 mm de espesor de cada rodaja de plátano.

Cuanta fuerza requiere una persona para poder vencer la resistencia del plátano (Véase figura 2), en la que muestra el corte de una rodaja de plátano, para poder determinar esta fuerza requerida se hizo varios ensayos, la cual se menciona a continuación en las pruebas que se realizaron de forma experimental.

En la segunda ley de Newton indica que:

$$F = m * a \quad \text{Ecuación (6)}$$

La definición de [F] cita que: Fuerza es un efecto de empuje o tirón ejercido en un cuerpo o por una fuerza externa o por la gravedad. En este sentido se realizó la construcción de un dispositivo de corte con forma de guillotina (Véase figura 23), esto con el fin de poder identificar la masa requerida para un corte de plátano de 45 mm de diámetro en su sección, el cual es de mayor tamaño.

En la construcción se utilizó lo siguiente:

- Base se hierro de 3/8 de plg. en su espesor, con 60 mm ancho x 200 mm de largo.
- Acero sección circular de 1/4 de plg. en su diámetro.
- Cuatro tuercas con un peso de 1.5 g,
- Hoja de acero inoxidable de 1.20 mm espesor con 60 mm de ancho x120 de largo con un masa de 70 g.
- Soporte para contrapesos dos chapas de acero inoxidable dobladas a 90° con dimensiones de 60 mm de largo x 30 mm ancho, de espesor de 1mm, con una masa de 25 g.

FIGURA: 23. Mecanismos de corte para determinar masa requerida. (Fuente: El Autor)



La masa de la cuchilla para el corte nos da 110 g, este peso habrá de sumarse al peso final de cada medida en las pruebas a ser realizadas, para obtener el peso total de la masa empleada en cada prueba.

Al realizar las pruebas con relación a cuanta masa se requiere para poder vencer la resistencia del plátano, se obtuvo datos donde se aplicó la segunda ley de Newton con relación a la masa de los cuerpos en caída. Mediante la fabricación de este pequeño dispositivo de corte ya mencionado, para poder medir la cantidad de masa se utilizó contrapesos de hierros previamente pesados y graduados a una determinada masa, para lograr un corte limpio y sin defectos, las pruebas se indican en una tabla de la siguiente forma:

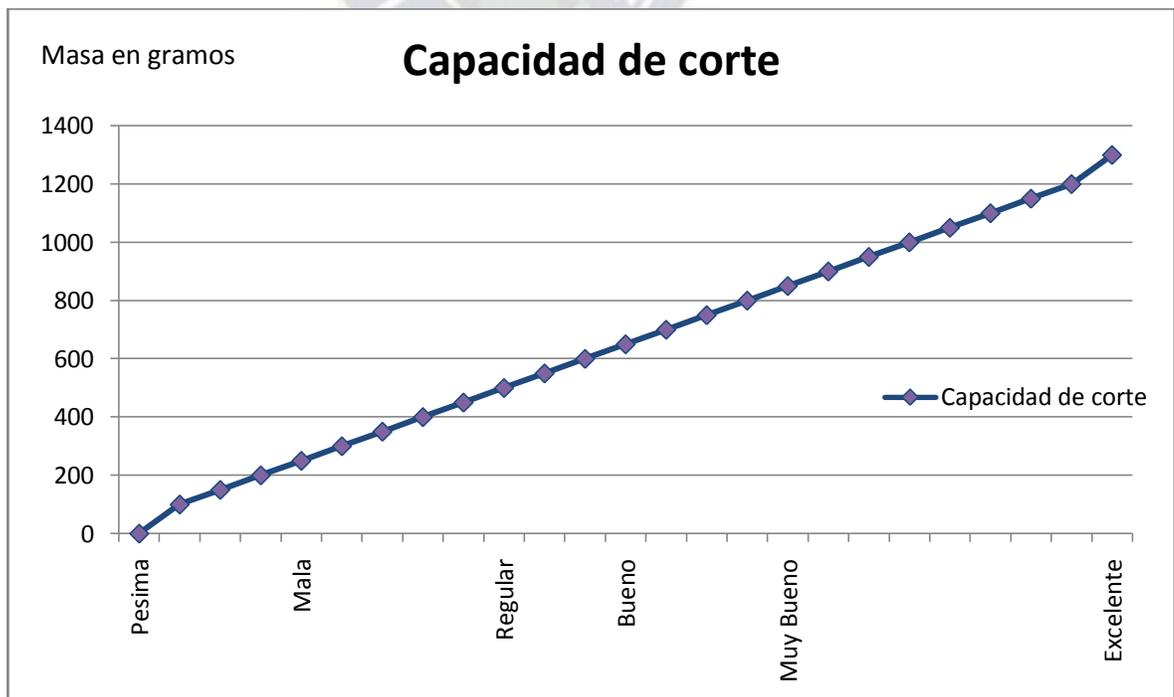
Tabla 8. Pruebas de capacidad de corte. Fuente:(El Autor)

PESO “g”	CAP. CORTE	CALIDAD	RESULTADO
100 g	Ninguna	Pésima	No corta
150 g	Ninguna	Pésima	No corta
200 g	Corte de $\frac{1}{16}$ *	Mala	No corta
250 g	Corte de $\frac{1}{8}$ *	Mala	Corte parcial
300 g	Corte de $\frac{1}{4}$ *	Mala	Corte parcial
350 g	Corte de $\frac{1}{2}$ *	Mala	Corte parcial
400 g	Corte de $\frac{3}{4}$ *	Mala	Corte parcial
450 g	Corte total *	Regular	Si corta
500 g	Corte total *	Regular	Si corta
550 g	Corte total *	Bueno	Si corta
600 g	Corte total *	Bueno	Si corta
650 g	Total *	Bueno	Si corta
700 g	Total **	Muy bueno	Si corta

750 g	Total **	Muy bueno	Si corta
800 g	Total **	Muy bueno	Si corta
850 g	Total **	Muy bueno	Si corta
900 g	Total **	Excelente	Si corta
950 g	Total **	Excelente	Si corta
1000 g	Total ***	Excelente	Si corta
1050 g	Total ***	Excelente	Si corta
1100 g	Total ***	Excelente	Si corta
1200 g	Total ***	Excelente	Si corta
1300 g	Total ***	Excelente	Si corta

Nota * El residuo de sábila en la cuchilla es mayor.
 ** Disminuye la cantidad de sábila del plátano.
 ***Existe un mínimo residuos de sábila.

Tabla 9. Experimento de la capacidad de corte en [g] contra calidad de corte. (Fuente: EL Autor)



Para esta experimentación en el corte del plátano se observó que la construcción del dispositivo de corte dio un buen resultado ya que pudo cortar, la forma de guillotina con una pequeña base para poder colocar contrapesos permitió poder observar el corte de cada prueba que se realizó. Un factor importante en este mecanismo fue la cuchilla, esta fue diseñada para un corte rápido y fino, se le dio un ángulo de 35° en un solo lado de la hoja de acero inoxidable, esto con el fin de poder vencer la resistencia del fruto a cortar. Con los datos obtenidos en la (tabla 4) se observó que la masa más adecuada es el de 1300 g no olvidar que a esa masa hay que sumarle los 110 g más de la cuchilla los cuales nos dará una masa total que se usó en la cuchilla, y utilizando la ecuación (6) se realizaron el cálculo siguiente:

$$F = m * a$$

Donde:

$$m = (1300 + 110)g = 1410 g$$

$$g = a \text{ Teniendo un valor de } g = 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$F = 1.410 Kg * 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$F = 13.832 N$$

Esta F hallada que se denominara F_c = fuerza de corte, la cual se utilizara para determinar la fórmula de ESFUERZO DE CORTE DIRECTO del plátano maduro utilizando la Ecuación (7)

$$\tau = \frac{F_c}{A_s}$$

Donde: A_s es el área sometida a corte su fórmula es.

$$A_s = \frac{\pi * D^2}{4} \text{ (Véase anexo 1)}$$

El diámetro utilizado será el de 45 mm correspondiente al diámetro de plátano maduro más grande que puede venir en los racimos.

$$D = 45 \text{ mm} * \frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ mm}} * \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 0.045 \text{ m}$$

Entonces utilizando la ecuación de (A_s):

$$A_s = \frac{\pi * (0.045)^2}{4} = 1.590 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Luego A_s y F_c en ecuación (2)

$$\tau = \frac{13.832 \text{ N}}{1.590 \times 10^{-3} \text{ m}^2} = 8699.371 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$\tau = 8.699 \text{ KPa}$$

El esfuerzo cortante experimental necesario para vencer la resistencia del plátano es de:

$$\tau = 8.699 \text{ KPa.}$$

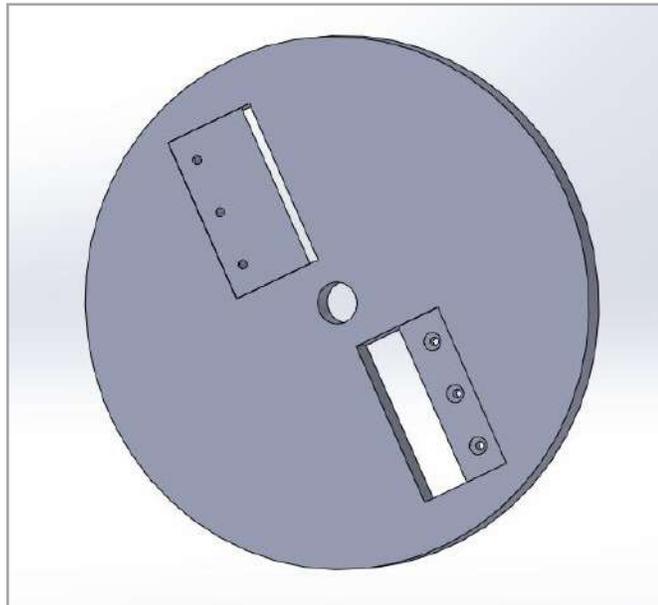
Donde la fuerza de corte de cada rodaja de plátano será:

$$F_c = 13.832 \text{ N}$$

En el modelo propuesto para el corte de los plátanos se propone un disco circular con dos cuchillas en forma rectangular las cuales serán separadas a 180° a lo largo de todo el disco. (Véase figura 24)

Las dimensiones del rebanador son en base a parámetros de diseño, es en relación de tamaño de la máquina esta debe ser lo más compacta que se pueda, por esta razón se optó en reducir el tamaño de 350 mm a 270 mm que es el tamaño mayor del cobertor y el disco es de un diámetro de 260 mm, (Véase plano del disco en sección Anexos) se muestra las dimensiones del disco rebanador.

FIGURA: 24. Disco rebanador. (Fuente: El Autor)



En la actualidad en el proceso de fritado se realiza el rebanado de tres plátanos por cada plato que entra a la olla de freír, ese es un parámetro el cual se tomara como base para el diseño.

Se podría implementar una mayor cantidad de unidades de plátano de 2 o hasta 6 unidades de plátanos, pero el problema de estancamiento se vería en el proceso de fritado ya que a mayor cantidad de plátano rebanado mayor tiempo de cocción el cual da un producto no muy uniforme en su aspecto físico.

Por esta razón el prototipo se diseñara con tres orificios de entrada por cada plátano. Esto implicaría que la fuerza de corte de cada plátano se multiplicara por tres es decir:

$$F_{c.t.} = F_c * 3 \quad \text{Ecuación (24)}$$

Donde:

F_c = es la fuerza de corte.

3 = equivale a tres unidades de plátanos que cortara

Entonces:

$$F_{c.T.} = 13.832 \text{ N} * 3$$

$$F_{c.T.} = 41.496 \text{ N}$$

La fuerza de corte total de 41.496 N es la fuerza que requiere el disco rebanador para el corte de las rodajas de plátano

En estas instancias teniendo la fuerza de corte total y el diámetro del disco procederemos a calcular el torque que soportara el disco rebanador.

$$T = F \times r \quad \text{Ecuación (18)}$$

La ecuación 18 muestra la fórmula de momento torsor de una pieza la cual tomaremos como referencia pero utilizándola en los siguientes términos:

$$T = F_c \times \frac{d}{2} = F_c \times r$$

Donde:

F_c = Fuerza de corte total que tiene un valor de 41.496 N

r = Radio del disco rebanador que 260 mm.

$$T = 41.496 \text{ N} \times \frac{0.26\text{m}}{2} = 5.39 \text{ N.m}$$

Tabla 10. Resumen de los elementos calculados y empleados. (Fuente: El Autor)

CARACTERÍSTICA.	DESCRIPCIÓN.
Masa utilizada en el corte.	Se utilizó una masa de 1.410[Kg] que es la óptima para obtener un buen corte.

Diámetro mayor de plátano.	Los diámetros de los plátanos son variables de acuerdo a su maduración, se optó por tomar como base el mayor diámetro que es de 45[mm].
Angulo de cuchilla.	En las pruebas realizadas se evidencio y comprobó que el ángulo que da mejor resultado en el afilado es de 35° grados, afilado de un solo lado estilo japonés.
Fuerza de corte	$F_c = 13.832 \text{ N}$ Para la obtención de este dato se calculo con la masa obtenida con las pruebas que se realizo

3.2.2 Velocidad y potencia requerida

Para determinar la velocidad de corte de las cuchillas del disco rebanador, se toma como parámetros la cantidad de plátanos que se desea procesar, el tiempo que se empleara, la cantidad de producto obtenido, para así determinar las revoluciones por minuto, necesarias para obtener un corte limpio y en el espesor deseado, en el proceso de elaboración de plátanos fritos se observó lo siguiente:

- El tiempo de rebanado manual es de 3 horas, por racimo como un objetivo del presente trabajo es el de reducir el tiempo de rebanado, se desea obtener un promedio de 1/2 hora por cada racimo de plátano.
- Un racimo de plátano maduro tiene una cantidad de 75 – 85 unidades.
- La longitud de los plátanos en promedio es de 240 mm.
- Cada rodaja de plátano debe tener un espesor de 1- 1.5 mm.
- El disco rebanador tendrá dos cuchillas, en cada vuelta el disco cortara 2 rodajas.

Con estas consideraciones se hará la siguiente relación para obtener las revoluciones por minuto necesarias:

La cantidad de plátanos a procesar:

$$\frac{N^{\circ} \text{ de plátanos}}{1 \text{ hora}} = \frac{170 \text{ plátanos}}{1 \text{ hora.}} = 170 \left[\frac{\text{plátanos}}{\text{hora}} \right]$$

La cantidad de rodajas a producir se consigue dividiendo el largo del plátano entre el espesor deseado:

$$\text{largo de plátano} / \text{espesor de corte} = \frac{240 \text{ mm}}{1 \text{ mm}} = 240 \left[\frac{\text{cortes}}{\text{plátano}} \right]$$

Ambas relaciones se juntan para obtener las “ $\frac{\text{rev.}}{\text{min.}}$ ”:

$$170 \left[\frac{\text{plátanos}}{\text{hora}} \right] * 240 \left[\frac{\text{cortes}}{\text{plátano}} \right] * \frac{1 \text{ revolucion}}{2 \text{ cortes}} * \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min.}} = 340 \frac{\text{rev.}}{\text{min.}}$$

La velocidad calculada de 340 - 345 (rpm) es una aproximación al corte requerido, desconociendo si esta velocidad es la necesaria, para cumplir el objetivo fijado se tomara como base para los cálculos respectivos, haciendo notar en la parte de conclusiones si es efectivo el parámetro de cálculo echo.

La potencia que se requerirá para el torque calculado será:

$$P = T \times n \dots\dots\dots \text{Ecuación. (19)}$$

Donde $n = 340 \text{ rpm}$ y $T = 5.39 \text{ N.m}$

Haciendo la conversión de (n):

$$n = \frac{345 \text{ rev}}{\text{min}} \times \frac{2 \pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 35.128 \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right)$$

Remplazando en la ecuación 19 tenemos que:

$$P = 5.39 \text{ N.m} * 35.128 \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right) = 194.732 \left[\frac{\text{N.m}}{\text{s}} \right]$$

$$P = 194.732 [\text{Watt}]$$

Se realiza el factor de conversión para determinar la potencia en “HP” requiere para la elección de motor a implementar:

$$P = 194.732[\text{Watt}] * \frac{1[\text{HP}]}{746[\text{Watt}]} = 0.261 [\text{HP}]$$

$$P = 0.261 [\text{HP}]$$

3.2.3 Determinación de la capacidad de producción.

La capacidad de producción neta va directamente relacionada al tiempo empleado en el proceso de elaboración del producto. Estos pueden tener una o varios procesos, es de importancia saber qué capacidad tiene el proceso planteado del rebanador de plátanos.

$$\frac{2 \text{ cortes}}{1 \text{ rev.}} * \frac{350 \text{ rev}}{60 [\text{s}]} * \frac{1.2 [\text{mm}]}{1 \text{ corte}} * \frac{1 \text{ Plátano}}{22 \text{ mm}} = \frac{17}{600 [\text{s}]}$$

Lo cual nos indica que: en 10 [min] tarda en rebanar 17 plátanos. A esto se le debe sumar:

20 [s] el pelar plátanos de su cascara.
15 [s] transportar plátanos.
30 [s] el rebanado.
15 [s] proceso de limpieza de cuchillas.
Total: 80 [s] en tiempos muertos

Si para 17 plátanos se necesita 600 [s], entonces $\frac{600 [\text{s}]}{17} = 35 [\text{s}]$.

A este tiempo se le adiciona los 80 [s] + 35[s]= 115 [s] por plátano.

Para una cabeza de plátano que tiene 60 unidades* 115[s]= 6900[s].

La producción de una cabeza de plátano se realizara en: 1:55 [hrs]

3.2.4 Engranajes en el sistema de rebanado.

Para la transmisión de movimiento de la rebanadora se optó por implementar engranajes cónicos rectos, por su capacidad de transmitir potencia y el cambio de dirección del elemento impulsor que es el motor, este cambio de dirección se realizó a 90° hacia abajo

para poder diseñar la cavidad donde contendrán los plátanos, como se muestra en la figura (21).

Estos engranajes serán de una dimensión compacta para poder tener una mayor capacidad de espacio en la zona de ingreso de los plátanos a la sección de rebanado. Para tal efecto se utilizara las ecuaciones (16) para las dimensiones de los engranajes.

Iniciando los cálculos correspondientes se tomara como datos:

- La velocidad de giro del engranaje será de 340 rpm.
- La potencia requerida. $P = 0.261$ [HP]
- El ángulo del perfil de la involuta de 20°
- Las dimensiones del piñón y engranaje tienen que ser compactas.
- El número de dientes del piñón será de 16 dientes.
- Se tomara un módulo de 1.75.

Relación entre modulo y paso diametral despejamos paso diametral:

$$m = \frac{25.4}{P_d} \rightarrow P_d = \frac{25.4}{m}$$
$$P_d = \frac{25.4}{1.75} = 14.514$$

Paso diametral (P_d):

$$P_d = 14.514$$

Relación de velocidad nominal, se toma como velocidad de salida del engranaje

$n_G = 345$:

$$VR = \frac{n_p}{n_G} = \frac{690}{345} = 2$$

Calculo de número aproximado de dientes de engranaje N_G con (VR):

$$N_G = N_p(VR)$$

$$N_G = 16(2) = 32$$

$$N_G = 32$$

Este número de dientes es un aproximado del real.

Calculo del diámetro de paso:

$$\text{Piñón: } d = \frac{16}{14.514} = 1.103 \text{ [plg]} \text{ Está en los parámetros.}$$

$$\text{Engranaje: } D = \frac{32}{14.514} = 2.205 \text{ [plg]} \text{ Esta en excedente.}$$

El número de dientes del engranaje se excede su medida, se reducirá a $N_G = 29$ dientes.

$$\text{Engranaje: } D = \frac{29}{14.514} = 2.00 \text{ [plg]} \text{ Está en los parámetros}$$

Entonces obtenemos los siguientes datos:

$$\text{Piñón: } d = 1.103 \text{ [plg]}$$

$$\text{Engranaje: } D = 2.00 \text{ [plg]}$$

$$N_p = 16$$

$$N_G = 29$$

Angulo del diámetro de paso del cono:

$$\text{Piñón: } \gamma = \tan^{-1} \left(\frac{16}{29} \right) = 28.886$$

$$\gamma = 28.886$$

$$\text{Engranaje: } \Gamma = \tan^{-1} \left(\frac{29}{16} \right) = 61.113$$

$$\Gamma = 61.113$$

Distancia exterior del cono A_0 :

$$A_o = \frac{0.5 * 2}{\sin(61.113)} = 1.142 \text{ [plg]}$$

Ancho de cara (F):

$$\text{Ancho nominal de cara } F_{nom} = 0.30 * 1.142 = 0.343 \text{ [plg]}$$

Ancho máximo de cara $F_{m\acute{a}x.} = \frac{1.142}{3} = 0.381 [plg]$

O $F_{m\acute{a}x.} = \frac{10}{14.514} = 0.689 [plg]$ Se utilizara el menor

Ancho de cara (F): $F_{nom} = 0.343 [plg]$

Distancia media del cono (A_m):

$$A_m = 1.142 - (0.5 * 0.343) = 0.9705 [plg]$$

(A_m) Se define para el engranaje y se denomina A_{mG}

Paso circular medio (P_m):

$$P_m = \left(\frac{\pi}{14.514} \right) * \left(\frac{0.9705}{1.142} \right) = 0.184 [plg]$$

Profundidad media de trabajo (h):

$$h = \left(\frac{2.00}{14.514} \right) * \left(\frac{0.9705}{1.142} \right) = 0.117 [plg]$$

Holgura (c):

$$c = 0.125 * 0.117 = 0.015 [plg]$$

Profundidad media total (h_m):

$$h_m = 0.117 + 0.015 = 0.132 [plg]$$

Factor medio de Addendum (c_1):

$$m_G = \frac{N_G}{N_P} = \frac{29}{16} = 1.812$$

$$c_1 = 0.210 + \frac{0.290}{(1.812)^2} = 0.298$$

Addendum medio del engranaje mayor (a_G):

$$a_G = 0.298 * 0.117 = 0.035 [plg]$$

Addendum medio del piñón (a_p):

$$a_p = 0.117 - 0.035 = 0.082 [plg]$$

Dedendum medio del engranaje (b_G):

$$b_G = 0.132 - 0.035 = 0.097 [plg]$$

Dedendum medio del piñón (b_p):

$$b_p = 0.132 - 0.082 = 0.05 [plg]$$

Angulo de Dedendum del engranaje (δ_G):

$$\delta_G = \tan^{-1} \left(\frac{0.097}{0.9705} \right) = 5.707$$

Angulo de Dedendum del piñón (δ_p):

$$\delta_p = \tan^{-1} \left(\frac{0.05}{0.9705} \right) = 2.949$$

Addendum exterior del engranaje (a_{oG}):

$$a_{oG} = 0.035 + 0.5 * 0.343 * \tan 2.949 = 0.044 [plg]$$

Addendum exterior del piñón (a_{op}):

$$a_{op} = 0.082 + 0.5 * 0.343 * \tan 5.707 = 0.099 [plg]$$

Diámetro exterior del engranaje (D_o):

$$D_o = 2.00 + 2 * 0.044 * \cos 61.113 = 2.043[plg]$$

Diámetro exterior del piñón (d_o):

$$d_o = 1.103 + 2 * 0.099 * \cos 28.886 = 1.276[plg]$$

Teniendo las dimensiones del par de engranajes se procederá al cálculo de las fuerzas que generan los engranajes

La fuerza tangencial (W_{tP})

$$W_{tP} = \frac{T}{r_m}$$

Donde: r_m Es el radio promedio del piñón.

$$\text{Donde: } r_m = \frac{1.103}{2} - \left(\frac{0.343}{2}\right) \sin 28.886 = 0.469 [plg]$$

$$0.469 [plg] * \frac{0.0254 [m]}{1 [plg]} = 0.012 [m]$$

$$W_{tP} = \frac{5.39 N.m}{0.012 [m]} = 449.17[N]$$

$$W_{tP} = 449.17[N]$$

La fuerza radial (W_{rP})

$$W_{rP} = 449.17 N * \tan 20 * \cos 28.886 = 143.144 [N]$$

$$W_{rP} = 143.144 [N]$$

La fuerza axial (W_{xP})

$$W_{xP} = 143.144 [N] * \tan 20 * \sin 28.886 = 25.168 [N]$$

$$W_{xP} = 25.168 [N]$$

$$W_{tP} = W_{tG} = 449.17 [N]$$

$$W_{xP} = W_{rG} = 143.144 [N]$$

$$W_{rP} = W_{xG} = 25.168 [N]$$

3.2.5 Selección de poleas

La transmisión de potencia de la máquina se realizara mediante transmisión por bandas (correas). La selección de poleas se realizara mediante el requerimiento calculado es decir la velocidad final requerida para mover el disco rebanador, la potencia transmitida por el motor, el número de dientes de los engranajes cónicos calculados.

- Con la fórmula de relación de velocidad se calculara la velocidad del piñón:

$$\frac{n_p}{n_G} = \frac{N_G}{N_p}$$

Donde: n_G = Es la velocidad del engranaje.

n_p = Es la velocidad del piñón.

N_G = Numero de dientes del engranaje.

N_p = Numero de dientes del piñón.

$n_G = 340 [rpm]$ velocidad del disco rebanador.

$$\frac{n_p}{340[rpm]} = \frac{29}{16} = \frac{29 * 340 [rpm]}{16} = 616.25 [rpm]$$

$$n_p = 616.25 [rpm]$$

La potencia del motor es de alrededor ½ HP, cuya velocidad es de 1380 [rpm]. Con este dato se calculara la relación de velocidad:

$$\frac{1380 [rpm]}{616.25 [rpm]} = 2.23 \text{ (relacion de velocidad)}$$

Para encontrar esta relación de velocidad se realizara una relación de diámetros de la polea motriz con la polea conducida:

$$\frac{89.2 [mm]}{40 [mm]} = 2.23(\text{relacion de velocidad})$$

Como resultado final se asumirá como diámetros de transmisión de las poleas a las siguientes dimensiones:

- Polea motriz de 40mm de diámetro.
- Polea conducida de 80mm de diámetro.

3.2.6 Ejes de transmisión de componentes.

El disco rebanador será impulsado por dos ejes acoplados perpendicularmente, mediante engranajes los cuales serán impulsados por poleas y un motor. (Véase figura 25-26)

FIGURA: 25. Forma del eje vertical a diseñar. (Fuente: El Autor)

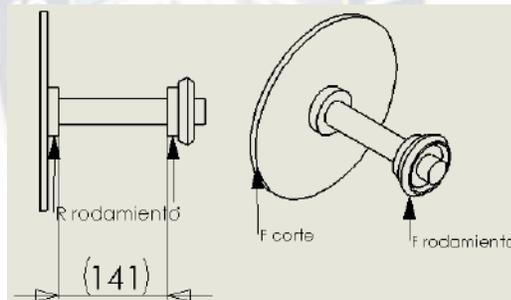
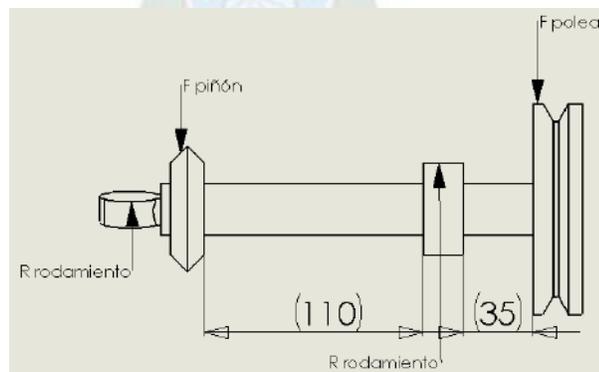


FIGURA: 26. Forma del eje horizontal. (Fuente: El Autor)



Para el cálculo de ejes del sistema de rebano se realizara por medio de los datos ya obtenidos y una aproximación de la medida del diámetro. Primero se calculara el diámetro requerido experimental y luego el diámetro de diseño real. Para este fin se tomara como dato el esfuerzo cortante experimental y la fuerza de corte total

El diseño de secciones con esfuerzo cortante se realiza el cambio de τ_{max} por τ_d se toma esta relación tomando en cuenta que $\tau_{max} = \tau_d$.

Utilizando las propiedades del material con factores de diseño.

$$\tau_d = \frac{S_y}{2 * N}$$

La fluencia del material será:

$S_y = 414 [MPa]$ Acero AISI - 1040 laminado en caliente (Véase Anexo 4).

Porque ese será el materia que será utilizado y mecanizado en los ejes

$N = 4$ Factor de diseño elegido. Esfuerzos repetidos (Véase Anexo 2)

$$\tau_d = \frac{414[MPa]}{2 * 4} = 51.75[MPa] = 51.75 [N/mm^2]$$

Utilizando la ecuación de tención máxima y utilizando la ecuación (12.1) tenemos:

$T = 5.39 N.m$

$$Z_p = \frac{T}{\tau_d} \dots \text{Ecuación (12.1)}$$

$$Z_p = \frac{5.39 N.m}{51.75[N/mm^2]} * \frac{10^3 mm}{1 m} = 0.104 \times 10^3 mm^3 \dots \text{Ecuación (12.1)}$$

El módulo de sección polar es $Z_p = 0.104 \times 10^3 mm^3$

Despejando (D) de la ecuación (13) para obtener el diámetro experimental se obtiene:

$$D = \sqrt[3]{\frac{16 \times Z_p}{\pi}} \dots \text{Ecuación (13)}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{16 * 0.104 * 10^3 \text{ mm}^3}{\pi}} = 8.091 \text{ [mm]}$$

El diámetro requerido hallado $D = 8.091 \text{ [mm]}$, lo interpretamos utilizando la tabla de guía para la especificación de fechas (Véase ANEXO 3). El cual indica que el diámetro más próximo a utilizar será 10 mm, para el eje vertical.

El mismo procedimiento para el eje horizontal. Se toma como dato los parámetros ya calculados como ser:

$$\tau_d = 51.75 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Para el momento torsor del otro engranaje se tomara la fuerza tangencial del piñón:

$$W_{tP} = W_{tG} = 449.17 \text{ [N]}$$

Para el cálculo de torque:

$$T = F \times r \dots \dots \dots \text{Ecuación. (18)}$$

$$T = 449.17 \text{ [N]} * 1.276 \text{ [plg]} * \frac{2.54 \text{ [cm]}}{1 \text{ [plg]}} * \frac{1 \text{ [m]}}{100 \text{ [cm]}} = 14.56 \text{ [N.m]}$$

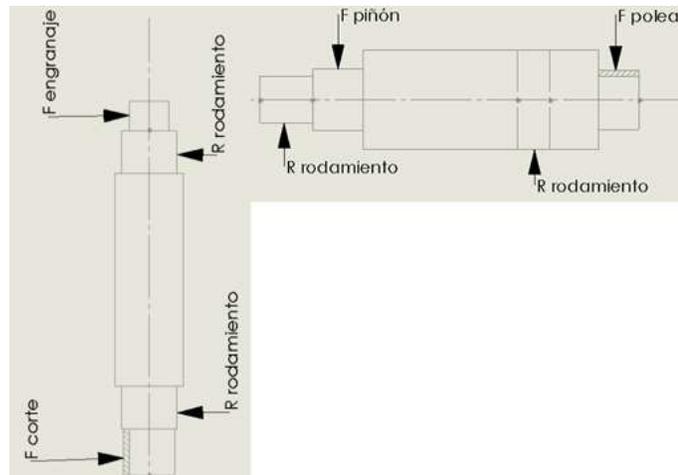
$$\text{Utilizamos la ecuación: } Z_p = \frac{T}{\tau_d} \dots \text{Ecuación (12.1)}$$

$$Z_p = \frac{14.56 \text{ N.m}}{51.75 \text{ [N/mm}^2\text{]}} * \frac{10^3 \text{ mm}}{1 \text{ m}} = 281.309 \text{ mm}^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{16 * 281.309 \text{ mm}^3}{\pi}} = 11.27 \text{ [mm]}$$

El diámetro requerido hallado para el eje horizontal. $D = 11.27 \text{ [mm]}$ Lo interpretamos utilizando la tabla de guía para la especificación de fechas (Véase ANEXO 3). El cual indica que el diámetro más próximo a utilizar será: $D = 12 \text{ mm}$ para el eje vertical.

FIGURA: 27. Diagrama de fuerzas de eje vertical y horizontal del rebanador. (Fuente: El Autor)



Los diámetros hallados para los ejes son referenciales, basados en las características del material, para tener seguridad en el diseño se tomara en cuenta las partes que lo componen; como ser alojamientos para engranajes rodamientos, Cuñeros, poleas y el mismo disco rebanador (ver figura 27). Se calculara el diámetro de diseño exterior de cada eje mediante la ecuación (15)

$$D = \left[\frac{32N}{\pi} \sqrt{\left(\frac{K_f M}{S_n}\right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{T}{S_y}\right)^2} \right]^{\frac{1}{3}} \dots \text{Ecuación (15)}$$

En base al modelo planteado de las figuras (26-27). Se realiza el diagrama de cuerpo libre (Véase figura 28), Los datos obtenidos son:

$$\text{Fuerza de corte: } F_{C.T.} = 41.496 \text{ N}$$

$$\text{Fuerza tangencial del engranaje: } W_{tP} = W_{tG} = 449.17 [N]$$

$$W_{xP} = W_{rG} = 143.144 [N]$$

$$W_{rP} = W_{xG} = 25.168 [N]$$

$$\text{Diámetro exterior del engranaje } (D_o): D_o = 2.043 [plg]$$

$$\text{Diámetro exterior del piñón } (d_o): d_o = 1.276 [plg]$$

$$\text{Diámetro de polea} = 0.08 [m]$$

$$\text{Inclinación de la polea motriz } 10^\circ$$

Previamente se realiza el cálculo de fuerza de poleas, como se ve en la figura 26. El eje horizontal está impulsado por una polea, que tiene sus componentes:

Fuerza de polea (A):

$$F_N = F_1 + F_2 = \frac{T_A}{D_A/2}$$

$$F_N = \frac{5.162 \text{ [N.m]}}{\frac{0.08 \text{ [m]}}{2}} = 129.05 \text{ [N]} \text{ (Fuerza de impulsión)}$$

$$F_A = 1.5 * F_N = 1.5 * 129.05 \text{ [N]} = 193.575 \text{ [N]} \text{ (Fuerzas flexionante)}$$

Componentes de fuerzas en (X-Y):

$$F_{AX} = F_A \cos 10 = 193.575 \text{ [N]} * \cos 10 = 190.634 \text{ [N]}$$

$$F_{AY} = F_A \sin 10 = 193.575 \text{ [N]} * \sin 10 = 33.614 \text{ [N]}$$

PLANO (X - Y)EJE HORIZONTAL (POLEA - PIÑÓN). (Véase figura 27):

Reacciones:

$$\begin{aligned} \sum M_D = 0 &= W_{tP} * 0.016 - R_{BY} * 0.163 + P_{AY} * 0.226 \\ R_{BY} &= \frac{(449.170 * 0.016 + 33.614 * 0.226) \text{ [N.m]}}{0.163 \text{ [m]}} = 90.696 \text{ [N]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M_A = 0 &= -R_{BY} * 0.163 + W_{tP} * 0.21 - R_{DY} * 0.226 \\ R_{DY} &= \frac{(449.170 * 0.21 - 90.696 * 0.063) \text{ [N.m]}}{0.226 \text{ [m]}} = 392.088 \text{ [N]} \end{aligned}$$

Verificación: $\sum F = 0$ En dirección vertical

$$\uparrow = (90.696 + 392.088) \text{ [N]} = 482.784 \text{ [N]}$$

$$\downarrow = (449.170 + 33.614) \text{ [N]} = 482.784 \text{ [N]}$$

Fuerza cortante:

$$\text{Punto D: } V_D = R_{DY} = 392.012 \text{ [N]}$$

$$\text{Entre D-C: } V_{DC} = 392.012 \text{ [N]}$$

$$\text{Punto C: } V_C = (392.012 - 449.170) \text{ [N]} = -57.082 \text{ [N]}$$

Entre C-B: $V_{CB} = -57.082 [N]$

Punto B: $V_B = (-57.082 + 90.696)[N] = 33.614 [N]$

Entre B-A: $V_{BA} = 33.614[N]$

Punto A: $V_A = (33.614 - 33.614)[N] = 0$

Momento flexionante:

Punto D: $M_D = 0$ Extremo del eje

Punto C: $M_C = M_D + (Area_{DC})$

$$M_C = M_D + (V_{DC} * Seg_{DC}) = 0 + (392.088 * 0.016) = 6.273 [N.m]$$

Punto B: $M_B = M_C + (Area_{C-B})$

$$M_B = M_C + (V_{CB} * Seg_{CB}) = 6.273 + (-57.082 * 0.147) = -2.118 [N.m]$$

Punto A: $M_A = M_B + (Area_{B-A})$

$$M_A = M_B + (V_{BA} * Seg_{BA}) = [-2.118 + (33.614 * 0.063)] [N.m] = 0$$

PLANO (x-z)EJE HORIZONTAL (POLEA - PIÑÓN). (Véase figura 27):

Reacciones:

$$\sum M_D = 0 = W_{rP} * 0.016 - R_{BZ} * 0.163 + P_{Ax} * 0.226$$
$$R_{BZ} = \frac{(25.168 * 0.016 + 190.634 * 0.226)[N.m]}{0.163[m]} = 266.785[N]$$

$$\sum M_A = 0 = -R_{BZ} * 0.063 + W_{rP} * 0.21 - R_{DZ} * 0.226$$
$$R_{DZ} = \frac{(-266.785 * 0.063 + 25.168 * 0.21)[N.m]}{0.226[m]} = -50.983 [N]$$

Verificación: $\sum F = 0$ En dirección vertical

$$\uparrow = (266.785 + -50.983)[N] = 215.802[N]$$

$$\downarrow = (25.168 + 190.634)[N] = 215.802[N]$$

Fuerza cortante:

$$\text{Punto D: } V_D = R_{DZ} = -50.983[N]$$

$$\text{Entre D-C: } V_{DC} = -50.983[N]$$

$$\text{Punto C: } V_C = (-50.983 - 25.168)[N] = -76.151 [N]$$

$$\text{Entre C-B: } V_{CB} = -76.151 [N]$$

$$\text{Punto B: } V_B = (-76.151 + 266.785)[N] = 190.634 [N]$$

$$\text{Entre B-A: } V_{BA} = 190.634 [N]$$

$$\text{Punto A: } V_A = (190.634 - 190.634)[N] = 0$$

Momento flexionante:

$$\text{Punto D: } M_D = 0 \text{ Extremo del eje}$$

$$\text{Punto C: } M_C = M_D + (Area_{DC})$$

$$M_C = M_D + (V_{DC} * Seg_{DC}) = 0 + (-50.983 * 0.016) = -0.816[N.m]$$

$$\text{Punto B: } M_B = M_C + (Area_{C-B})$$

$$M_B = M_C + (V_{CB} * Seg_{CB}) = -0.816 + (-76.151 * 0.147) = -12.010 [N.m]$$

$$\text{Punto A: } M_A = M_B + (Area_{B-A})$$

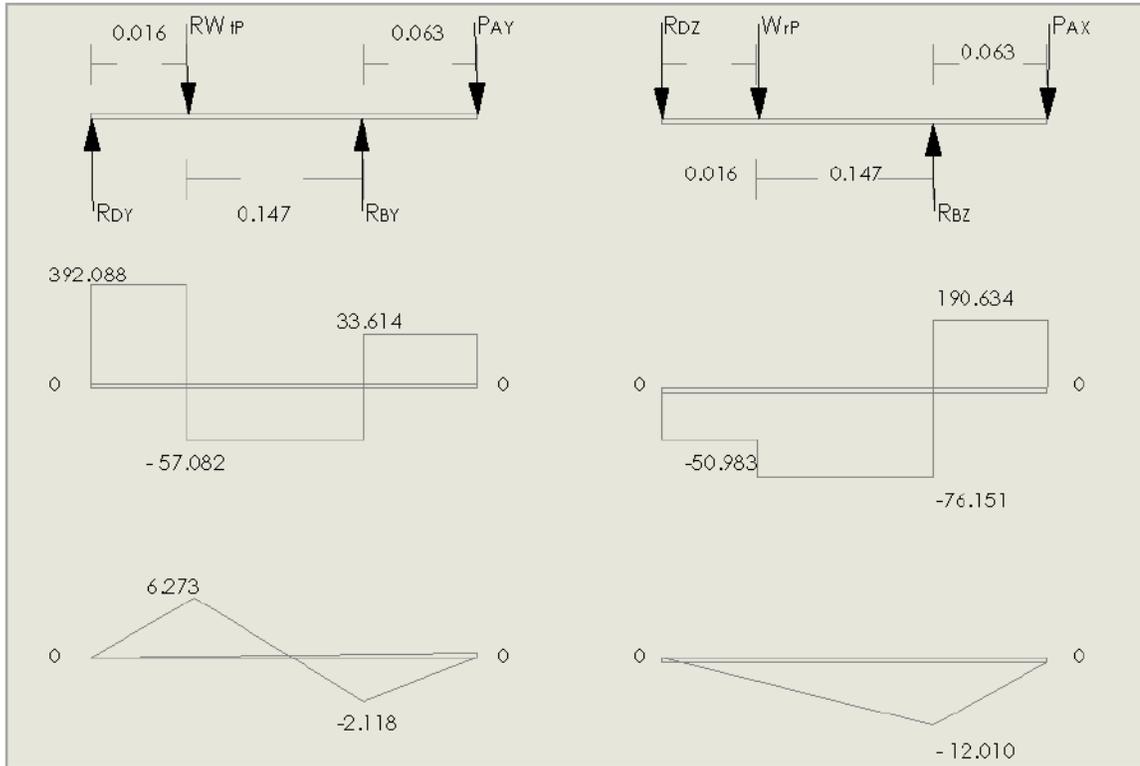
$$M_A = M_B + (V_{BA} * Seg_{BA}) = [-12.010 + (190.634 * 0.063)] [N.m] = 0$$

Momento flexionante totales en eje horizontal:

$$M_B = \sqrt{(-2.118)^2 + (-12.010)^2} = 12.195 [N.m]$$

$$M_C = \sqrt{(6.273)^2 + (-0.816)^2} = 6.326 [N.m]$$

FIGURA: 28. Diagrama de Reacciones, Fuerzas, Fuerzas cortantes y Momentos Flexionante del eje horizontal. Fuente: (El Autor)



PLANO (y - z)EJE VERTICAL (ENGRANAJE – DISCO DE CORTE).

(Véase figura 28):

Reacciones:

$$\sum M_D = 0 = -R_{CZ} * 0.15 + W_{tG} * 0.1625 + F_{corte\ x} * 0.02$$

$$R_{CZ} = \frac{(449.170 * 0.1625 - 41.496 * 0.02)[N.m]}{0.15[m]} = 481.068 [N]$$

$$\sum M_C = 0 = -W_{tG} * 0.0125 - R_{DZ} * 0.15 - F_{corte\ x} * 0.17$$

$$R_{DZ} = \frac{(-449.170 * 0.0125 + 41.496 * 0.17)[N.m]}{0.15[m]} = 9.598 [N]$$

Verificación: $\sum F = 0$ En dirección horizontal

$$\leftarrow = (449.170 + 41.496)[N] = 490.666[N]$$

$$\rightarrow = (481.068 + 9.598)[N] = 490.666[N]$$

Fuerza cortante:

Punto E: $V_E = F_{corte\ x} = 41.496 [N]$

Entre E-D: $V_{ED} = 41.496 [N]$

Punto D: $V_D = (41.496 - 9.598)[N] = 31.898 [N]$

Entre D-C: $V_{DC} = 31.898 [N]$

Punto C: $V_C = (31.898 - 481.068)[N] = -449.170 [N]$

Entre C-B: $V_{CB} = -449.170 [N]$

Punto A: $V_A = (-449.170 + 449.170)[N] = 0$

Momento flexionante:

Punto E: $M_E = 0$ Extremo del eje

Punto D: $M_D = M_E + (Area_{ED})$

$$M_D = M_E + (V_{ED} * Seg_{ED}) = 0 + (41.496 * 0.02) = 0.830 [N.m]$$

Punto C: $M_C = M_D + (Area_{D-C})$

$$M_C = M_D + (V_{DC} * Seg_{DC}) = 0.830 + (31.898 * 0.15) = 5.614 [N.m]$$

Punto B: $M_B = M_C + (Area_{C-B})$

$$M_B = M_C + (V_{CB} * Seg_{CB}) = [5.614 + (-449.170 * 0.0125)] [N.m] = 0$$

PLANO (Y-X)EJE VERTICAL (ENGRANAJE – DISCO DE CORTE). (Véase figura 28):

Reacciones:

$$\sum M_D = 0 = -R_{CX} * 0.15 + W_{rG} * 0.1625 + W_{XG} * 0.016 - F_{corte\ x} * 0.02$$
$$R_{CX} = \frac{(143.144 * 0.1625 + 25.168 * 0.016 - 41.496 * 0.02)[N.m]}{0.15[m]} = 152.224 [N]$$

$$\sum M_C = 0 = -R_{DZ} * 0.15 + F_{corte\ x} * 0.17 - W_{rG} * 0.0125 - W_{XG} * 0.016$$

$$R_{DY} = \frac{(41.496 * 0.17 - 143.144 * 0.0125 - 25.168 * 0.016)[N.m]}{0.15[m]} = 32.416 [N]$$

Verificación: $\sum F = 0$ En dirección horizontal.

$$\leftarrow = (143.144 + 41.496)[N] = 184.640[N]$$

$$\rightarrow = (152.224 + 32.416)[N] = 184.640[N]$$

Fuerza cortante:

Punto E: $V_E = F_{corte\ x} = 41.496 [N]$

Entre E-D: $V_{ED} = 41.496 [N]$

Punto D: $V_D = (41.496 - 32.416)[N] = 9.080 [N]$

Entre D-C: $V_{DC} = 9.080 [N]$

Punto C: $V_C = (9.080 - 152.224)[N] = -143.144 [N]$

Entre C-B: $V_{CB} = -143.144 [N]$

Punto A: $V_A = (-143.144 + 143.144)[N] = 0$

Momento flexionante:

Punto E: $M_E = 0$ Extremo del eje

Punto D: $M_D = M_E + (Area_{ED})$

$$M_D = M_E + (V_{ED} * Seg_{ED}) = 0 + (41.496 * 0.02) = 0.830 [N.m]$$

Punto C: $M_C = M_D + (Area_{D-C})$

$$M_C = M_D + (V_{DC} * Seg_{DC}) = 0.830 + (9.080 * 0.15) = 2.192 [N.m]$$

Punto B: $M_B = M_C + (Area_{C-B})$

$$M_B = M_C + (V_{CB} * Seg_{CB}) = [2.192 + (-143.144 * 0.0125)] [N.m] = 0.403$$

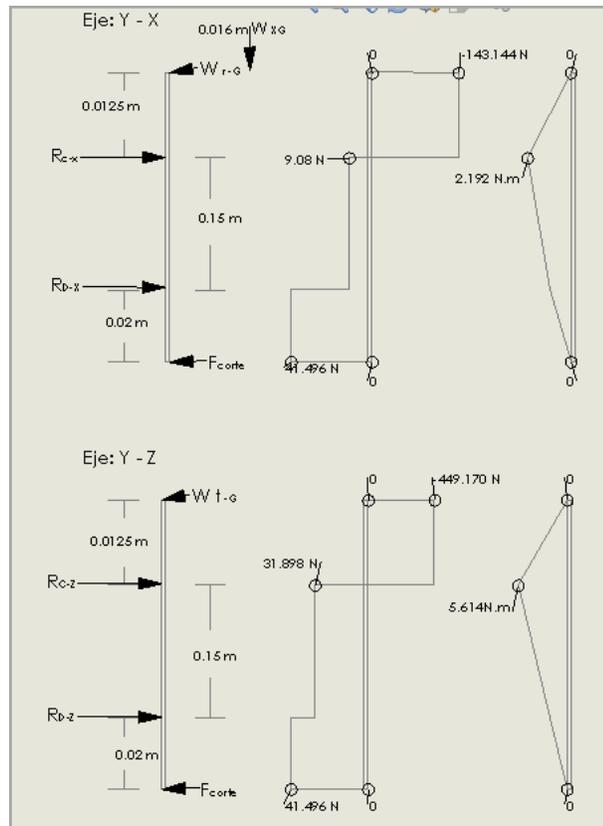
Punto Axial B: $M_B (Axial) = [0.403 - (25.168 * 0.016)] [N.m] = 0$

Momento flexionante totales en eje vertical:

$$M_C = \sqrt{(5.614)^2 + (2.192)^2} = 6.027 [N.m]$$

$$M_D = \sqrt{(0.830)^2 + (0.830)^2} = 1.174 [N.m]$$

FIGURA: 29. Diagrama de Reacciones, Fuerzas, Fuerzas cortantes y Momentos Flexionante del eje vertical. (Fuente: El Autor)



Obtenidos los momentos flexionante se procede al cálculo de:

S'_n = Resistencia a la fatiga real estimada.

Utilizando las propiedades del material y propiedades de confiabilidad y tamaño:

$S_y = 414 [N/mm^2]$ acero AISI 1040 laminado en caliente (Véase Anexo 4)

$S_U = 621 [N/mm^2]$ acero AISI 1040 laminado en caliente (Véase Anexo 4)

% alargamiento es de 25%

Utilizando la gráfica (Anexo 6) se obtiene el valor de S_n = Resistencia a la fatiga modificada, $(S_n) = 235 [MPa] = 235 = [N/mm^2]$

El diseño tendrá una confiabilidad de 0.99 su $C_R = 0.81$ (Anexo 6)

Factor de tamaño será $C_S = 0.900$ (Anexo 6)

$$S'_n = S_n * (C_R) * (C_S) \dots \text{Ecuación (14)}$$

$$S'_n = 235 [N/mm^2] * 0.81 * 0.900 = 171.315 [N/mm^2]$$

$N = 4$ Factor de diseño elegido. Esfuerzos repetidos (Véase Anexo 2)

CÁLCULOS DE DIÁMETROS EN EL EJE VERTICAL:

El torque para eje vertical donde: $n = 340 \text{ rpm}$ y $P = 194.732[\text{Watt}]$:

$$P = T \times n \dots T = \frac{P}{n} \dots \text{Ecuación. (19)}$$

$$T = \frac{194.732 \left[\frac{\text{N.m}}{\text{s}} \right]}{35.128 \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right)} = 5.543. 4.262[\text{N.m}]$$

En el punto B, donde: $T = 4.262[\text{N.m}]$

$$D_B = \left[\frac{32N}{\pi} \sqrt{\frac{3}{4} * \left(\frac{T}{S_Y} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}} D = \left[\frac{32 * 4}{\pi} \sqrt{\frac{3}{4} * \left(\frac{4262[\text{N.mm}]}{414[\text{N/mm}^2]} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}} = 7.135 [\text{mm}]$$

Punto B-C

$$D_{B-C} = \left[\frac{32 * 4}{\pi} \sqrt{\left(\frac{1.5 * 6027[\text{N.mm}]}{171.315 [\text{N/mm}^2]} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{4262[\text{N.mm}]}{414[\text{N/mm}^2]} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}} = 12.967 [\text{mm}]$$

El punto C donde: $T = 4.262[\text{N.m}] M = 6.027[\text{N.m}] K_f = 2.5$ (chaflán agudo)

$$D_C = \left[\frac{32 * 4}{\pi} \sqrt{\left(\frac{2.5 * 6027[\text{N.mm}]}{171.315 [\text{N/mm}^2]} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{4262[\text{N.mm}]}{414[\text{N/mm}^2]} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}} = 15.329 [\text{mm}]$$

Punto D:

$$D_D = \left[\frac{32 * 4}{\pi} \sqrt{\left(\frac{2.5 * 1174[\text{N.m}]}{171.315 [\text{N/mm}^2]} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{4262[\text{N.mm}]}{414[\text{N/mm}^2]} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}} = 9.232 [\text{mm}]$$

Punto D-E:

$$D_{D-E} = \left[\frac{32 * 4}{\pi} \sqrt{\left(\frac{2.0 * 1174[\text{N.m}]}{171.315 [\text{N/mm}^2]} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{4262[\text{N.mm}]}{414[\text{N/mm}^2]} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}} = 8.734 [\text{mm}]$$

Punto E:

$$D_E = \left[\frac{32 * 4}{\pi} \sqrt{\frac{3}{4} * \left(\frac{5390 [N.mm]}{414 [N/mm^2]} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}} = 7.716 [mm]$$

CÁLCULOS DE DIÁMETROS EN EL EJE HORIZONTAL:

El torque para eje horizontal donde: $n = 690 \text{ rpm}$ y $P = 194.732 [Watt]$:

$$n = \frac{690 \text{ rev}}{\text{min}} * \frac{2 \pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 72.256 \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right)$$

$$T = \frac{194.732 \left[\frac{N.m}{s} \right]}{72.256 \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right)} = 2.695 [N.m]$$

Punto A: N=6

$$D_A = \left[\frac{32 * 6}{\pi} \sqrt{\frac{3}{4} * \left(\frac{2695 [N.mm]}{414 [N/mm^2]} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}} = 7.010 [mm]$$

Punto A-B:

$$D_{D-E} = \left[\frac{32 * 2}{\pi} \sqrt{\left(\frac{2.0 * 12195 [N.m]}{171.315 [N/mm^2]} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{2695 [N.mm]}{414 [N/mm^2]} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}} = 14.265 [mm]$$

Punto B: N=2 $K_f=2.0$

$$D_B = \left[\frac{32 * 2}{\pi} \sqrt{\left(\frac{2.5 * 12195 [N.mm]}{171.315 [N/mm^2]} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{2695 [N.mm]}{414 [N/mm^2]} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}} = 15.365 [mm]$$

Punto C: $K_f=3$. N=4

$$D_C = \left[\frac{32 * 4}{\pi} \sqrt{\left(\frac{3 * 6326 [N.mm]}{171.315 [N/mm^2]} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{2695 [N.mm]}{414 [N/mm^2]} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}} = 16.533 [mm]$$

Punto C-D: N=2 $K_f=2.0$

$$D_{D-E} = \left[\frac{32 * 2}{\pi} \sqrt{\left(\frac{2.0 * 6326 [N.m]}{171.315 [N/mm^2]} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{2695 [N.mm]}{414 [N/mm^2]} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}} = 11.469 [mm]$$

Punto D: N=4 $K_f=2.5$

$$V_D = \sqrt{(-50.983)^2 + (392.088)^2} = 395.389 [N]$$

$$D_D = \sqrt{2.94 * K_f * (V_D) * N / S_n'} = \sqrt{\frac{2.94 * 2.5 * 395.389 [N] * 4}{171.315 [N/mm^2]}} = 8.237 [mm]$$

Con estos cálculos realizados para hallar los diámetros de los ejes, se evidencia que estos son pequeños, esto se debe a que las fuerzas empleadas en estos ejes perpendiculares son pequeñas.

Se debe dar una medida más estandarizada en todo el eje, para que al maquinar estas piezas no se tenga el error de las medidas, un parámetro será el diámetro interior de los rodamientos a utilizar. (Véase tabla 4)

Tabla 11. Resumen de diámetros calculados para el sistema de rebanado. (Fuente: El Autor)

Eje vertical. Ø	Ø real maquinado	Eje horizontal. Ø	Ø real maquinado
$D_B = 7.135 [mm]$	20[mm]	$D_A = 7.010 [mm]$	15[mm]
$D_{B-C} = 12.967 [mm]$	21[mm]	$D_{D-E} = 14.265 [mm]$	16.8[mm]
$D_C = 15.329 [mm]$	22[mm]	$D_B = 15.365 [mm]$	16.8[mm]
$D_D = 9.232 [mm]$	22[mm]	$D_C = 16.533 [mm]$	16.8[mm]
$D_{D-E} = 8.734 [mm]$	22[mm]	$D_{D-E} = 11.469 [mm]$	16.8[mm]
$D_E = 7.716 [mm]$	22[mm]	$D_D = 8.237 [mm]$	16.8[mm]

3.2.7 Calculo de chaveta.

Para la selección de la chaveta del eje horizontal, que impulsara el piñón se utilizara los siguientes datos previamente calculados. Se realiza consultando tablas (Véase anexo 10) para el valor de (W) y ecuaciones estas son:

$$L = \frac{2 * T * N}{0.5 * S_y * W * D} \text{Ecuación (22)}$$

Donde:

L = longitud de chaveta [mm]

$T = 5.39 [N.m]$ Torque a transmitir.

$N = 3$ Factor de diseño.

$S_y = 441 [N/mm^2]$ AISI-1020 CD Resistencia a la fluencia del material $[\frac{N}{m^2}]$.

(Véase anexo 4)

$W = 3/16 [plg] = 4.76 [mm]$ Ancho cara de chaveta [mm]. (Véase anexo 10)

$D = 16 [mm]$ Diámetro nominal.

$$L = \frac{4 * 5.39 [N.m] * 3}{441 [N/mm^2] * 4.76 [mm] * 16 [mm]} = 1.926 \times 10^{-3} [m]$$
$$L = 1.9 [mm]$$

La longitud calculada es demasiado pequeña, esto se debe a que el torque calculado en el eje es pequeño, ya que la fuerza necesaria para el rebanado es mínima. Por esta razón como es un proyecto de máquina prototipo por seguridad se optó por tomar como medida de la longitud de chaveta, de 25 [mm] que es la longitud que tiene la chaveta del motor a implementar:

$$L = 25 [mm]$$

3.2.8 Sistema de alimentación.

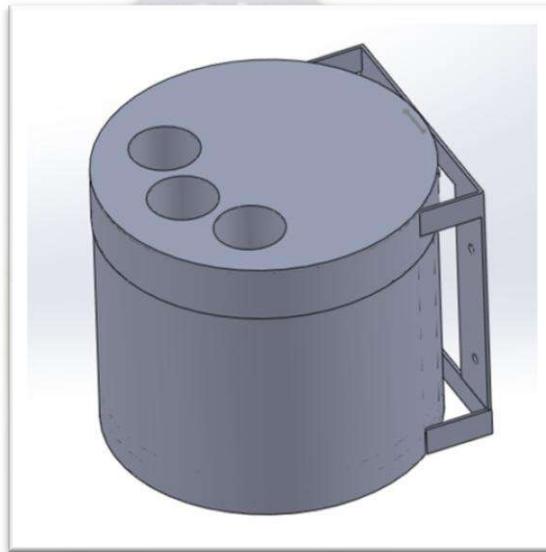
El sistema de alimentación es la parte importante en la acción del rebanado debe tener condiciones las cuales serán expuestas a continuación:

Los plátanos deberán tener un acceso rápido y sin obstrucciones, eso se dificulta por la longitud de cada unidad de plátano, el promedio de longitud de plátanos se asumirá el valor de 23 (cm) con un diámetro de 4.5 (cm). Para reducir las obstrucciones que puedan existir habrá una tolva inclinada por donde se deslizaran los plátanos, a los orificios de entrada de la cámara de ingreso.

Al ingresar a la cámara de alimentación cada plátano deberá estar sujeto la mayor parte del tiempo, esto se lograra con cilindros que serán de un diámetro un poco mayor de los plátanos a los cuales ingresaran. Esto garantizara que las rodajas de plátano sean uniformes en toda su superficie. (Véase figura 30)

Para el flujo continuo de plátanos se implementara una cinta transportadora de banda plástica, la cual transportara una longitud de 80 cm a los orificios de entrada la cual ingresara cada plátano a la cámara de alimentación de cada plátano en la tapa del rebanador, por medio de este dispositivo la dosificación de las unidades de plátanos será continua.

FIGURA: 30. Cobertor del sistema de corte, ingreso de plátanos. (Fuente: El autor)



3.3. Selección de componentes.

Las partes y componentes que se utilizaran en el diseño de la máquina serán: componentes estructurales, mecánicos, eléctricos.

3.3.1. Estructura de máquina prototipo.

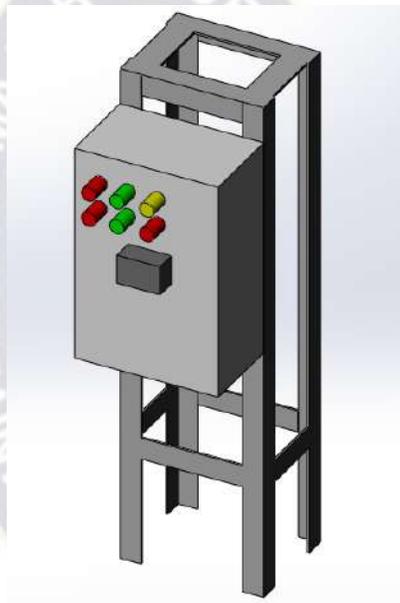
La parte estructural será el soporte que de sustento de toda la máquina, la cual estará compuesta por un armazón de angulares rectangulares, que soportaran todas las partes mecánicas y eléctricas de la máquina prototipo. (Véase figura 31)

El cuerpo del rebanador está compuesto por la cubierta cilíndrica de acero inoxidable, del disco rebanador, en cuyo interior estarán las partes mecánicas; un eje horizontal que es impulsado por una polea la cual impulsa a un piñón, este engrana a un engranaje, el cual comunica el movimiento al disco rebanador. La cámara de alimentación estará

dentro del cilindro del rebanador, y por encima de la cubierta del rebanador, la cual se comunicara con la cinta transportadora.

Panel de control y el gabinete eléctrico, estará en un costado de la estructura de la máquina, en su interior estarán los controladores de la máquina del circuito eléctrico que ordenara el orden de funcionamiento de la máquina prototipo, todo el sistema tendrá un cobertor que cubrirá todos los componentes. (Véase figura 32).

FIGURA: 31. Soporte del rebanador. (Fuente: El Autor)



El análisis estructural se realizó en solidworks Premium 1012 de las siguientes partes.

FIGURA: 32. Se ve el soporte de la estructura. (Fuente: el autor)

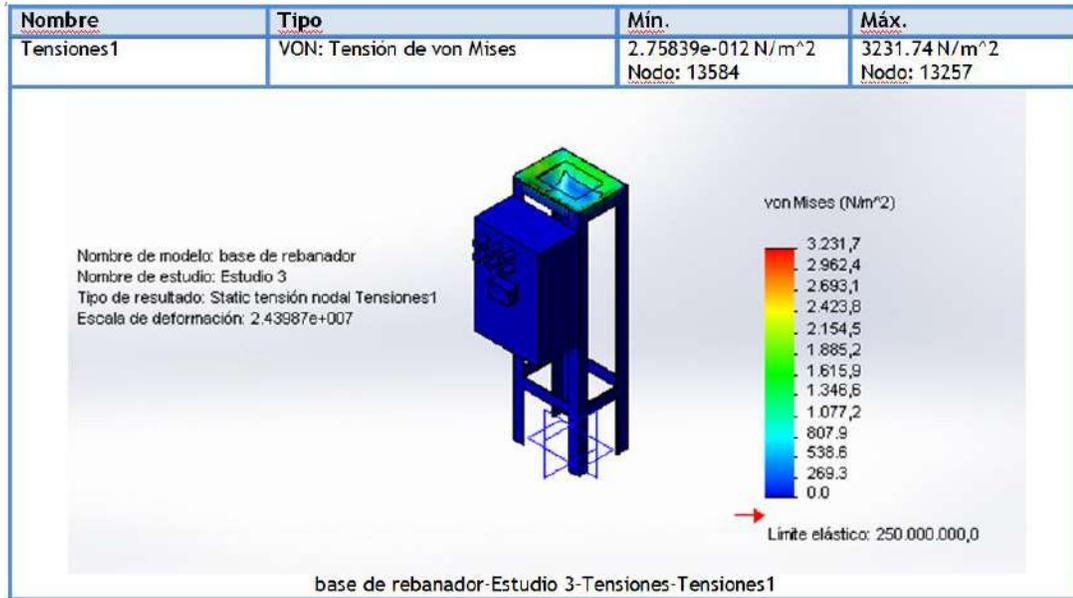
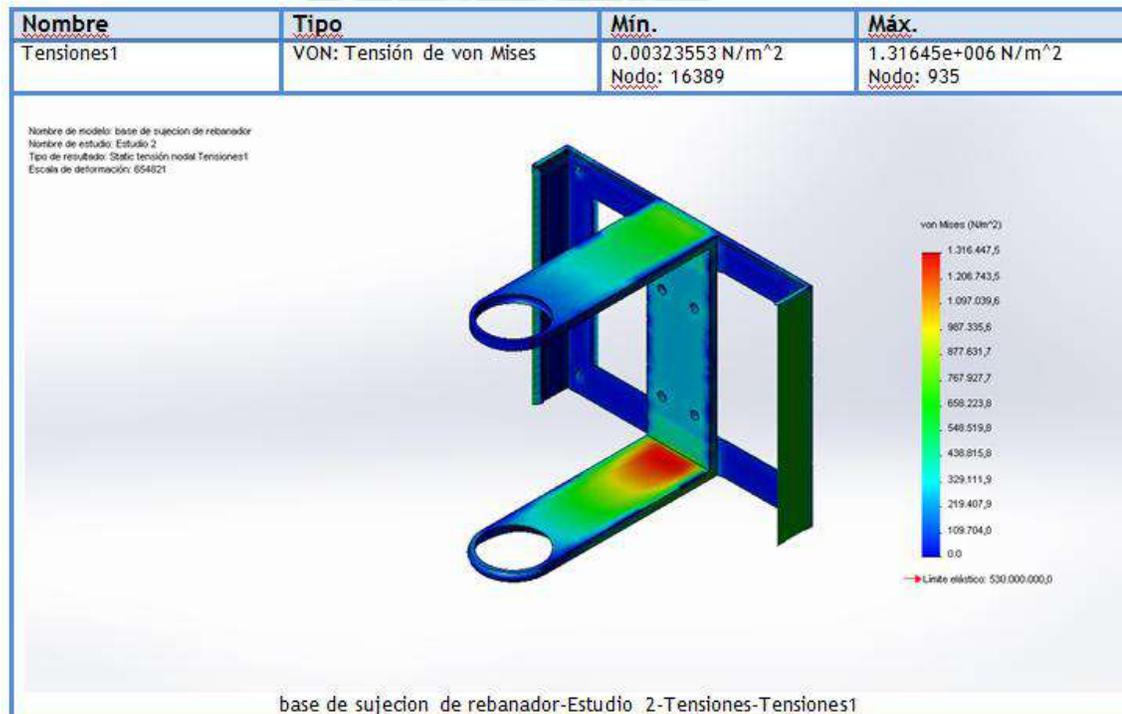


FIGURA: 33. Se observa la estructura que contendrá el eje del disco rebanador.

(Fuente: el Autor)



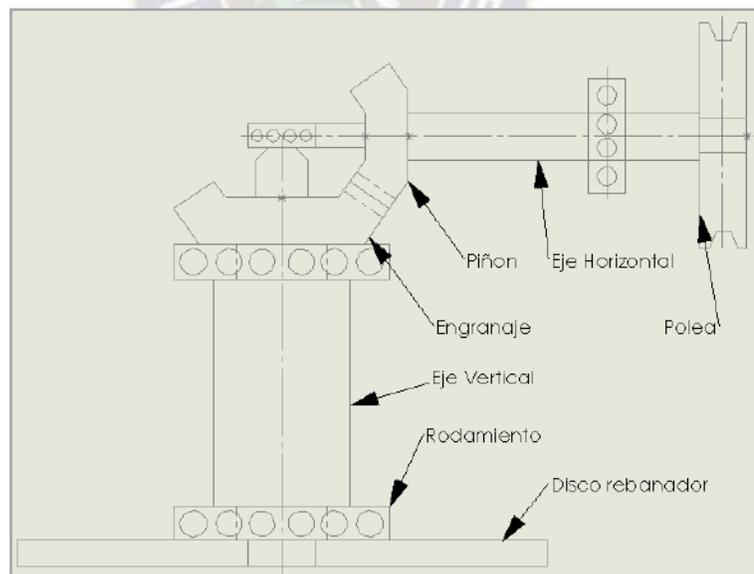
3.3.2. Rodamientos.

La selección de rodamientos se basa en los diámetros de los ejes ya calculados en la (tabla N°4) que nos indica los diámetros que corresponden a los alojamientos de los rodamientos.

La selección de los rodamientos usados en el prototipo será en base a las medidas de eje ya calculadas. Que tendrán un diámetro interior de 22 [mm].

Se utilizara rodamientos rígidos de bolas en ambos ejes, esta selección se basara en los parámetros de tamaño y resistencia a las reacciones ya calculadas anteriormente, la ubicación de estos elementos se muestra en la figura 35. En el anexo 9 se muestra la tabla con los datos del fabricante donde se observa los parámetros calculados en el punto: 3.2.4, están en la capacidad de dichos rodamientos.

FIGURA: 34. Ubicación de rodamientos en el sistema rebanador. (Fuente: El Autor)



3.3.3. Motor de la rebanadora.

La elección del motor de la máquina rebanadora se basa a los requerimientos del sistema que se calculó previamente, donde se evidencio que el sistema requiere una potencia de; $P = 194.732[Watt]$ que es necesarios para obtener un corte deseado.

En el mercado la compra de un motor se realiza utilizando [*HP*]o[*CV*], para lo cual se hizo el factor de conversión dando un resultado de; $P = 0.261[HP]$.

Para la elección del tamaño de motor se toma como referencia (¼ HP). En el mercado existen gran variedad de motores de marcas y procedencias, con potencias grandes y pequeñas, la capacidad se calculó bajo parámetros que se asumirán por los datos obtenidos.

Sé implementara un motor de (1/2 HP) que es el más próximo al tamaño calculado. Este tamaño asumido es por diseño y forma del mismo motor. (Véase tabla 12)

Tabla 12. Características del motor a implementar. (Fuente: El Autor)

voltaje de trabajo	220 [V]
Frecuencia de trabajo	50[Hz]
Velocidad de salida	1380 [RPM]
Potencia	0.5[HP]
Peso	11 [Kg]

3.3.4. Tipo de cinta transportadora.

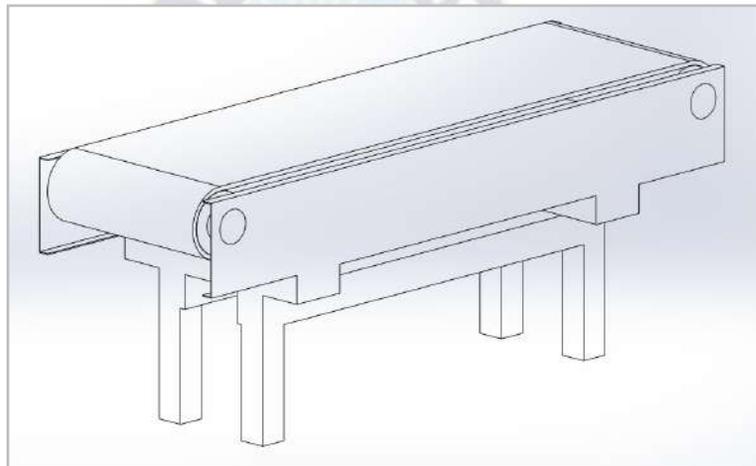
La cinta transportadora que se implementara en el proyecto, es un mecanismo para el transporte de los plátanos (Véase figura 35), el objetivo de esta cinta es que el plátano que ha de ser rebanado sea manipulado lo menos posible por el personal, y los plátanos sean llevados directamente a la cámara de alimentación donde serán rebanados.

Los cálculos para esta cinta no serán realizados en este proyecto, se tomara como referencia el tiempo de rebanado, para la velocidad requerida.

La cinta que transportara será un accesorio, que servirá de para realizar tres funciones:

- Transportara los plátanos del área de pelado a la dosificación.
- Permitirá dar el tiempo necesario para el rebanado.
- En el recorrido de toda la cinta tendrá elemento de control al inicio y al final con finales de carrera que accionaran los comandos lógicos para un ciclo de funcionamiento.

FIGURA: 35. Cinta transportadora por bandas. (Fuente: El Autor)



La funcionalidad de esta cinta está orientada a que ayude a los plátanos a que después del pelado estos no sean manipulados con la mano, y sean comprimidos por las manos de la personas que elaboran el producto, al ser un fruto tiende a brotar una delgada película de sábila, lo cual no permite una manipulación del producto con las manos, sino que se necesita ejercer una fuerza de sujeción para ser transportados de un lugar a otro, originando el deterioro del mismo fruto más rápidamente.

Estará formado por dos cilindros que mueven una cinta transportadora continua (Véase en anexos planos RB1.9), esta es movida por un motor, haciendo girar la cinta transportadora y así lograr transportar los plátanos y depositado en la cámara de alimentación. Con la utilización de los programas lógicos programables se automatizara el proceso, reduciendo a la mano de obra.

Al ser un elemento que ira acoplada a la base del rebanador esta deberá tener una dimensión que se ajuste a toda la estructura, se decidió que la cinta estará encima del rebanador, para que así con ayuda de la gravedad los plátanos caigan al dosificador y posterior al rebanador.

Esta cinta deberá tener una baja velocidad que permita tener un tiempo entre 10 a 15 segundos en un recorrido de 80 [cm].

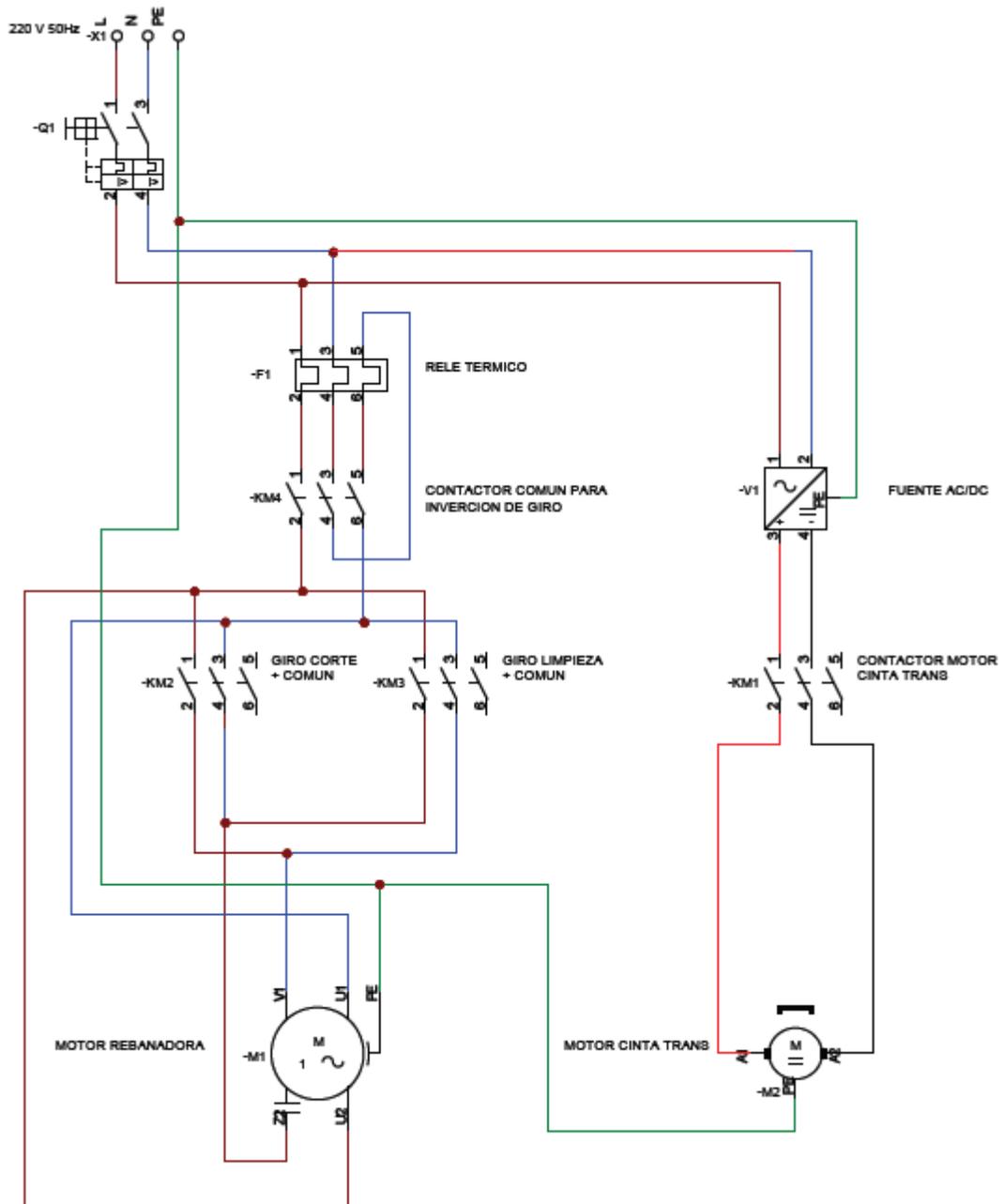
3.4. Sistema de control de motores.

El sistema de control y protección del motor estará compuesto por componentes eléctricos mencionados en el punto (2.9). Conformado el circuito de fuerza (Véase figura 36).

El circuito de control estará conformado por un disyuntor que controlara la entrada de alimentación de corriente alterna al circuito de fuerza, contara con cuatro contactores para maniobras estas serán; la primera entrada al contactor KM1 que será el contactor común para la inversión de giro, pasara al contactor KM2 de giro del motor en sentido horario, controlado por el circuito de mando del PLC, el contactor KM3 será activado por los finales de carrera para la inversión de giro, el cual será controlado por PLC. La activación del KM4 será el paso de salida de corriente continua para la alimentación del motor de la cinta transportadora.

Todos los elementos eléctricos del circuito de fuerza estarán en el gabinete eléctrico, tendrá un tablero de mando para las operaciones que realice la máquina.

FIGURA: 36 . Circuito eléctrico de fuerza realizado con (CADe-SIMU). (Fuente: EL Autor).



3.5. Sistema de control automático.

El control automático comprende la alimentación de los plátanos por medio de una cinta transportadora a la cámara de alimentación, y de accionamiento del motor del rebanador, obteniendo así plátanos rebanados listos para ser freídos, estos procesos serán controlados mediante el circuito de control de la máquina y es el siguiente.

FIGURA: 37. Conexiones del logo PLC con los componentes eléctricos. (Fuente: el autor).

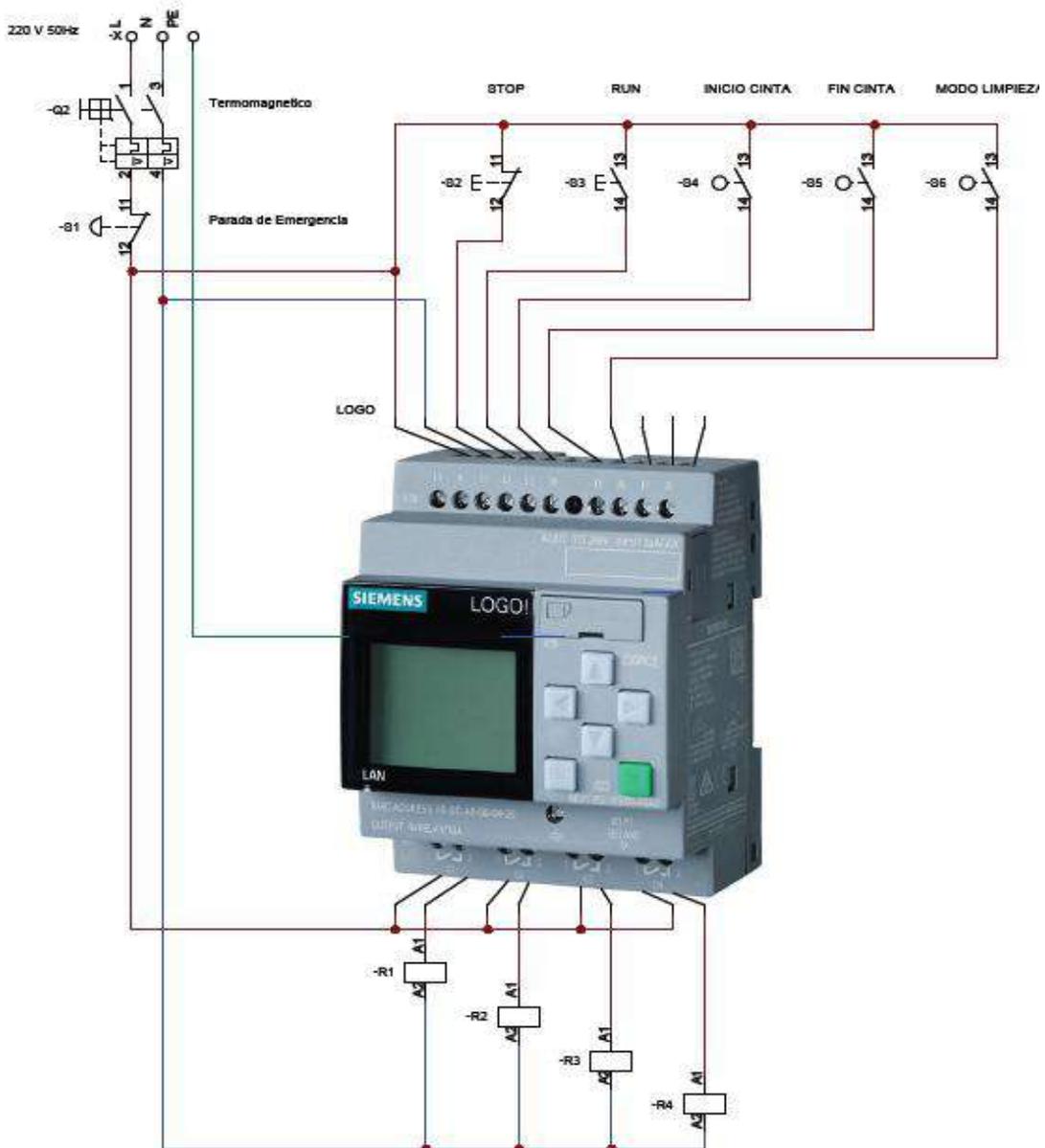
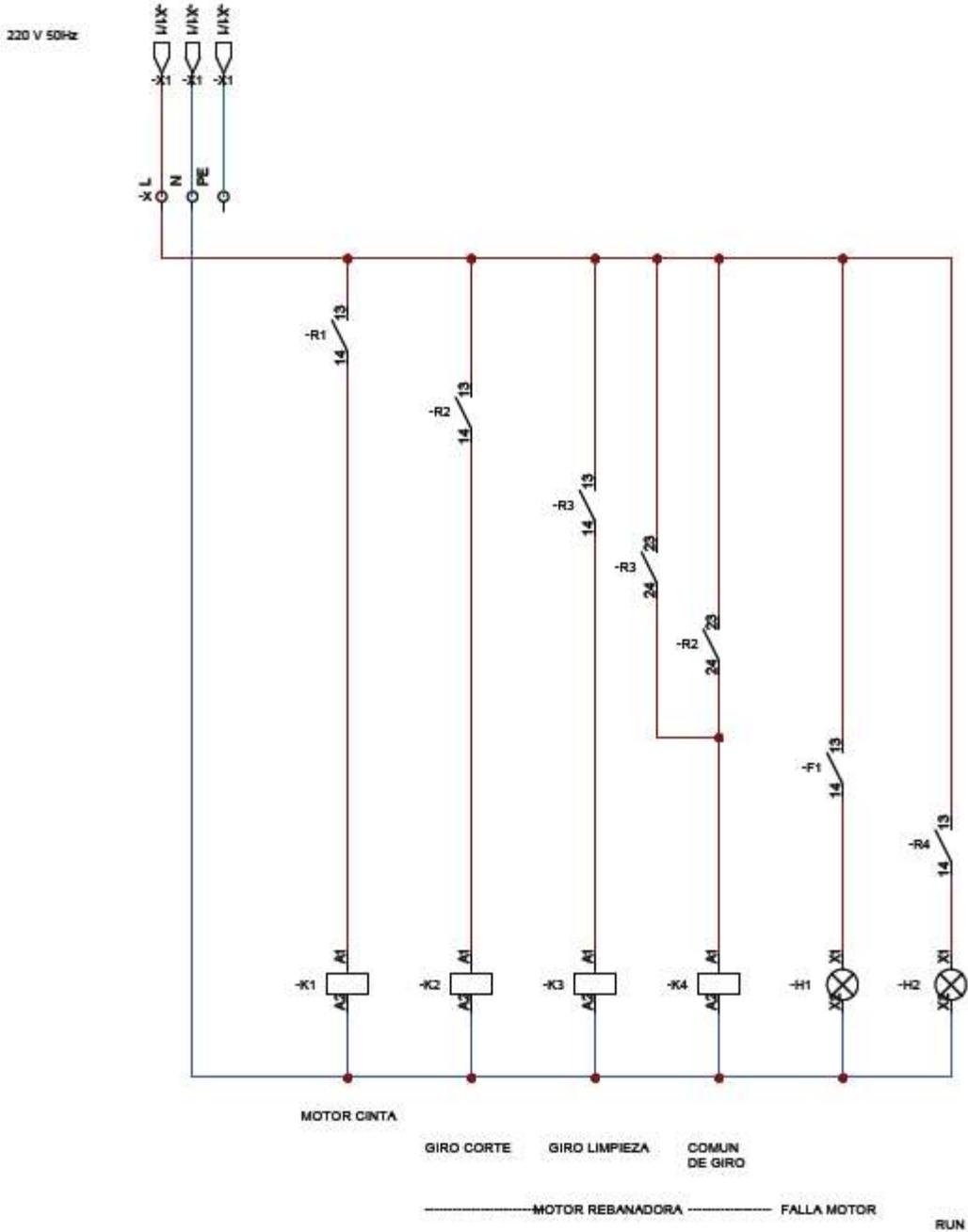
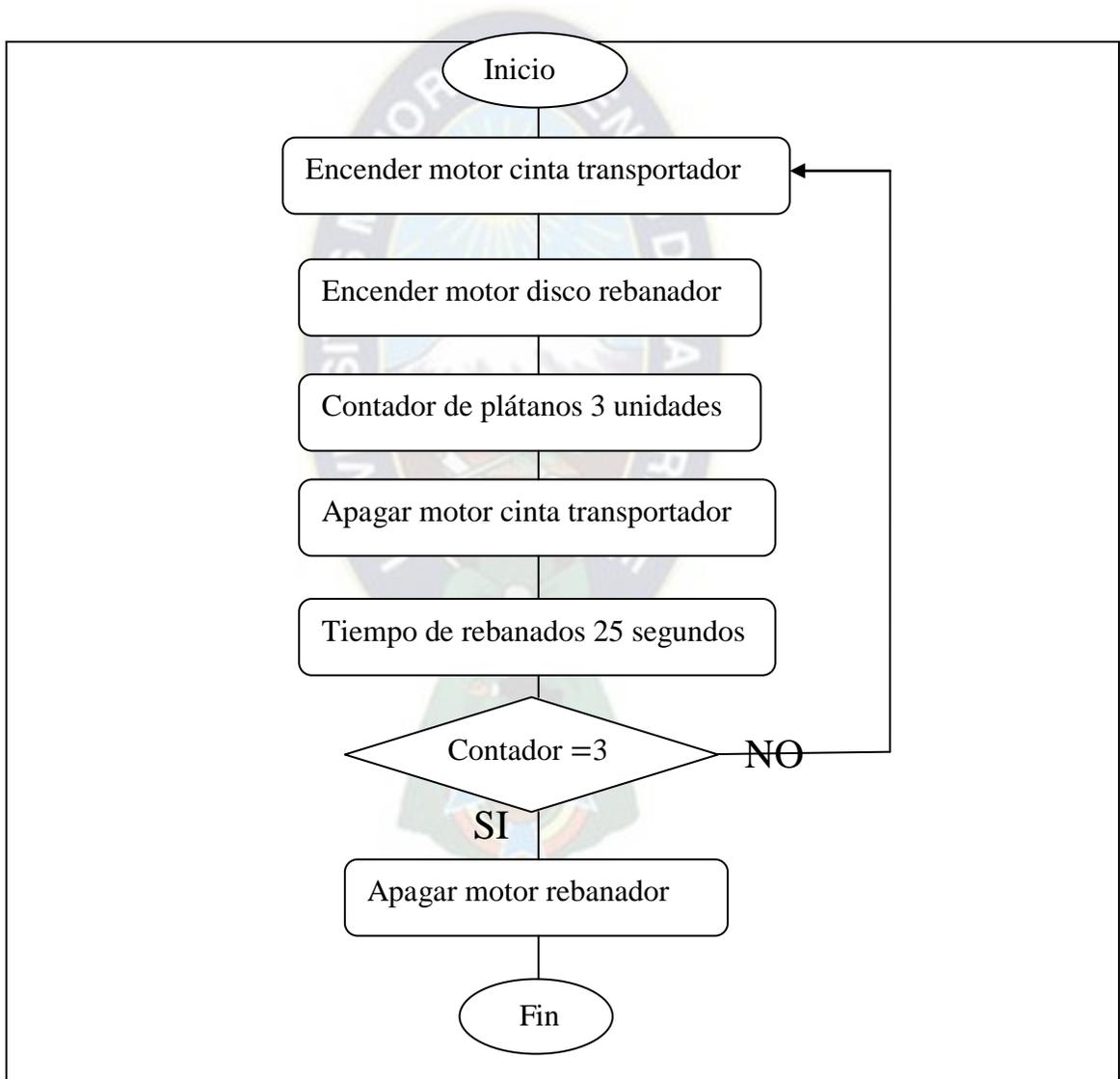


FIGURA: 38. Circuito de automatización del logo PLC. (Fuente: el Autor)



3.4.1. Ciclos de funcionamiento y Programación de PLC Logo.

Para iniciar la programación lógica del PLC se deberá tener un diagrama del ciclo de funcionamiento del equipo, para lograr el buen funcionamiento se realiza el siguiente esquema:



Este diagrama es la base para poder iniciar el proceso de programación con el lenguaje de bloques, que se muestran los diferentes tipos de bloques utilizados para programar Logo PLC. (Véase anexo 8)

Se realizara la pruebas de funcionamiento con el software (LOGO Soft Comfort V8) con este programa se verificara las secuencias de pasos existentes en el funcionamiento de la máquina con todos sus componentes, las graficas están en un esquema de escalera la cual utiliza los comandos ya antes mencionados (Ver anexos 11).



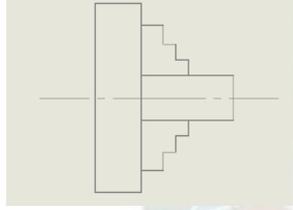
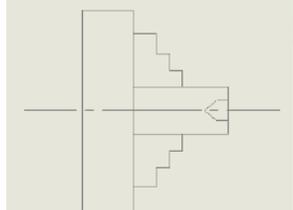
CAPÍTULO 4

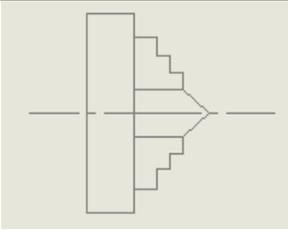
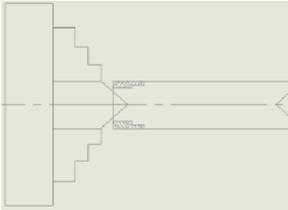
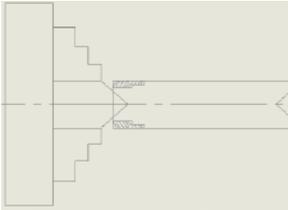
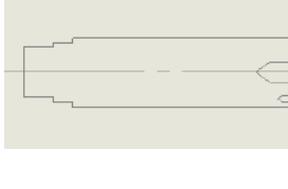
CONSTRUCCIÓN.

4.1. Construcción del sistema de rebanado.

El sistema de rebanado comprende los ejes, base de sujeción, disco rebanador, cobertor, tapa del rebanador. La construcción se iniciara con el modelado de las piezas en planos que sean leídos para su construcción, para realizar los planos se utilizó el programa de SolidWorks 2012. Para el maquinado de los ejes del rebanador se utilizó hoja de proceso para cada pieza maquinada:

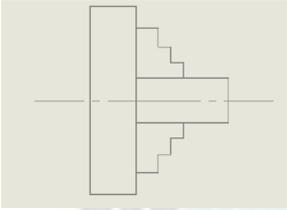
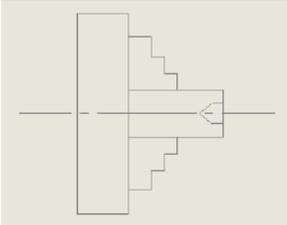
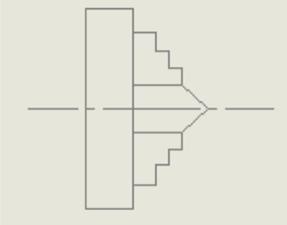
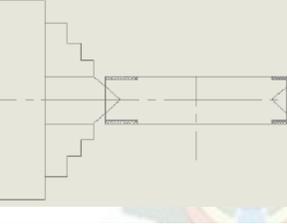
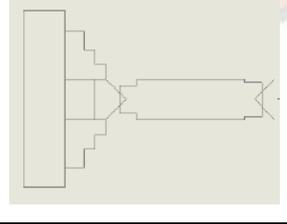
MAQUINADO DE EJE VERTICAL (plano RB1.1).Hoja 1

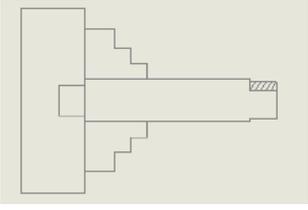
OPERACIÓN	CROQUIS	V_{corte}	RPM	HERRAMIENTA
Refrentado de ambas caras del eje.		30	400	Cuchilla HSS acero rápido
Perforado en ambas caras del eje.		20	300	Broca de centro

Torneado cónico para útil del plato.		30	350	Cuchilla HSS acero rápido
Cilindrado entre puntos (desbaste)		30	350	Cuchilla HSS acero rápido
Cilindrado entre puntos (afinado)		40	450	Cuchilla HSS acero rápido
Perforado en ambos extremos		20	300	1-Broca de 5 mm. 2-¼ Plg
Roscado manual extremo superficie		-	-	Macho de roscar M 1.75
Roscado manual extremo inferior.		-	-	Macho de roscar ¼-20-UNC

Terminada la operación se procede con el segundo eje utilizando para ello el material asignado anteriormente en los cálculos y siguiendo las dimensiones del plano Véase en anexos sección planos.

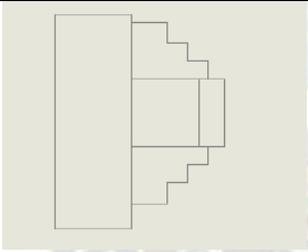
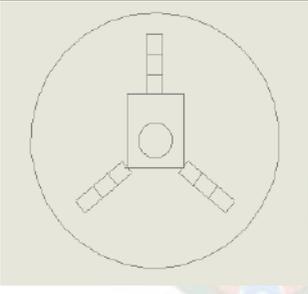
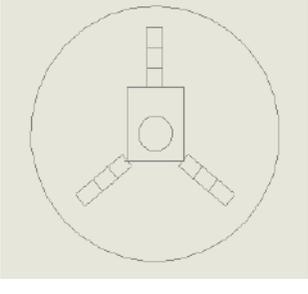
MAQUINADO DE EJE HORIZONTAL (plano RB1.2).Hoja 2

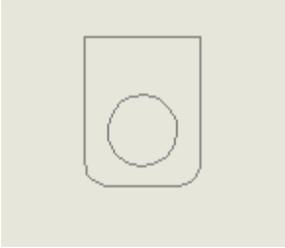
OPERACIÓN	CROQUIS	V_{corte}	RPM	HERRAMIENTA
Refrentado de ambas caras del eje.		30	400	Cuchilla HSS acero rápido
Perforado en ambas caras del eje.		20	300	Broca de centro
Torneado cónico para útil del plato		30	350	Cuchilla HSS acero rápido
Cilindrado entre puntos (desbaste)		30	350	Cuchilla HSS acero rápido
Cilindrado entre puntos (afinado)		40	450	Cuchilla HSS acero rápido

Ranurado de chavetera		5	250	Fresolin Ø 4mm
-----------------------	---	---	-----	----------------

Se procede con la construcción de los alojamientos de los rodamientos que contendrán a los ejes serán dos piezas.

MAQUINADO ALOJAMIENTO DE RODAMIENTOS (plano RB1.5). Hoja 3

OPERACIÓN	CROQUIS	V_{corte}	RPM	HERRAMIENTA
Centrado y alineado mordazas independientes		-	-	Gramil
Perforado		20	300	1-Brocas de 5 mm. 10mm, 1/2 Plg
Cilindrado interior desbaste		30	300	Porta cuchillas HSS 1/4 x 1/4 acero rápido

Cilindrado interior afinado		40	450	Porta cuchillas HSS $\frac{1}{4}$ x $\frac{1}{4}$ acero rápido
-----------------------------	---	----	-----	--

BASE DE SUJECION DE REBANADORA. (PLANO RB1.5).

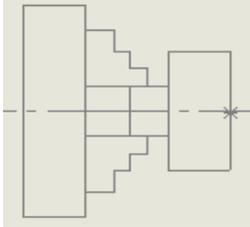
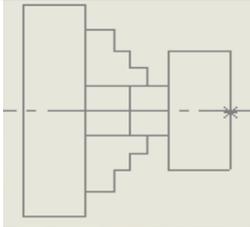
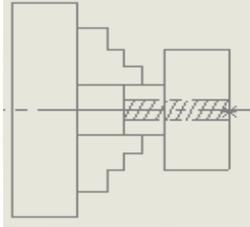
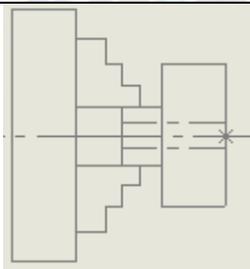
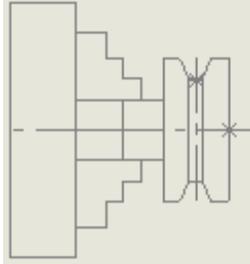
Maquinada la pieza de la hoja 3 de procesos, se procede al cortado de platinos de 3 mm espesor por 2 (Plg) de ancho, una longitud de 13 cm, que serán soldados a los extremos de las dos piezas.

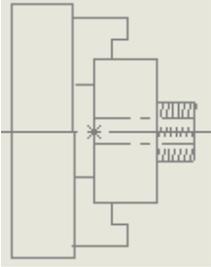
Previamente se procede al colocado de los rodamientos en sus respectivos alojamientos. Una vez soldados se procede a colocar el eje vertical a los dos rodamientos, completada esta acción, se procede a soldar otro platino con las mismas características ya mencionadas, esta será previamente perforada con 4 orificios de $5/8\phi$, con una longitud de 17 cm. (Véase anexo 10)

Armado los puntos de apoyo del eje, se procede al armado de un cuadrado en barra de angular $1 \frac{1}{4}$ las medidas se especifican en el (plano RB1.5) en donde serán sujetadas todas las piezas del rebanador.

MAQUINADO POLEAS (plano RB1.3-plano RB1.4). Hoja 4

En esta parte se procede a la construcción de 2 poleas una conductora y otra conducida de diferente diámetro, el procedimiento es de la misma secuencia de pasos, el material a maquinar será aluminio. (Véase anexo 12)

OPERACIÓN	CROQUIS	V_{corte}	RPM	HERRAMIENTA
Refrentado.		35	450	Cuchilla HSS acero rápido
Cilindrado exterior		35	450	Cuchilla HSS acero rápido
Perforado.		20	200	1-Brocas de 6 mm. 10mm, 1/2 Plg
Cilindrado interior		30	300	Porta cuchillas HSS 1/4 x 1/4 acero rápido
Cilindrado exterior tallado de ranura de polea		35	450	Cuchilla HSS acero rápido, afilado 55° y 40°

Cortado y Refrentado		-	-	Cierra mecánica. Cuchilla HSS acero rápido
Ranurado de chavetera		-	-	Porta cuchillas HSS 5 x 5mm acero rápido

DISCO REBANADOR (plano RB1.6).

Como modelo y molde se utiliza una plantilla de madera cilíndrica de 10 mm de espesor, con las especificaciones del plano se realiza un trazado de la ubicación del centro del disco, ubicada este orificio, se procede al trazado de la ubicación de las cuchillas a 180° cada una y los pernos de sujeción de la hoja de acero inoxidable, como el modelo se realiza en madera se procede al tallado de las especificaciones del plano. (Véase anexo 14)

COBERTOR DEL REBANADOR (plano RB1.7).

Para la fabricación de esta pieza se debe cilindrar la plancha, para este fin se prepara previamente un dispositivo mecánico que se utilizara en el cilindrado de las planchas. Se trazara en la plancha las medidas expuestas en el (plano RB1.7). Una vez realizado el cilindrado se procede al soldado de la plancha, afinado y esmerilado la plancha se realiza una última pasada en la cilindradora y se saca del dispositivo de cilindrar. (Véase anexo 15).

TAPA DEL REBANADOR (plano RB1.8).

La tapa del rebanador se realiza en plancha, se traza mediante las medidas del plano (plano RB1.8), y posteriormente se corta.

Se cilindra la plancha en la cilindradora, se suelda se afina con piedra esmeril, una vez realizado la plancha cilindrada se procede al soldado del disco superior, este disco fue previamente trazado y perforado formando la tapa del rebanador (ver anexo 15).

Centrado y alineado la tapa del rebanador se procede a soldar los cilindros de acceso de los plátanos formado por tubos de 2 Plg de \emptyset

BASE DE MÁQUINA REBANADORA (plano RB1.10).

Todas las partes mecánicas y de cobertura del rebanador irán sujetas en esta pieza incluida el motor eléctrico que accionamiento de todo el sistema.

Esta base estará formado por una estructura de angular 1 ¼ serán soldadas escuadradas alineadas, las medidas especificadas están en el (plano RB1.10).

GABINETE ELÉCTRICO DE LA MÁQUINA.

La caja de componentes eléctricos de la máquina, formado por una caja rectangular de chapa plegada con orificios, y una puerta de ingreso a todos los componentes sujetos a la misma, servirá de protección (ver anexo 16).

COBERTOR DE MOTOR Y PANEL DE CONTROL.

Está formado por planchas plegadas con orificios para los componentes de los pulsadores y pilotos de señalización. (Ver anexo 17)

4.2. Cinta transportadora de plátanos.

La cinta transportadora será diseñada con el fin de que se acomode al tamaño de la base de la máquina rebanadora y de la tapa del cobertor del rebanador. La cinta transportadora esta armada por dos planchas plegadas a medidas especificadas en el (plano RB1.9). Estas planchas están separadas por dos separadores cilíndricos los cuales están sujetos por pernos, a los extremos estarán los ejes cilíndricos que están acoplados a

rodamientos los cuales darán movimiento a una banda plástica de polietileno, su accionamiento de los cilindros se realiza mediante un motor reductor a 15 rpm.

4.3. Armado final de la máquina.

La máquina está compuesta por cuatro partes (véase anexo 17):

1. La base de sustento de la máquina en la cual están sujetas todas las partes mecánicas eléctricas de la máquina.
2. El rebanador que está montada en la base de soporte de la máquina, en ella está el disco rebanador la cámara de alimentación, y se encuentra ensamblado el motor eléctrico del disco rebanador.
3. La cinta transportadora estará encima de la cobertura del motor del disco rebanador se encuentra montada la con su mecanismo eléctrico de reducción.
4. El gabinete eléctrico y de mando que se encuentra sujeto a la base de la máquina, la cual está compuesta de una caja de plancha plegada, con sus diversas sujeciones para sus componentes.

El cableado de todos los componentes eléctricos realizara en la placa del gabinete eléctrico, este cableado se realiza utilizando los planos eléctricos del sistema de control y de fuerza. Todo el armado se puede apreciar en el anexo 17.

4.4. Pruebas de funcionamiento

Posterior al ensamblado de la máquina, se realizó la prueba de funcionamiento de la misma, efectuando las siguientes correcciones:

- 1) Se evidencio la buena transmisión de potencia a las poleas mediante la correa, y esta a su vez transmitió el movimiento a los engranajes fabricados, para dar al disco rebanador la fuerza necesaria para obtener un buen corte.

- 2) Se hizo correcciones en la ubicación de la cuchilla en el disco rebanador, el motivo fue que la abertura de separación era muy pequeña entre disco y hoja de cuchilla, por otra parte el ángulo de inclinación de la cuchilla dando las medidas requeridas de cada rodaja de 1.8 [mm] hasta 2[mm] dentro del parámetro requerido.
- 3) Se observó que los plátanos que son muy maduros no son aptos para el rebanado en esta máquina.
- 4) Se evidencio que en plátanos de diámetros de 25, 30, 35 mm entran sin problemas de obstrucción a la cámara de alimentación. Pero se evidencio que plátanos mayores a esos diámetros no acceden directamente a la cámara de alimentación.
- 5) Los plátanos que son rebanados hasta la mitad de su longitud, requiere de un contrapeso para obtener buenas rodajas.
- 6) La sábila que sale de los plátanos se constituye en un problema para el rebanado ya que cubre la hoja de cuchilla y obstruye con cada corte que se realiza, necesita una limpieza constante de la hoja de cuchilla para obtener un corte fino
- 7) Las rodajas de plátano rebanadas no tienen dirección de salía, esto ocasiona que se alojen en cualquier lugar, generalmente formando un círculo por el cobertor del rebanador, con prueba y error se determinó la ubicación aproximada de ingreso de plátanos en la cámara de alimentación del rebanador, con esta modificación se aproximara una dirección de salida de las rebanadas de plátano.
- 8) La capacidad de la máquina dependerá de la cantidad que pueda retener la olla en la cual han de ser fritadas las rodajas de plátanos.

4.5. Mantenimiento preventivo.

La manipulación de esta máquina estará sujeta a las siguientes condiciones de manejo, para un buen funcionamiento y para que no existan problemas de funcionamiento, se realiza un mantenimiento preventivo:

Tabla 13. Actividades del mantenimiento preventivo. (Fuente: EL Autor)

Parte de la máquina	Actividad	Periodicidad
1. Logo PLC	No debe existir ninguna manipulación a los botones de mando y configuración de los bloques lógicos de la unidad de control automático (logo PLC)	Solo cuando se cambie la capacidad de trabajo.
2. Engranajes	El engrase de los engranajes se debe hacer periódicamente, en una proporción mínima, para no contaminar el producto a ser procesado.	Cada mes.
3. Exterior cobertura de la máquina.	La limpieza debe hacerse con un paño húmedo y detergente nunca aplicar líquidos como agua en grandes cantidades, para no afectar la parte eléctrica y mecánica.	Diario.
4. Cuchillas	Afilado de cuchillas del disco rebanador.	cada 20 hrs
5. Ducto de alimentación.	Si existiera atascamiento de producto en el rebanador se debe hacer la parada de emergencia total de la máquina para poder ubicar y retirar la obstrucción existente.	Cuando se requiera.
6. Disco rebanador.	Es importante la limpieza en la zona de salida de las rodajas de plátano, es decir debajo del disco rebanador para evitar obstrucciones al momento de trabajo de la máquina	Después de cada uso de la máquina
7. Limpiador de disco	Se debe hacer el cambio de la base del limpiador de disco, para su lavado.	cada 2.5 hrs de funcionamiento

CAPÍTULO 5

COSTOS DEL PROYECTO.

5.1. Costos de producción de la máquina prototipo.

Los costos de producción se basaran en costos de material y mano de obra utilizada para la construcción de las diferentes partes de la máquina:

Tabla 14. Costos materia prima y elementos seleccionados para la construcción. (Fuente: El Autor).

Nro.	Descripción	Cant.	Unidad	Precio unit. Bs.	Precio total Bs.
1	Barra de acero AISI 1040, 1 plg.Ø	1	1 m	220	220
2	Plancha de acero ¼ espesor,10x10 cm.	1	cm ²	30	30
3	Platino de 2 Plg de ancho por 3mm espesor.	2	m	20	20
4	Rodamientos 60/22LLUC3	2	piezas	85	170
5	Barra perfil de angular 1 ¼ x 1/8 plg.	1	6 m	65	65
6	Chumacera 17mm.ØInt.	1	par	85	85
7	Engranaje M1.75 (N=29)	1	Pieza	450	450
8	Piñón M1.75 (N=16)	1	Pieza	450	450
9	Barra perfil de angular 1 ½ x 1/8 plg.	1	6 m	85	85
10	Plancha de acero 1 mm, de 2X1m.	1	m ²	120	120
11	Tubo de, espesor 1.5mm, ½ plg.Ø	1	M	15	15
12	Tubo de, espesor 1.5mm, 2 plg.Ø	1	M	25	25
				TOTAL	1735

Tabla 15. Costos por concepto de elementos eléctricos. (Fuente: El Autor).

Nro.	Descripción	Cant.	Precio unit. Bs.	Precio total Bs.
1	Motor eléctrico:220V, 0.5HP	1	650	650
2	Motor eléctrico 12V 15 rpm	1	120	120
3	Relés de 8 pines 220V-con base c/u	4	64	256
4	Contactador de 220V	4	85	340
5	Pulsadores NC-NA, para emergencia	3	45	135
6	Pilotos de señalización.	3	25	75
7	Térmicos	2	80	160
8	Logo PLC.	1	1300	1300
9	Cable N°12-16	40m	60	60
			TOTAL	3096

Tabla 16. Costos de mano de obra en el maquinado, ensamblado y puesta en marcha de la máquina prototipo. (Fuente: El Autor).

Nro.	Descripción	tiempo	Precio unit. Bs.	Precio total Bs.
1	Diseñado de máquina en SolidWord	48hrs	1500	1500
2	Maquinado en torno ejes	4 hrs	20	80
3	Maquinado en torno poleas	4 hrs	20	80
4	Soldado de estructura	4 hrs	35	140
5	Armado y prueba de máquina	144 hrs	1500	1500
			TOTAL	3300

Tabla 17. Resumen de costos parciales. (Fuente: El Autor).

Nro.	Descripción	Precio parcial total Bs.
1	Costos por materia prima y elementos seleccionados para la construcción	1735
2	Costos por concepto de elementos eléctricos	3096
3	Costos de mano de obra en el maquinado, armado y puesta en marcha de la máquina prototipo.	3300
COSTO TOTAL de diseño y construcción de un prototipo de máquina rebanadora automatizada para plátanos.		8131 Bs.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1. Conclusiones.

Al concluir el proyecto se evidencio que se cumplieron los objetivos planteados al inicio del proyecto, la obtención de rodajas de plátano de un espesor de 1.2 mm en toda su superficie, obteniéndose un producto homogéneo en todas las rodajas.

- 1) Los cálculos y pruebas experimentales expuestos al principio del proceso de diseño dieron; la Fuerza de Corte, el Torque requerido, la Potencia suministrada, la Velocidad en revoluciones por minuto del disco rebanador, necesarios para obtener el resultado esperado en el proceso de rebanado de las rodajas de plátanos, al igual que el ángulo de cuchilla planteado dieron los resultados esperados en todo el proceso.
- 2) La capacidad de producción en cada cabeza de plátano producido, aumento notablemente ya que todas las rodajas son uniformes y de un solo espesor, aumentando la cantidad de rodajas fritadas. En el proceso de rebanado manual se lograba un promedio de 90 a 110 rodajas por cada plátano, con la mecanización del proceso se logra obtener 160 a 180 rodajas, con un espesor estándar de 1.2 [mm] en todas las rodajas. Este factor es importante porque al momento de la venta del producto se observara más cantidad pero el mismo peso
- 3) El tiempo de rebanado por cabeza de plátano producido se redujo de 2 hrs. A 90min, el tiempo se redujo a la mitad del tiempo del rebanado manual, con esto

se cumple un requisito que tenía el proyecto que era la reducción del tiempo de rebanado.

- 4) La cantidad de personas también se redujo de 4 a 2, en el procesado del rebanado manual existía tres personas las cuales se encargaban de rebanar cada plátano, teniendo a una persona encargada de la fritura de las mismas. Todo el proceso se mecanizo dando como resultado que una persona está encargada de poder controlar el proceso de rebanado y la otra se encarga del fritado de los mismo.
- 5) En la fase de prueba se evidenciaron obstáculos que no dejaron fluir el proceso en su integridad, se realizar algunas modificaciones en el diseño del alimentador y de las cuchillas:
 - Con las modificaciones realizadas al alimentador obtuvo más continuidad en el proceso del rebanado, ampliando a los plátanos con diámetros mayores a 35mm hasta los más grandes existentes como ser de 55mm y 60mm en casos especiales. Esto se realizó con la inserción de un cono en forma de embudo para el desplazamiento de los plátanos al interior del dosificador.
 - Las cuchillas al inicio tenían una inclinación para poder obtener el espesor deseado. Se observó que la abertura entre disco y la cuchilla ha de ser de al menos 1.5 [mm] de separación, esto con el fin de que no exista atascamiento en las rodajas de plátano.
- 6) El programa de automatización ayuda a que los plátanos sean introducidos a la cámara de alimentación y la manipulación manual sea menor para que no se degraden ya que al ser expuestos al aire del medio ambiente la producción de sábila en el interior de los plátanos se incrementa.
- 7) El costo total de la máquina está por debajo de lo estimado en la justificación económica, dando un margen de ganancia al constructor de la misma.

6.2. Recomendaciones.

El funcionamiento de la máquina y el tiempo de vida útil depende del buen uso de la misma, la mala manipulación de los componentes ocasionara un daño en cadena a todo el sistema, se recomienda lo siguiente:

1. El mantenimiento continuo de todas las partes mecánicas como ser lubricación de engranajes, lubricación de rodamientos, tezado de correa. Deben realizarse periódicamente para no tener problemas con el funcionamiento de la máquina.
2. La dosificación de plátanos debe realizarse con la variedad de plátano turco por tener una forma más recta y no torcida como la de variedad Plátano Dominicó Francés, esto se recomienda con el fin de no tener obstrucciones al momento de la dosificación para el rebanado.
3. Si se desea ampliar los ciclos de trabajo de la máquina para ampliar la cantidad de plátanos que son rebanados solo se debe cumplir las siguiente condiciones; configurar los ciclos de trabajo del logo PLC, pero al realizar esta acción se debe contar con un recipiente de mayor volumen para el fritado del mismo, ya que si se altera la cantidad de plátanos ocurriría que al momento de freír en aceite, este se desbordara por encima de la olla ocasionando accidentes al operario.
4. Si existiera un atascamiento en el momento del rebanado, el operario deberá hacer un paro total de la máquina, verificar la causa del atascamiento y retirar de la cámara de alimentación todo elemento extraño. Nunca deberá manipular o introducir la mano a la cámara de alimentación cuando la máquina esté en funcionamiento.

5. Se considera que cada 20 hrs de funcionamiento se deberá realizar un mantenimiento preventivo, hacer un paro total de la máquina y proceder a la limpieza de la misma en todas su superficie exterior, ya que estará expuesta al calor y al vapor de aceite el cual es muy pegajoso y penetrante, los cuales ocasionarían daños a los componentes internos y externos de la máquina



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACTIVIDAD RURAL COMPETITIVA – ARCo and Proyectos Especiales – PROYES
Mayo 2007. Introducción metodología de escuelas del campo para agricultores de
banano. BOLIVIA. Pp. 10- 50.

Álvarez c. Alfredo – Huayta c. Eduardo. Edición 2009. Libro Física mecánica.

BARRIENTOS. R. Septiembre 2011. Plátano – Manual para escuelas del campo.
Bolivia. Weinberg. S.r.l. Pp. 7-59.

J. Keith Nisbett. Richard G. Budynas. Octava edición. 2008. Diseño en Ingeniería
mecánica de Shigley.

Máquinas y mecanismos. Mecanismos para transmisión de movimiento. CEJAROSU
departamento de tecnología.

Manual logo PLC. Sexta edición 2003.

Manual catálogo de rodamientos NTN. Edición 2016.

Robert L. Mott. Quinta edición 2009. Resistencia de materiales.

Robert L. Mott. Cuarta edición. 2006 Diseño de elementos de máquinas.

Pavel Ruiz Izundegui. Elaboración de tesis con Microsoft Word 2010.

<http://www.lecuine.com/blog/cuchillos-occidentales-y-japoneses>

<https://www.expondo.es/royal-catering-cortadora-de-hortalizas-electrica-con-5-discos-1139>

<https://es.sammic.com/blog/2011/Sep/27/nueva-cortadora-ca-301>

<http://www.solostocks.com/venta-productos/maquinaria-procesar-alimentos-bebidas/maquinas-frutas-verduras>.

<https://spanish.alibaba.com/product-detail/fully-automatic-spherical-industrial-vegetable-slicer-60349030122>.

<http://www.lecuine.com/blog/cuchillos-occidentales-y-japoneses/>

<http://www.foro.salvatuvida.com/>.

ANEXOS



ANEXO 1

Tabla de propiedades de diferentes áreas geométricas. (Extraído de resistencias materiales. Robert Mott).

A-1 Propiedades de áreas.

*Los símbolos utilizados son:

A = área

I = momento de inercia

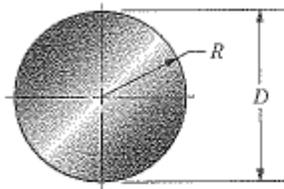
S = módulo de sección

r = radio de giro = $\sqrt{I/A}$

J = momento polar de inercia

Z_p = módulo de sección polar

Círculo



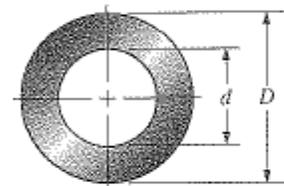
$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \pi R^2 \quad r = \frac{D}{4} = \frac{R}{2}$$

$$I = \frac{\pi D^4}{64} \quad J = \frac{\pi D^4}{32}$$

$$S = \frac{\pi D^3}{32} \quad Z_p = \frac{\pi D^3}{16}$$

$$\text{Circunferencia} = \pi D = 2\pi R$$

Círculo hueco (tubo)

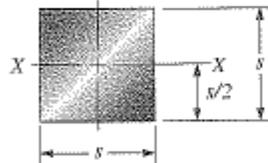


$$A = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \quad r = \frac{\sqrt{D^2 + d^2}}{4}$$

$$I = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64} \quad J = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32}$$

$$S = \frac{\pi(D^3 - d^3)}{32D} \quad Z_p = \frac{\pi(D^3 - d^3)}{16D}$$

Cuadrado

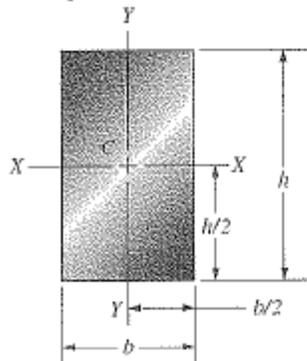


$$A = s^2$$

$$I_x = \frac{s^4}{12} \quad r_x = \frac{s}{\sqrt{12}}$$

$$S_x = \frac{s^3}{6}$$

Rectángulo



$$A = \frac{bh}{2}$$

$$I_x = \frac{bh^3}{36} \quad r_x = \frac{h}{\sqrt{18}}$$

$$S_x = \frac{bh^2}{24}$$

$$A = \frac{\pi D^2}{8}$$

ANEXO 2

Tabla de factores de diseño (Extraído de resistencias materiales. Robert Mott).

A-21 Instrucciones para determinar el esfuerzo de diseño.		
<u>Esfuerzos normales directos</u> —Diseño estructural y de máquinas en general		
Forma de carga	Materiales dúctiles (% de alargamiento > 5%)	Materiales frágiles (% de alargamiento < 5%)
Cargas estáticas	$\sigma_d = s_y/2$	$\sigma_d = s_u/6$
Cargas repetidas	$\sigma_d = s_u/8$	$\sigma_d = s_u/10$
Impacto o choque	$\sigma_d = s_u/12$	$\sigma_d = s_u/15$
<u>Esfuerzos normales directos</u> —Cargas estáticas sobre miembros de estructuras como las de edificios		
Código AISC	$\sigma_d = s_y/1.67 = 0.60 s_y$ o $\sigma_d = s_u/2.00 = 0.50 s_u$ Cualquiera que sea menor	
<u>Esfuerzos normales directos</u> —Cargas estáticas sobre miembros de aluminio de estructuras similares a las de edificios		
Aluminum Association:	$\sigma_d = s_y/1.65 = 0.61 s_y$ o $\sigma_d = s_u/1.95 = 0.51 s_u$ Cualquiera que sea menor	
<u>Esfuerzos cortantes de diseño</u> —Para cortante directo y para esfuerzos cortantes torsionales		
Basados en la teoría de falla por esfuerzo cortante máximo		
$\tau_d = s_{ys}/N = 0.5 s_y/N = s_y/2N$		
Forma de carga	Factor de diseño	Esfuerzo cortante de diseño
Cargas estáticas	Use $N = 2$	$\tau_d = s_y/4$
Cargas repetidas	Use $N = 4$	$\tau_d = s_y/8$
Choque o impacto	Use $N = 6$	$\tau_d = s_y/12$
<u>Estimaciones de la resistencia máxima a cortante</u>		
Fórmula	Material	
$s_{us} = 0.65 s_u$	Aleaciones de aluminio	
$s_{us} = 0.82 s_u$	Acero—al carbón simple y aleado	
$s_{us} = 0.90 s_u$	Hierro maleable y aleaciones de cobre	
$s_{us} = 1.30 s_u$	Hierro colado gris	
<u>Esfuerzo de apoyo permisible</u>		
<u>Acero</u> —Superficies planas o el área proyectada de los pasadores en los agujeros escariados, taladrados o perforados		
		$\sigma_{bd} = 0.90 s_y$
<u>Carga de apoyo permisible, W_p</u> —Rodillos de acero sobre una placa de acero plana		
Unidades estadounidenses	Unidades métricas SI	
$R_a = (s_y - 13) (0.03 dL)$	$R_a = (s_y - 90) (3.0 \times 10^{-5} dL)$	
Donde R_a = Carga de apoyo permisible en kips o KN		
s_y = Resistencia a la cadencia del acero en ksi o MPa		
d = Diámetro de los rodillos en pulgadas o mm		
L = Longitud de los rodillos en pulgadas o mm		

ANEXO 3

Tabla de guía para la especificación de fechas
(Extraído de resistencias materiales. Robert Mott).

A-2 Tamaños básicos preferidos.												
Fracciones (in)				Decimales (in)			Métricos (mm)					
							Primero	Segundo	Primero	Segundo	Primero	Segundo
$\frac{1}{64}$	0.015 625	5	5.000	0.010	2.00	8.50	1		10		100	
$\frac{1}{32}$	0.031 25	$5\frac{1}{2}$	5.250	0.012	2.20	9.00		1.1		11	110	
$\frac{3}{64}$	0.046 875	$5\frac{1}{4}$	5.500	0.016	2.40	9.50	1.2		12		120	
$\frac{3}{32}$	0.093 75	$5\frac{3}{8}$	5.750	0.020	2.60	10.00		1.4		14	140	
$\frac{1}{8}$	0.125 0	6	6.000	0.025	2.80	10.50	1.6		16		160	
$\frac{5}{64}$	0.156 25	$6\frac{1}{2}$	6.500	0.032	3.00	11.00		1.8		18	180	
$\frac{3}{16}$	0.187 5	7	7.000	0.040	3.20	11.50	2		20		200	
$\frac{1}{4}$	0.250 0	$7\frac{1}{2}$	7.500	0.05	3.40	12.00		2.2		22	220	
$\frac{5}{16}$	0.312 5	8	8.000	0.06	3.60	12.50	2.5		25		250	
$\frac{3}{8}$	0.375 0	$8\frac{1}{2}$	8.500	0.08	3.80	13.00		2.8		28	280	
$\frac{7}{16}$	0.437 5	9	9.000	0.10	4.00	13.50	3		30		300	
$\frac{1}{2}$	0.500 0	$9\frac{1}{2}$	9.500	0.12	4.20	14.00		3.5		35	350	
$\frac{9}{16}$	0.562 5	10	10.000	0.16	4.40	14.50	4		40		400	
$\frac{5}{8}$	0.625 0	$10\frac{1}{2}$	10.500	0.20	4.60	15.00		4.5		45	450	
$\frac{11}{16}$	0.687 5	11	11.000	0.24	4.80	15.50	5		50		500	
$\frac{3}{4}$	0.750 0	$11\frac{1}{2}$	11.500	0.30	5.00	16.00		5.5		55	550	
$\frac{7}{8}$	0.875 0	12	12.000	0.40	5.20	16.50	6		60		600	
1	1.000	$12\frac{1}{2}$	12.500	0.50	5.40	17.00		7		70	700	
$1\frac{1}{4}$	1.250	13	13.000	0.60	5.60	17.50	8		80		800	
$1\frac{1}{2}$	1.500	$13\frac{1}{2}$	13.500	0.80	5.80	18.00		9		90	900	
$1\frac{3}{4}$	1.750	14	14.000	1.00	6.00	18.50					1000	
2	2.000	$14\frac{1}{2}$	14.500	1.20	6.50	19.00						
$2\frac{1}{4}$	2.250	15	15.000	1.40	7.00	19.50						
$2\frac{1}{2}$	2.500	$15\frac{1}{2}$	15.500	1.60	7.50	20.00						
$2\frac{3}{4}$	2.750	16	16.000	1.80	8.00							
3	3.000	$16\frac{1}{2}$	16.500									
$3\frac{1}{4}$	3.250	17	17.000									
$3\frac{1}{2}$	3.500	$17\frac{1}{2}$	17.500									
$3\frac{3}{4}$	3.750	18	18.000									
4	4.000	$18\frac{1}{2}$	18.500									
$4\frac{1}{4}$	4.250	19	19.000									
$4\frac{1}{2}$	4.500	$19\frac{1}{2}$	19.500									
$4\frac{3}{4}$	4.750	20	20.000									

ANEXO 4

Tabla de propiedades del acero al carbón y aleaciones.

(Extraído de resistencias materiales. Robert Mott).

A-14 Propiedades típicas de aceros al carbón y de aleación						
Material AISI núm.	Condición [†]	Resistencia máxima, s_u		Resistencia a la cedencia, s_y		Porcentaje de alargamiento
		ksi	MPa	ksi	MPa	
1020	Recocido	57	393	43	296	36
1020	Laminado en caliente	65	448	48	331	36
1020	Estirado en frío	75	517	64	441	20
1040	Recocido	75	517	51	352	30
1040	Laminado en caliente	90	621	60	414	25
1040	Estirado en frío	97	669	82	565	16
1040	WQT 700	127	876	93	641	19
1040	WQT 900	118	814	90	621	22
1040	WQT 1100	107	738	80	552	24
1040	WQT 1300	87	600	63	434	32
1080	Recocido	89	614	54	372	25
1080	OQT 700	189	1303	141	972	12
1080	OQT 900	179	1234	129	889	13
1080	OQT 1100	145	1000	103	710	17
1080	OQT 1300	117	807	70	483	23
1141	Recocido	87	600	51	352	26
1141	Estirado en frío	112	772	95	655	14
1141	OQT 700	193	1331	172	1186	9
1141	OQT 900	146	1007	129	889	15
1141	OQT 1100	116	800	97	669	20
1141	OQT 1300	94	648	68	469	28
4140	Recocido	95	655	60	414	26
4140	OQT 700	231	1593	212	1462	12
4140	OQT 900	187	1289	173	1193	15
4140	OQT 1100	147	1014	131	903	18
4140	OQT 1300	118	814	101	696	23
5160	Recocido	105	724	40	276	17
5160	OQT 700	263	1813	238	1641	9
5160	OQT 900	196	1351	179	1234	12
5160	OQT 1100	149	1027	132	910	17
5160	OQT 1300	115	793	103	710	23

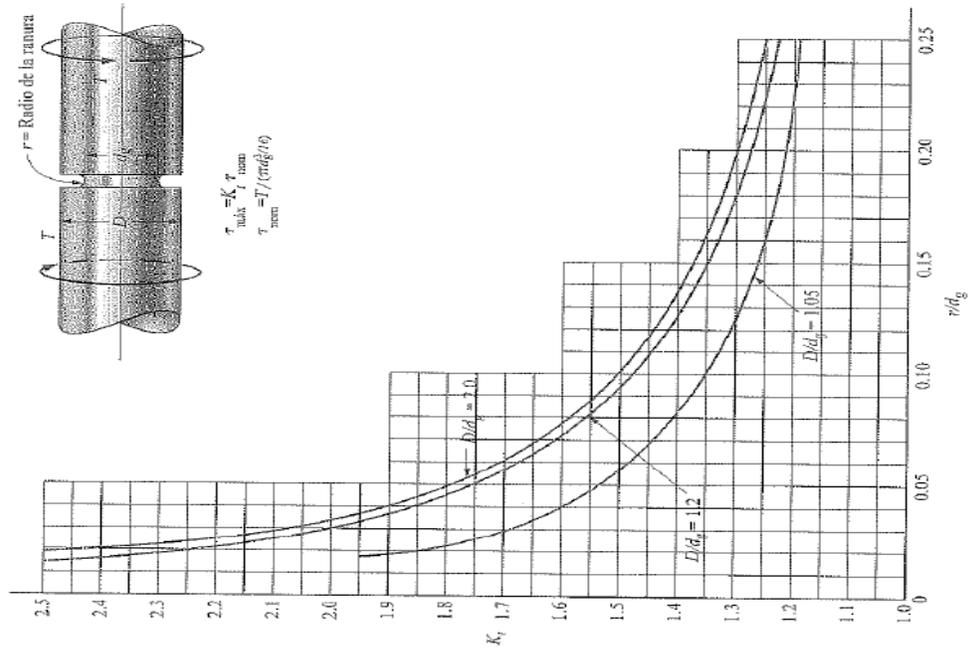
*Otras propiedades aproximadamente iguales para todos los aceros aleados y al carbón.
Módulo de elasticidad a tensión = 30 000 000 lb/in² (207 GPa)
Módulo de elasticidad a cortante = 11 500 000 lb/in² (80 GPa)
Densidad = 0.283 lb_m/in³ (7680 kg/m³)

[†]OQT significa templado y enfriado en aceite. WQT significa templado y enfriado en agua.

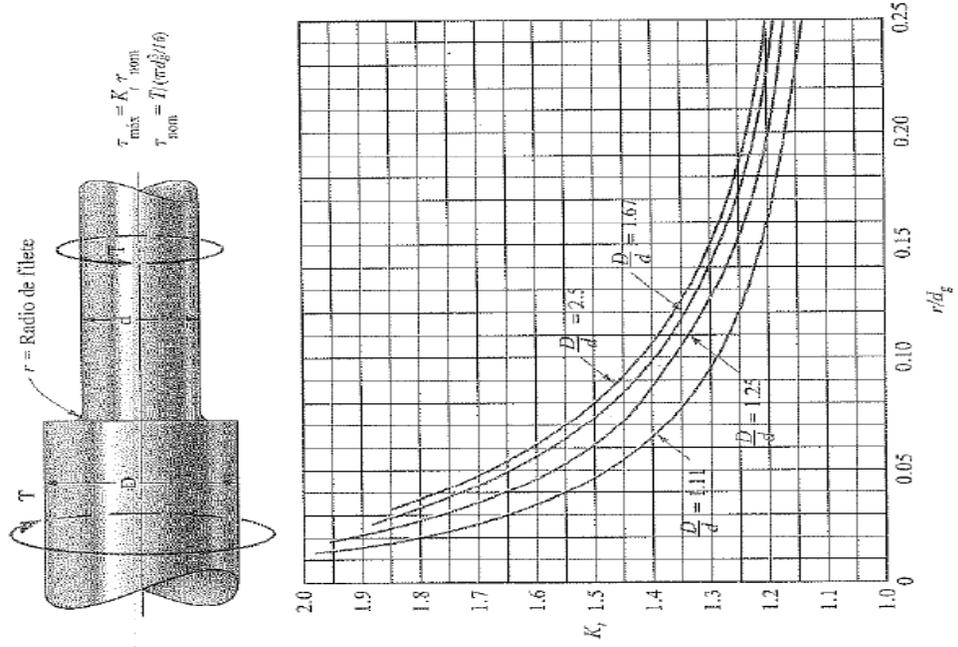
ANEXO 5

Factor de concentración de esfuerzos

A-22-6 Barra redonda ranurada a tensión.

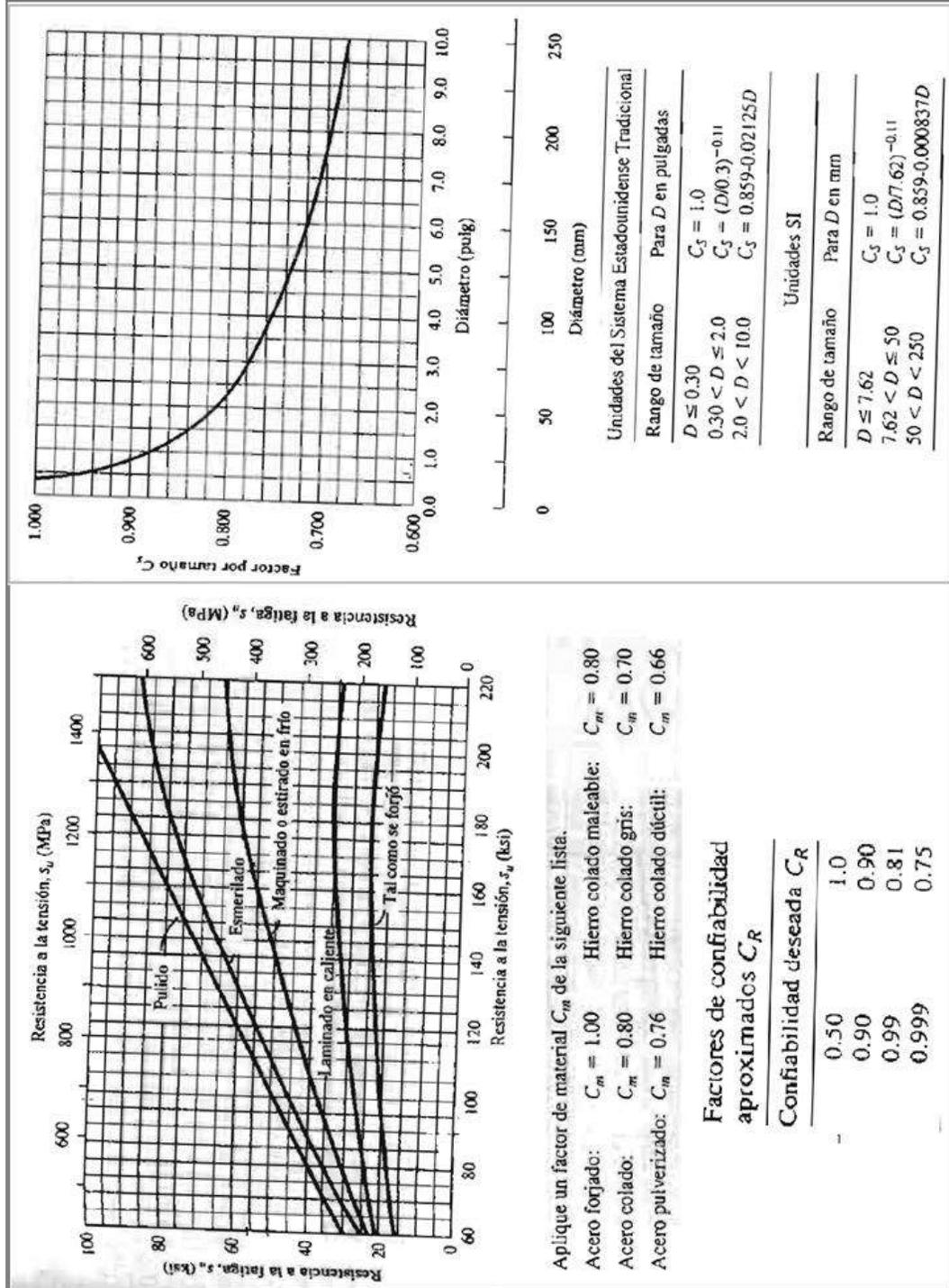


A-22-7 Barra redonda escalonada a tensión.



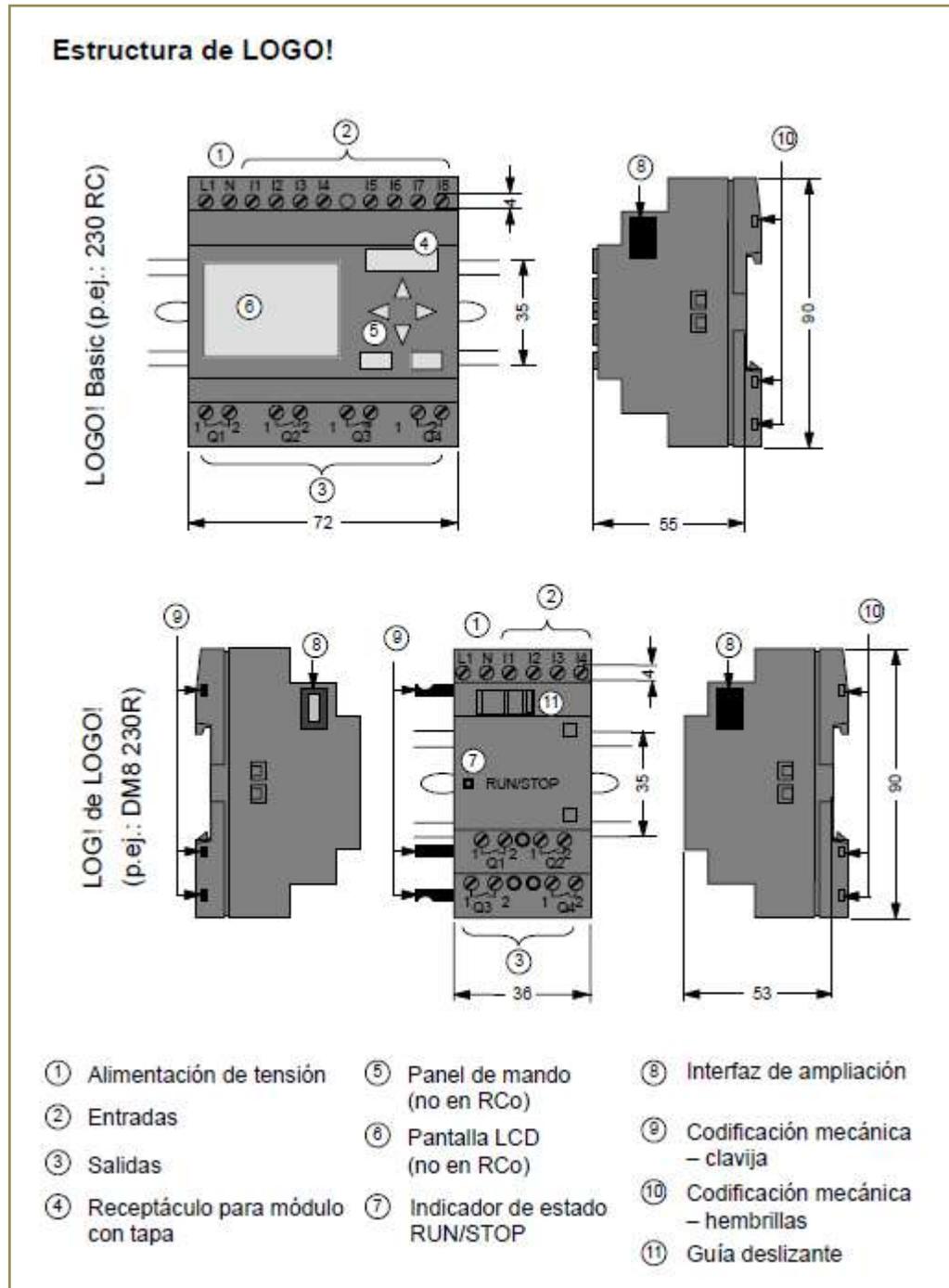
ANEXO 6

Calculo para los factores S_n , (C_m) , (C_R) , factor C_S



ANEXO 7

Partes y dimensiones de logo PLC.



ANEXO 8

Lista de funciones especiales PLC

Representación en LOGO!	Designación de la función especial	Rem
	Retardo a la conexión	Rem
	Retardo a la desconexión	Rem
	Retardo a la conexión/desconexión	Rem
	Retardo a la conexión con memoria	Rem
Tiempos		
	Relé de barrido (salida de impulsos)	Rem
	Relé de barrido disparado por flanco	Rem
	Generador de impulsos asincrónico	Rem
	Generador aleatorio	
	Interruptor de alumbrado para escalera	Rem
	Interruptor confortable	Rem
	Temporizador semanal	
	Temporizador anual	
Contador		
	Contador avances/retroceso	REM
	Contador de horas de funcionamiento	Rem
	Interruptor de valor umbral	
Interruptor		
	Commutador analógico de valor umbral	
	Interruptor analógico de valor umbral diferencial	
	Comparador analógico	
	Vigilancia del valor analógico	

ANEXO 9
Dimensiones de rodamientos.

d	Dimensiones principales				Capacidades básicas de carga				Factor f_0	Velocidades límites				Números de rodamientos				
	mm				kN		kgf			r.p.m.				tipo abierto	con tapas	con sello de no contacto	con sello de bajo torque	con sello de contacto
	D	B	r_{1max} ¹⁾	r_{2max} ¹⁾	C_d	C_s	C_d	C_s		grasa tipo abierto ZZ	aceite tipo abierto LLB	Z LB	LLH					
15	21	4	0.2	—	0.940	0.585	96	59	16.5	6 600	7 600	—	—	6702	—	LLF	—	—
	24	5	0.3	—	2.08	1.26	212	128	15.8	26 000	31 000	—	17 000	6802	ZZ	LLB	—	LLU
	28	7	0.3	0.3	3.65	2.00	375	204	14.8	24 000	28 000	—	16 000	6902	ZZ	LLB	—	LLU
	32	8	0.3	—	5.60	2.83	570	289	13.9	22 000	26 000	—	—	16002	—	—	—	—
	32	9	0.3	0.3	5.60	2.83	570	289	13.9	22 000	26 000	18 000	15 000	6002	ZZ	LLB	LLH	LLU
	35	11	0.6	0.5	7.75	3.60	790	365	12.7	19 000	23 000	18 000	15 000	6202	ZZ	LLB	LLH	LLU
42	13	1	0.5	11.4	5.45	1 170	555	12.3	17 000	21 000	15 000	12 000	6302	ZZ	LLB	LLH	LLU	
17	23	4	0.2	—	1.00	0.660	102	67	16.3	5 000	6 700	—	—	6703	—	LLF	—	—
	26	5	0.3	—	2.23	1.46	227	149	16.1	24 000	28 000	—	15 000	6803	ZZ	LLB	—	LLU
	30	7	0.3	0.3	4.65	2.58	475	263	14.7	22 000	26 000	—	14 000	6903	ZZ	LLB	—	LLU
	35	8	0.3	—	6.80	3.35	695	345	13.6	20 000	24 000	—	—	16003	—	—	—	—
	35	10	0.3	0.3	6.80	3.35	695	345	13.6	20 000	24 000	16 000	14 000	6003	ZZ	LLB	LLH	LLU
	40	12	0.6	0.5	9.60	4.60	980	465	12.8	18 000	21 000	15 000	12 000	6203	ZZ	LLB	LLH	LLU
47	14	1	0.5	13.5	6.55	1 380	665	12.2	16 000	19 000	14 000	11 000	6303	ZZ	LLB	LLH	LLU	
62	17	1.1	—	22.7	10.8	2 320	1 100	11.1	14 000	16 000	—	—	6403	—	—	—	—	
20	27	4	0.2	—	1.04	0.730	106	74	16.1	5 000	5 700	—	—	6704	—	LLF	—	—
	32	7	0.3	0.3	4.00	2.47	410	252	15.5	21 000	25 000	—	13 000	6804	ZZ	LLB	—	LLU
	37	9	0.3	0.3	6.40	3.70	650	375	14.7	19 000	23 000	—	12 000	6904	ZZ	LLB	—	LLU
	42	8	0.3	—	7.90	4.50	810	455	14.5	18 000	21 000	—	—	16004	—	—	—	—
	42	12	0.6	0.5	9.40	5.05	955	515	13.9	18 000	21 000	13 000	11 000	6004	ZZ	LLB	LLH	LLU
	47	14	1	0.5	12.8	6.65	1 310	680	13.2	16 000	18 000	12 000	10 000	6204	ZZ	LLB	LLH	LLU
52	15	1.1	0.5	15.9	7.90	1 620	805	12.4	14 000	17 000	12 000	10 000	6304	ZZ	LLB	LLH	LLU	
20	72	19	1.1	—	28.5	13.9	2 900	1 420	11.4	12 000	14 000	—	—	6404	—	—	—	—
22	44	12	0.6	0.5	9.40	5.05	955	515	13.9	17 000	20 000	13 000	10 000	60/22	ZZ	LLB	LLH	LLU
	50	14	1	0.5	12.9	6.80	1 320	690	13.5	14 000	17 000	12 000	9 700	62/22	ZZ	LLB	LLH	LLU
	56	16	1.1	0.5	18.4	9.25	1 880	945	12.4	13 000	15 000	11 000	9 200	63/22	ZZ	LLB	LLH	LLU
25	32	4	0.2	—	1.10	0.840	112	86	15.8	4 000	4 600	—	—	6705	—	LLF	—	—
	37	7	0.3	0.3	4.30	2.95	435	300	16.1	18 000	21 000	—	10 000	6805	ZZ	LLB	—	LLU
	42	9	0.3	0.3	7.05	4.55	715	460	15.4	16 000	19 000	—	9 800	6905	ZZ	LLB	—	LLU
	47	8	0.3	—	8.35	5.10	855	520	15.1	15 000	18 000	—	—	16005	—	—	—	—
	47	12	0.6	0.5	10.1	5.85	1 030	595	14.5	15 000	18 000	11 000	9 400	6005	ZZ	LLB	LLH	LLU
	52	15	1	0.5	14.0	7.85	1 430	800	13.9	13 000	15 000	11 000	8 900	6205	ZZ	LLB	LLH	LLU
62	17	1.1	0.5	21.2	10.9	2 160	1 110	12.6	12 000	14 000	9 700	8 100	6305	ZZ	LLB	LLH	LLU	
80	21	1.5	—	34.5	17.5	3 550	1 780	11.6	10 000	12 000	—	—	6405	—	—	—	—	
28	52	12	0.6	0.5	12.5	7.40	1 270	755	14.5	14 000	16 000	10 000	8 400	60/28	ZZ	LLB	LLH	LLU
	58	16	1	0.5	17.9	9.75	1 830	995	13.4	12 000	14 000	9 700	8 100	62/28	ZZ	LLB	LLH	LLU
	68	18	1.1	0.5	26.7	14.0	2 730	1 430	12.4	11 000	13 000	8 900	7 400	63/28	ZZ	LLB	LLH	LLU
30	37	4	0.2	—	1.14	0.950	117	97	15.7	3 300	3 800	—	—	6706	—	LLF	—	—
	42	7	0.3	0.3	4.70	3.65	480	370	16.5	15 000	18 000	—	8 800	6806	ZZ	LLB	—	LLU
	47	9	0.3	0.3	7.25	5.00	740	510	15.8	14 000	17 000	—	8 400	6906	ZZ	LLB	—	LLU
	55	9	0.3	—	11.2	7.35	1 150	750	15.2	13 000	15 000	—	—	16006	—	—	—	—
	55	13	1	0.5	13.2	8.3	1 350	845	14.8	13 000	15 000	9 200	7 700	6006	ZZ	LLB	LLH	LLU
	62	16	1	0.5	19.5	11.3	1 980	1 150	13.8	11 000	13 000	8 800	7 300	6206	ZZ	LLB	LLH	LLU
72	19	1.1	0.5	26.7	15.0	2 720	1 530	13.3	10 000	12 000	7 900	6 600	6306	ZZ	LLB	LLH	LLU	
90	23	1.5	—	43.5	23.9	4 400	2 440	12.3	8 800	10 000	—	—	6406	—	—	—	—	

ANEXO 10

Dimensiones de Cuñeros para su cálculo.

TABLA 11-1 Tamaño de la cuña en función del diámetro del eje

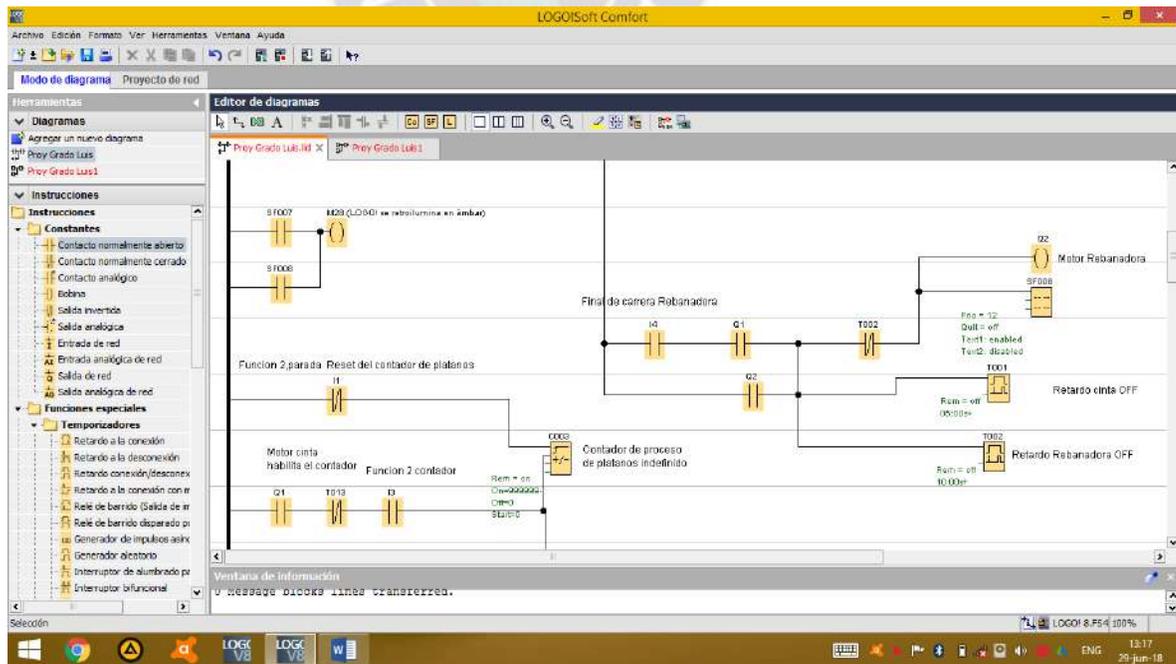
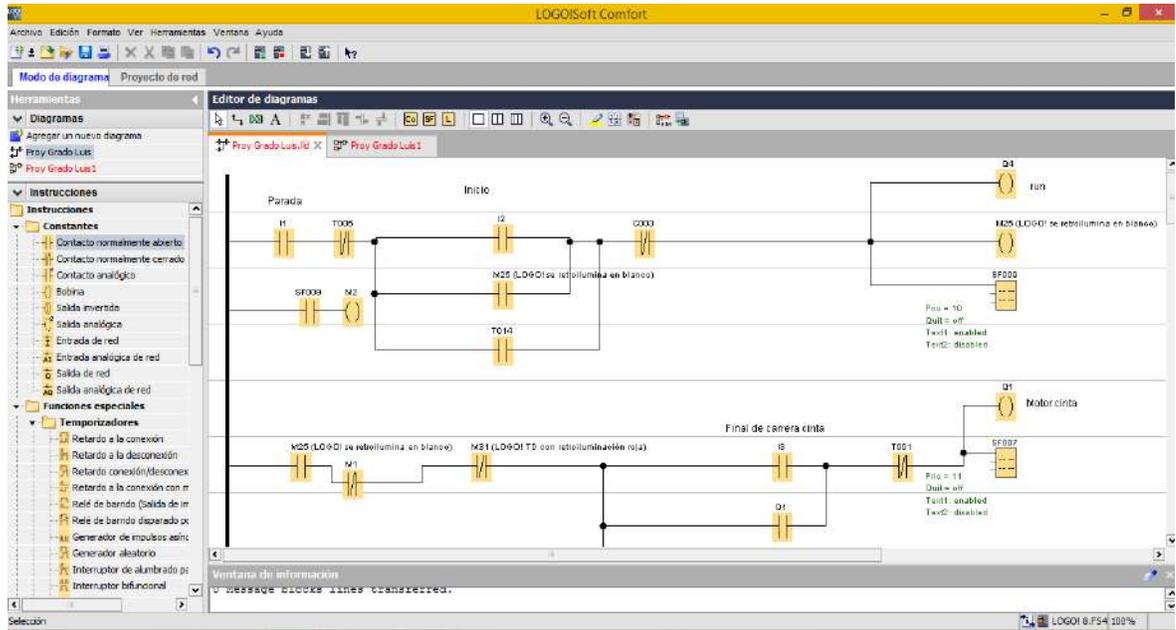
Tamaño nominal del eje		Tamaño nominal de la cuña		
Más de	Hasta (incl.)	Ancho, W	Altura, H	
			Cuadrada	Rectangular
5/16	7/16	3/32	3/32	
7/16	9/16	1/8	1/8	3/32
9/16	7/8	3/16	3/16	1/8
7/8	1 ¹ / ₄	1/4	1/4	3/16
1 ¹ / ₄	1 ³ / ₈	5/16	5/16	1/4
1 ³ / ₈	1 ¹ / ₂	3/8	3/8	1/4
1 ¹ / ₂	2 ¹ / ₄	1/2	1/2	3/8
2 ¹ / ₄	2 ³ / ₄	5/8	5/8	7/16
2 ³ / ₄	3 ¹ / ₄	3/4	3/4	1/2
3 ¹ / ₄	3 ³ / ₄	7/8	7/8	5/8
3 ³ / ₄	4 ¹ / ₂	1	1	3/4
4 ¹ / ₂	5 ¹ / ₂	1 ¹ / ₄	1 ¹ / ₄	7/8
5 ¹ / ₂	6 ¹ / ₂	1 ³ / ₂	1 ¹ / ₂	1
6 ¹ / ₂	7 ¹ / ₂	1 ³ / ₄	1 ³ / ₄	1 ¹ / ₂
7 ¹ / ₂	9	2	2	1 ¹ / ₂
9	11	2 ¹ / ₂	2 ¹ / ₂	1 ³ / ₄
11	13	3	3	2
13	15	3 ¹ / ₂	3 ¹ / ₂	2 ¹ / ₂
15	18	4		3
18	22	5		3 ¹ / ₂
22	26	6		4
26	30	7		5

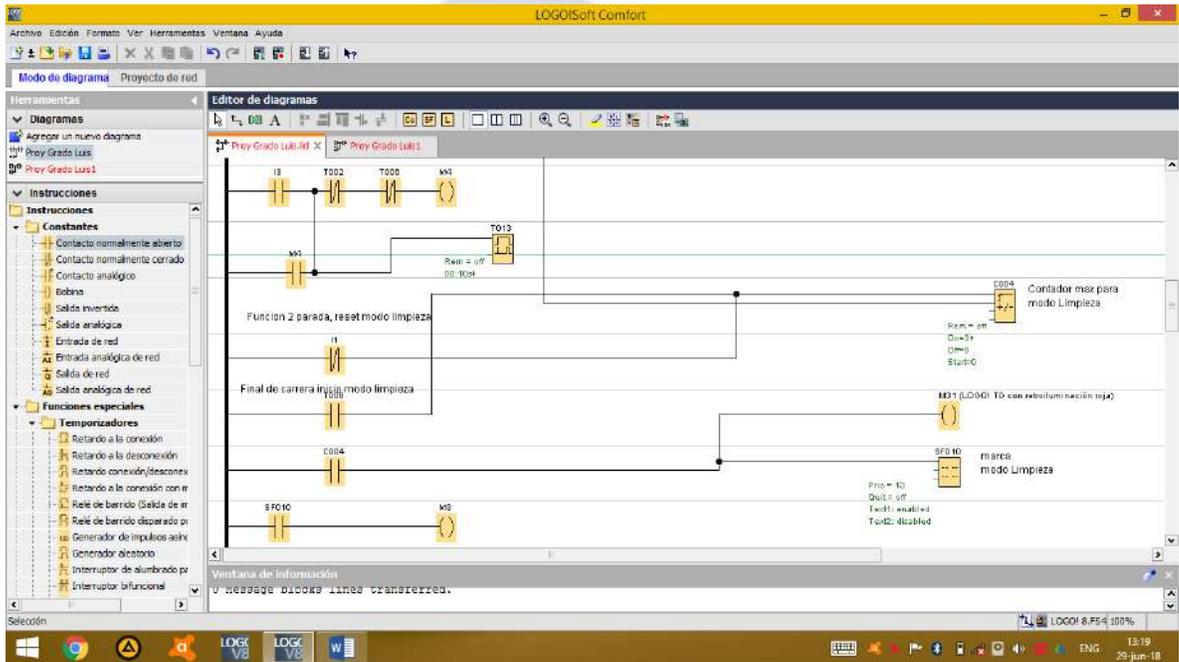
Fuente: Reimpreso de la norma ANSI B17.1-1967 (R98) con autorización de la American Society of Mechanical Engineers. Todos los derechos reservados.

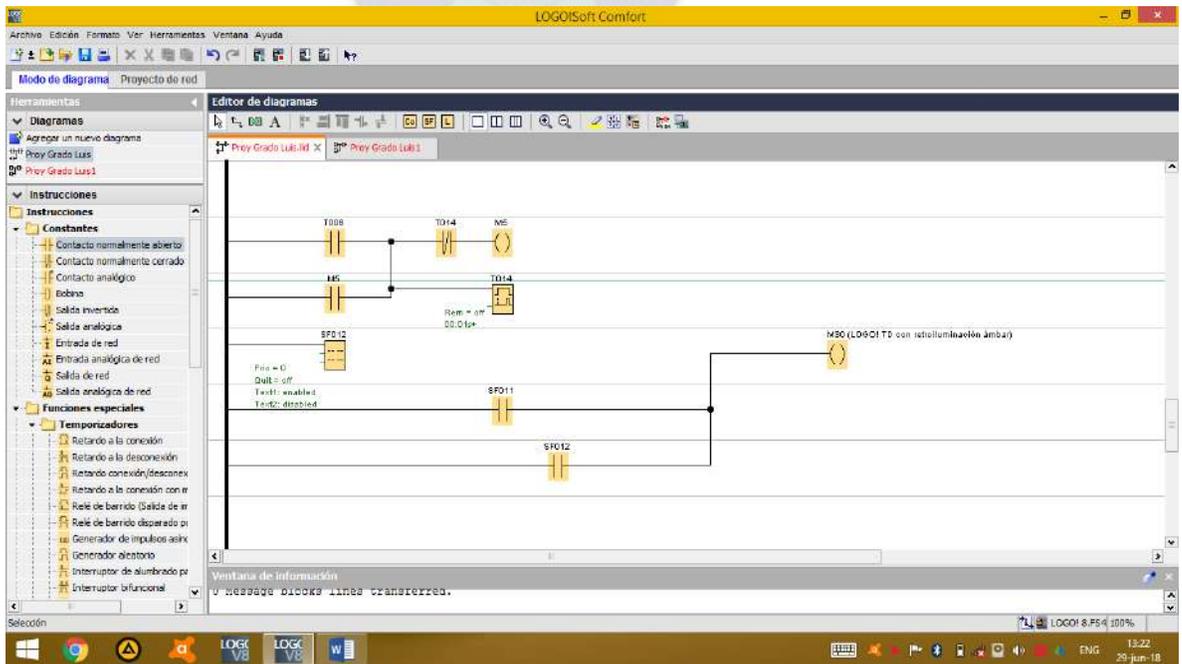
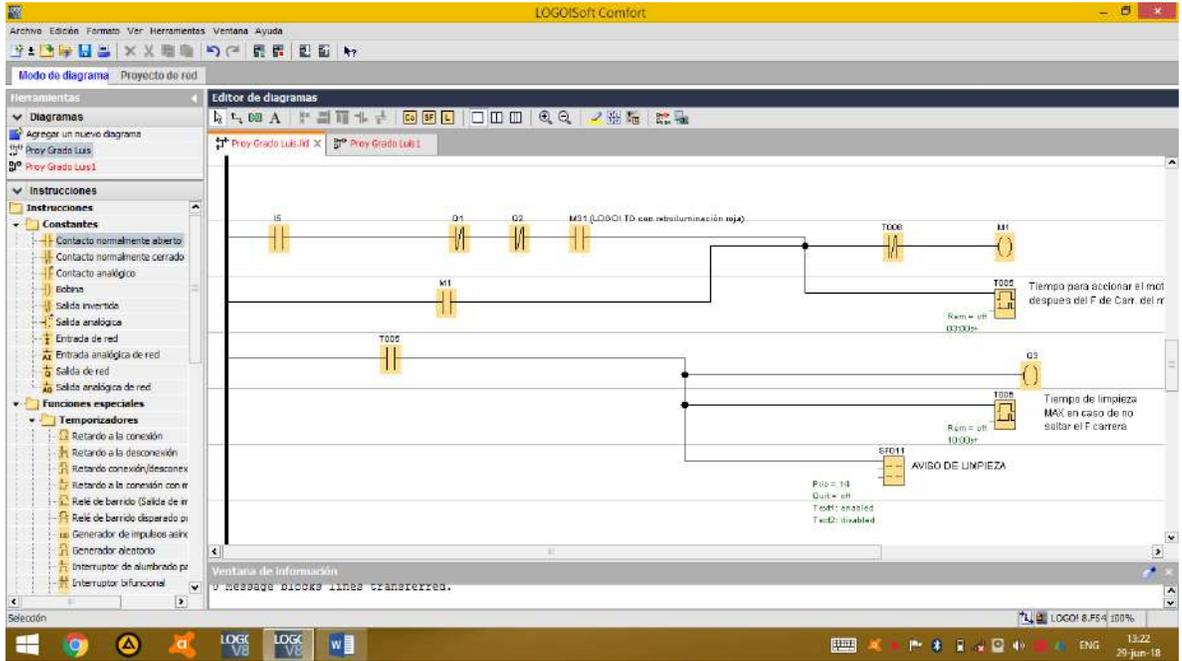
Nota: Se prefieren los valores en las áreas no sombreadas. Las dimensiones están en pulgadas.

ANEXO 11

Control lógico del PLC para el rebanador.







ANEXO 12

Fases de construcción de mecanismos del rebanador.



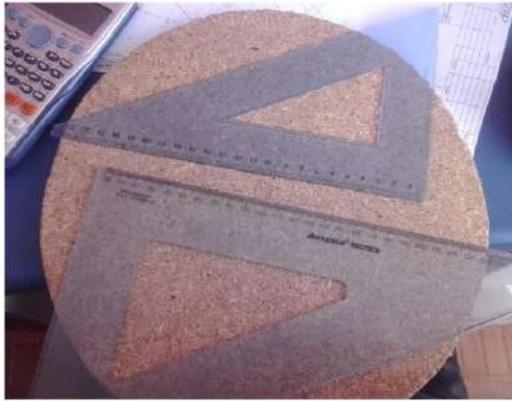
ANEXO 13

Fases de construcción de poleas.



ANEXO 14

Trazado y tallado de molde del disco rebanador.



ANEXO 15

Fases de construcción del cobertor rebanador.



ANEXO 16

Construcción gabinete eléctrico del rebanador.



ANEXO 17

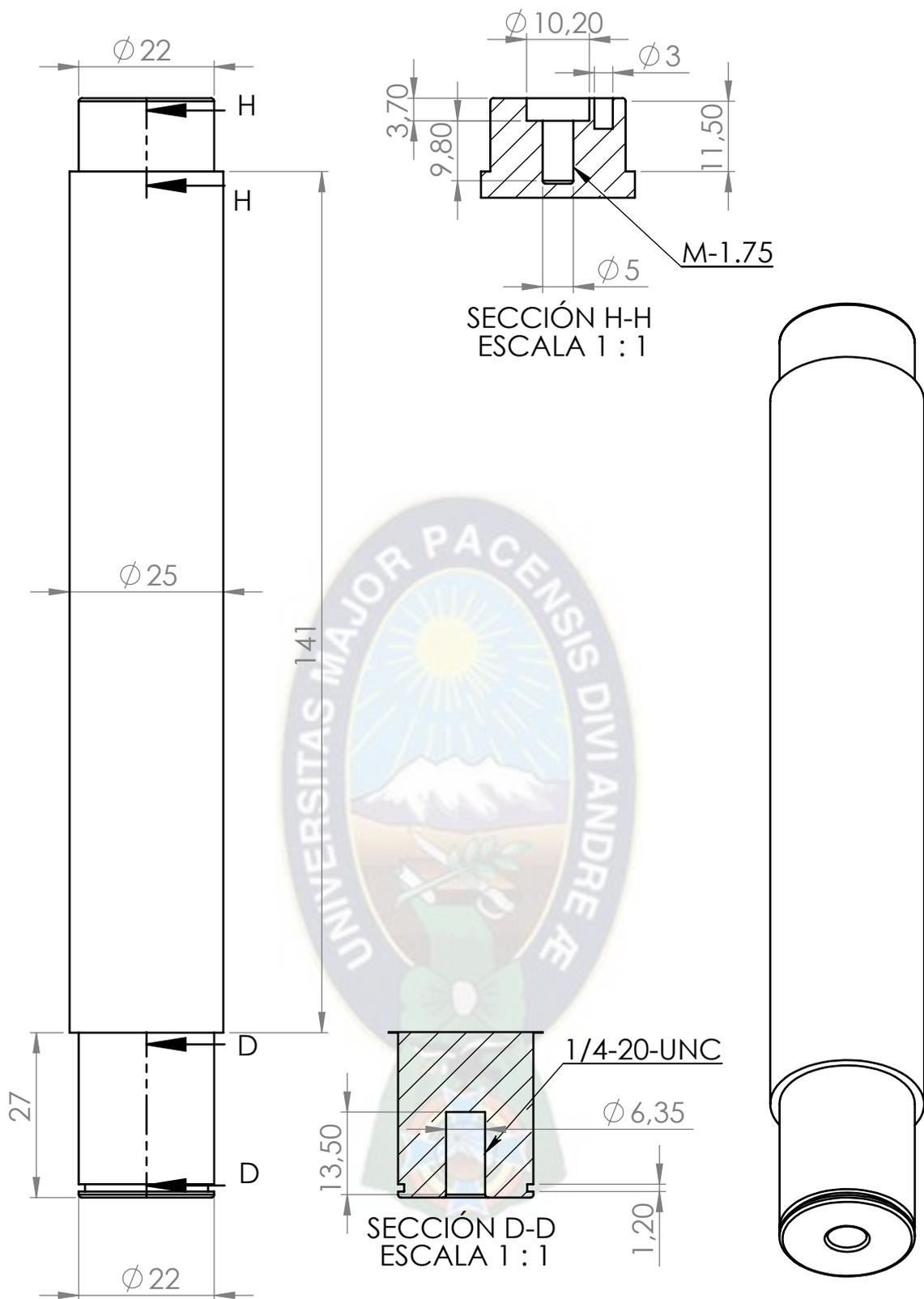
Armado de la máquina rebanadora.



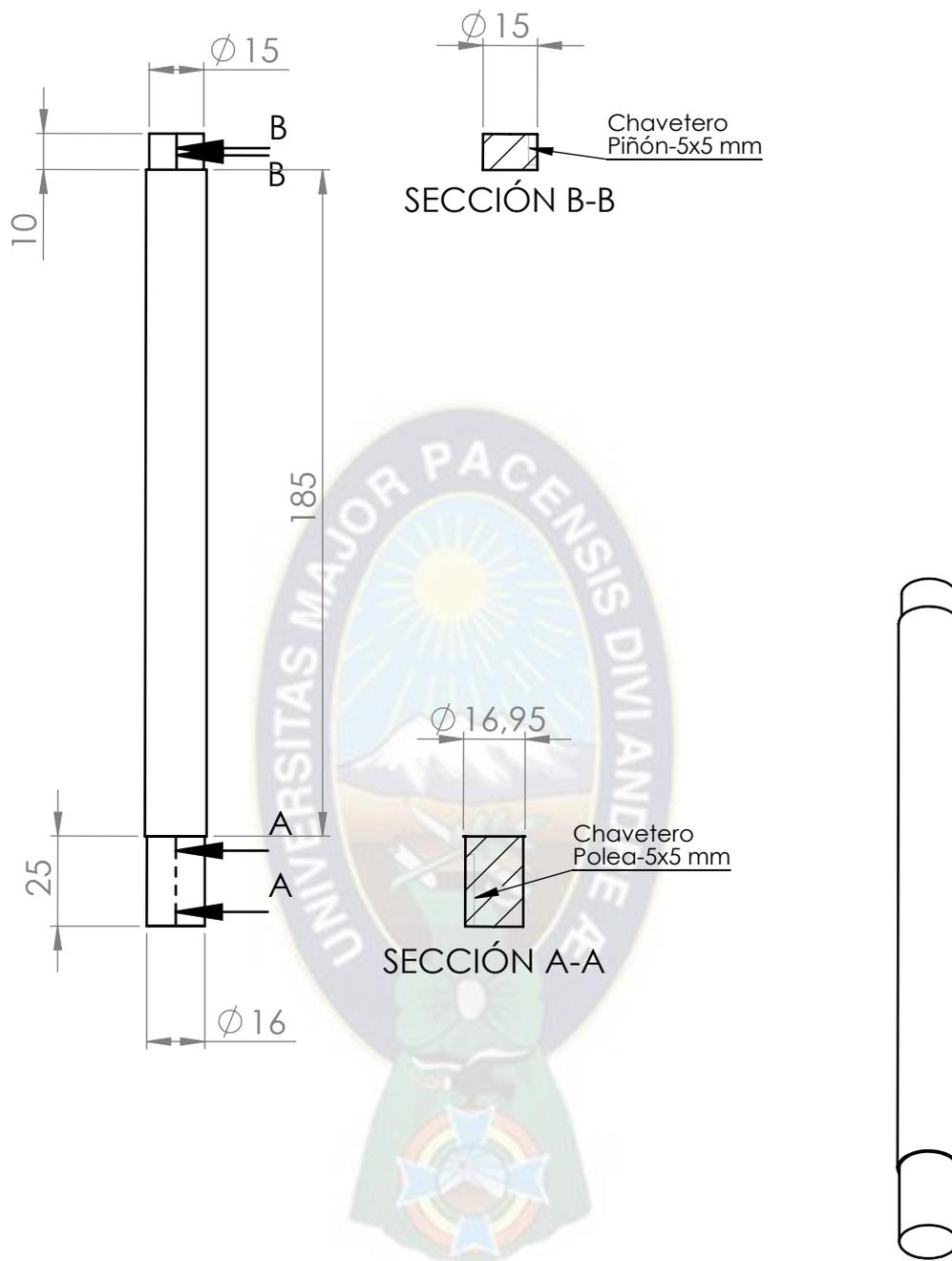


PLANOS

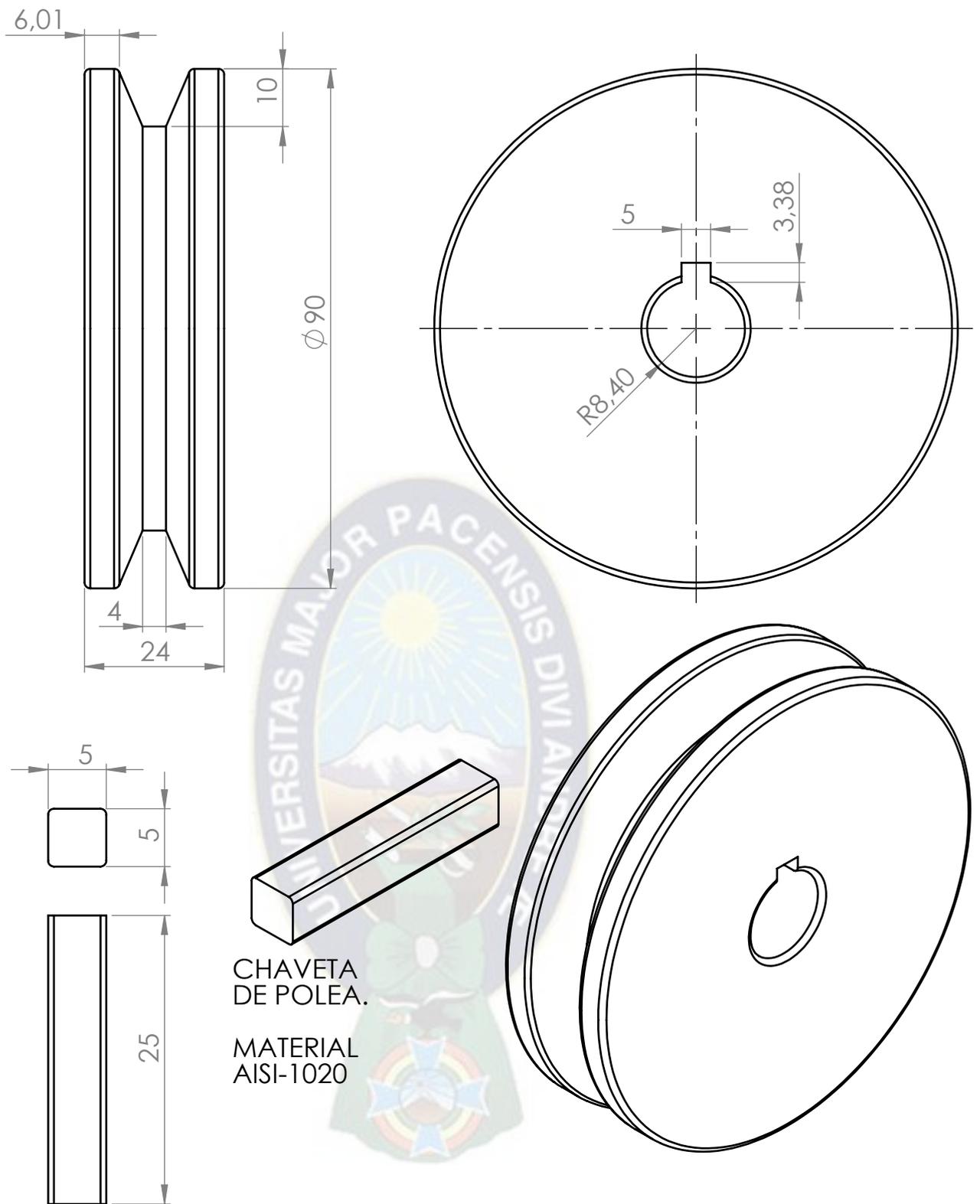




1	EJE VERTICAL	1	1	1	AISI-1040	
N° PIEZA	DENOMINACION	N° ELEM.	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES	
	FECHA	APELLIDO			U M S A	
DIBUJADO	12-04-18	NINA FLORES	RB1		FACULTAD DE TECNOLOGIA	
REVISADO			2018			
APROBADO						
ESCALA	EJE VERTICAL DEL REBANADOR			MECANICA INDUSTRIAL		
1 : 1				PLANO: RB1.1		136



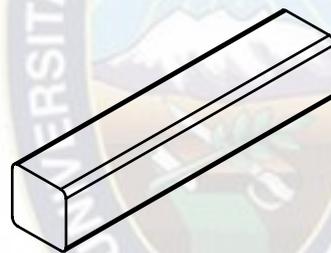
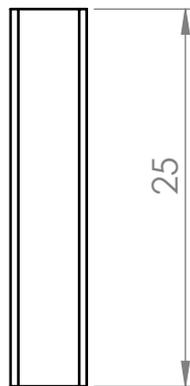
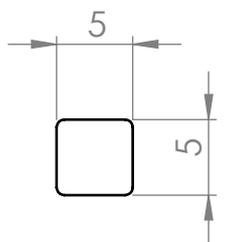
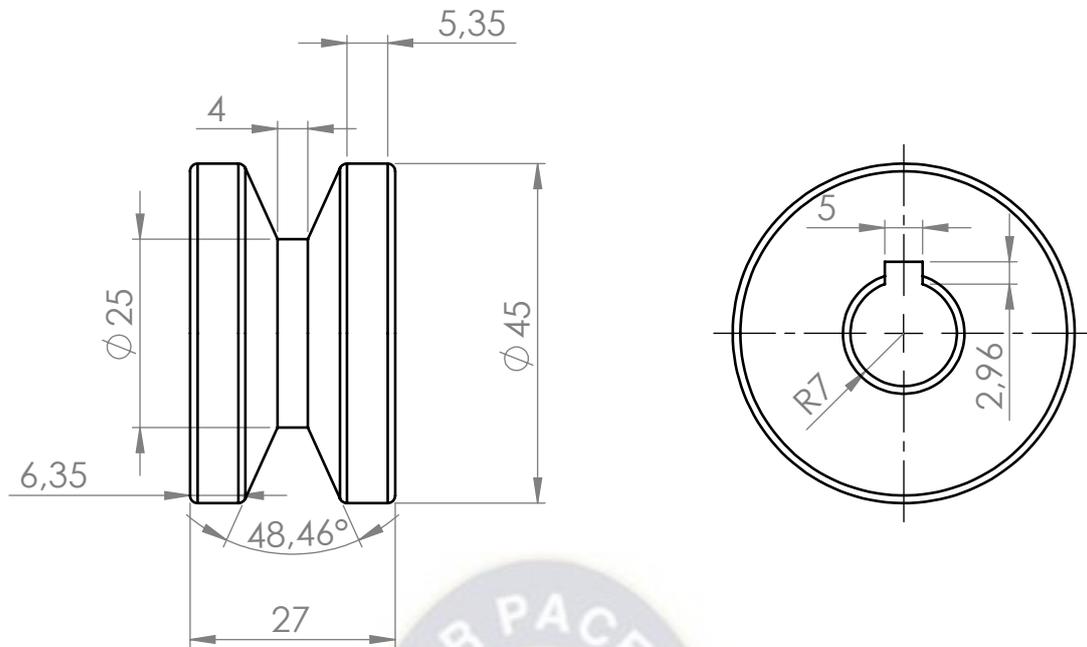
1	EJE HORIZONTAL		2		AIISI-1040	
Nº PIEZA	DENOMINACION		Nº ELEM.	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
	FECHA	APELLIDO	RB1	U M S A		
DIBUJADO	12-04-18	NINA FLORES				
REVISADO			2018	FACULTAD DE TECNOLOGIA		
APROBADO						
ESCALA	EJE HORIZONTAL DEL REBANADOR			MECANICA INDUSTRIAL		
2:1				PLANO: RB1.2		137



CHAVETA
DE POLEA.

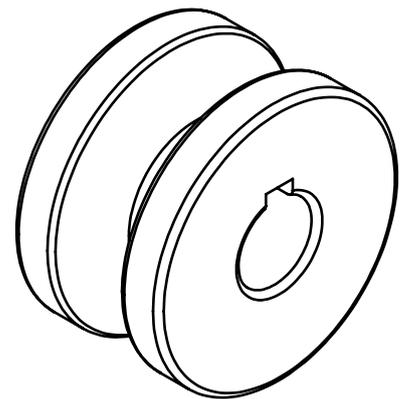
MATERIAL
AISI-1020

1	POLEA EJE HORIZONTAL	3	mm	AL	
Nº PIEZA	DENOMINACION	Nº ELEM.	UNIDADES	MATERIAL	OBSERVACIONES
	FECHA	APELLIDO	RB1	U M S A	
DIBUJADO	12-04-18	NINA FLORES			
REVISADO					
APROBADO			2018	FACULTAD DE TECNOLOGIA	
ESCALA	POLEA DE EJE HORIZONTAL			MECANICA INDUSTRIAL	
1:1				PLANO: RB1.3	138

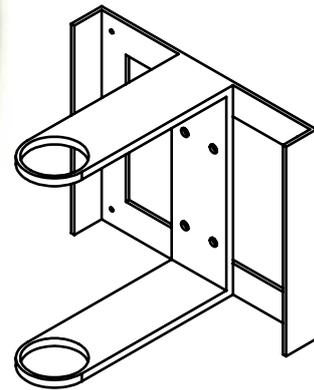
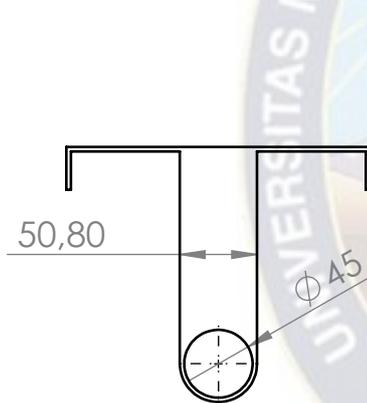
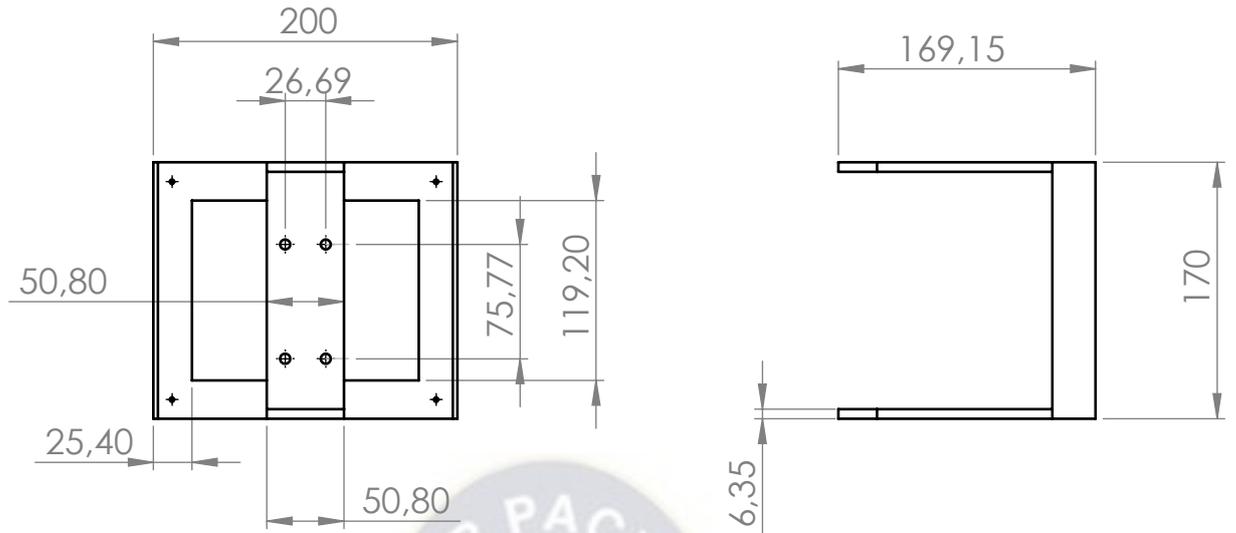


CHAVETA
DEL MOTOR

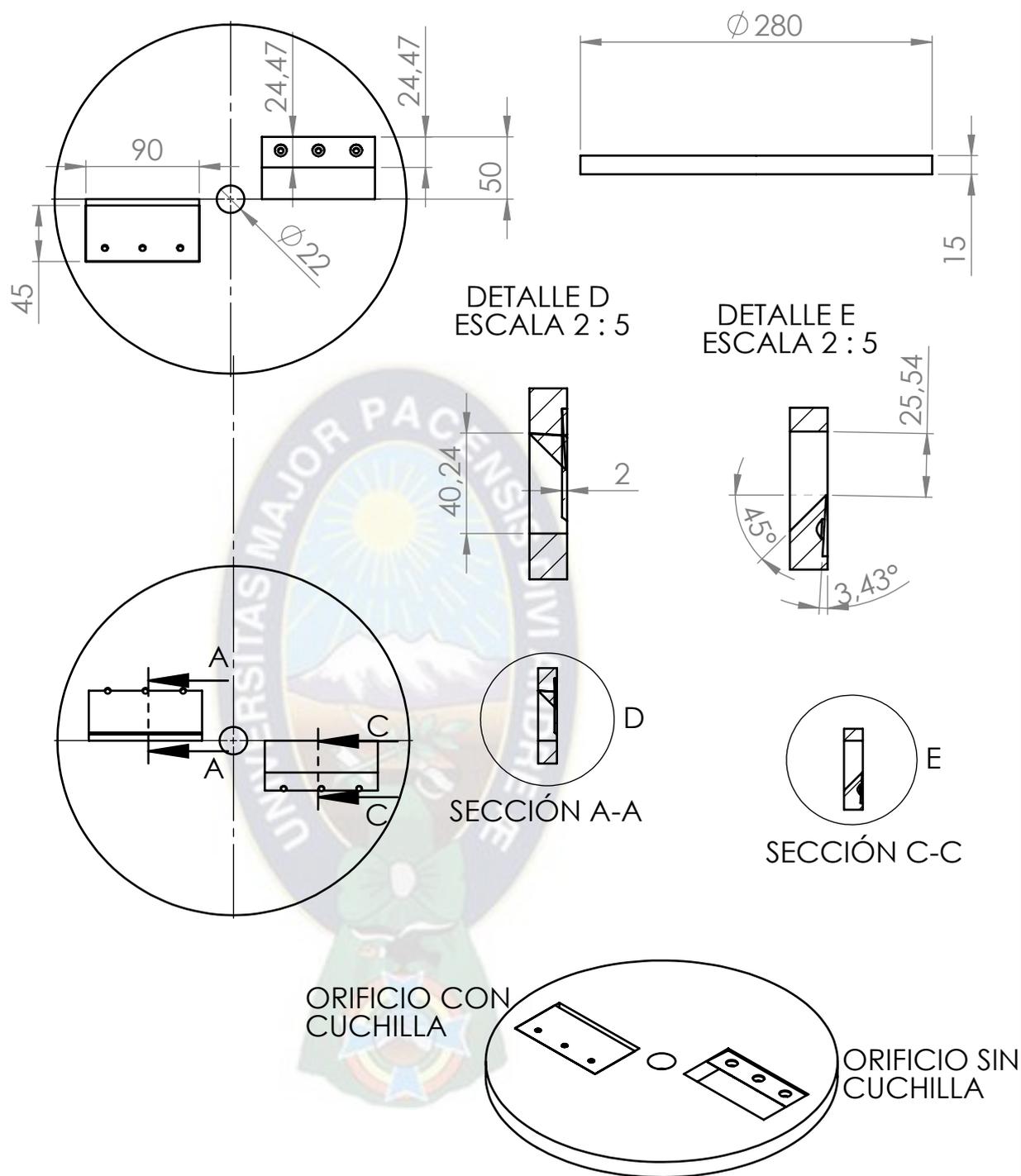
MATERIAL:
AISI-1020



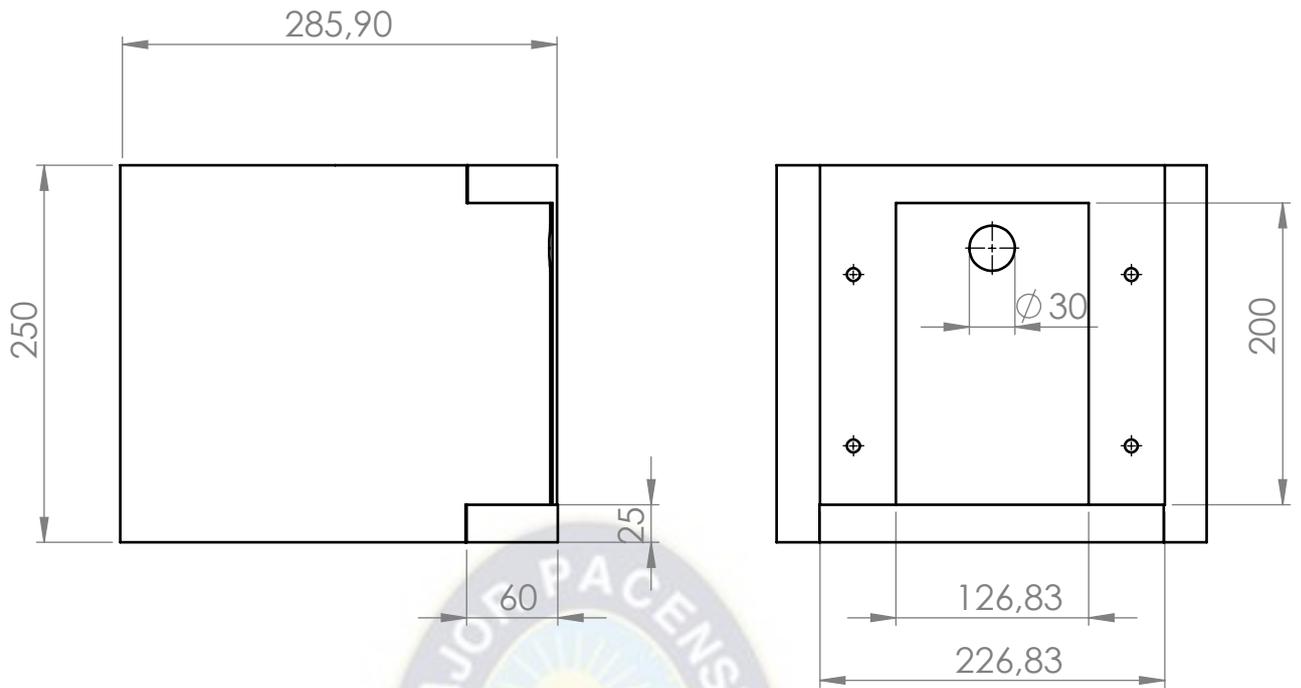
1	POLEA DE MOTOR	4	mm	AL	
N° PIEZA	DENOMINACIÓN	N° ELEM.	UNIDADES	MATERIAL	OBSERVACIONES
	FECHA	APELLIDO		U M S A	FACULTAD DE TECNOLOGIA
DIBUJADO	12-04-18	NINA FLORES			
REVISADO		2018			
APROBADO					
ESCALA	POLEA DEL MOTOR			MECANICA INDUSTRIAL	
1 : 1				PLANO: RB1.4	139



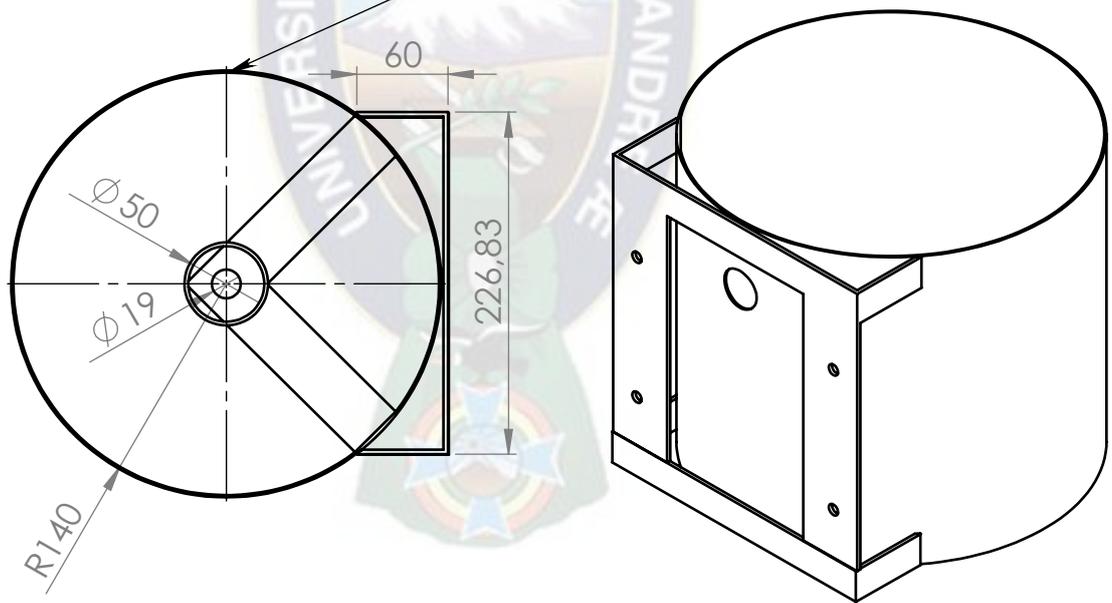
1	BASE DE EJE VERTICAL		5	mm	ASTM-A36	
Nº PIEZA	DENOMINACION		NºELEM.	UNIDADES	MATERIAL	OBSERVACIONES
	FECHA	APELLIDO	RB1	U M S A		
DIBUJADO	12-04-18	NINA FLORES				
REVISADO			2018	FACULTAD DE TECNOLOGIA		
APROBADO						
ESCALA	BASE DE SUJECION DEL EJE VERTICAL			MECANICA INDUSTRIAL		
1:5				PLANO: RB1.5		140



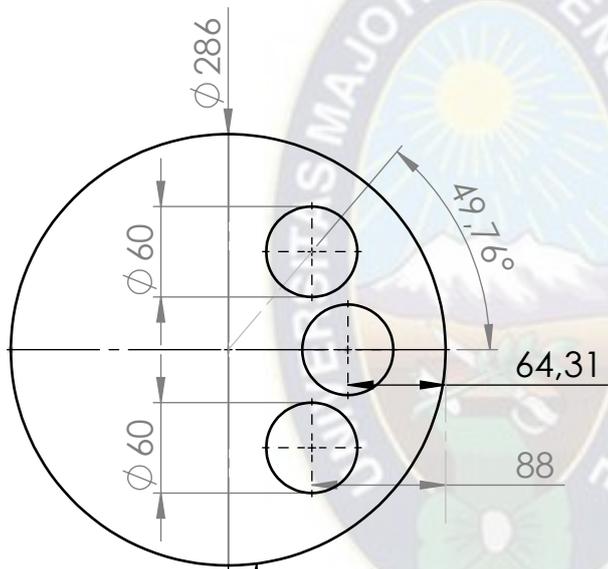
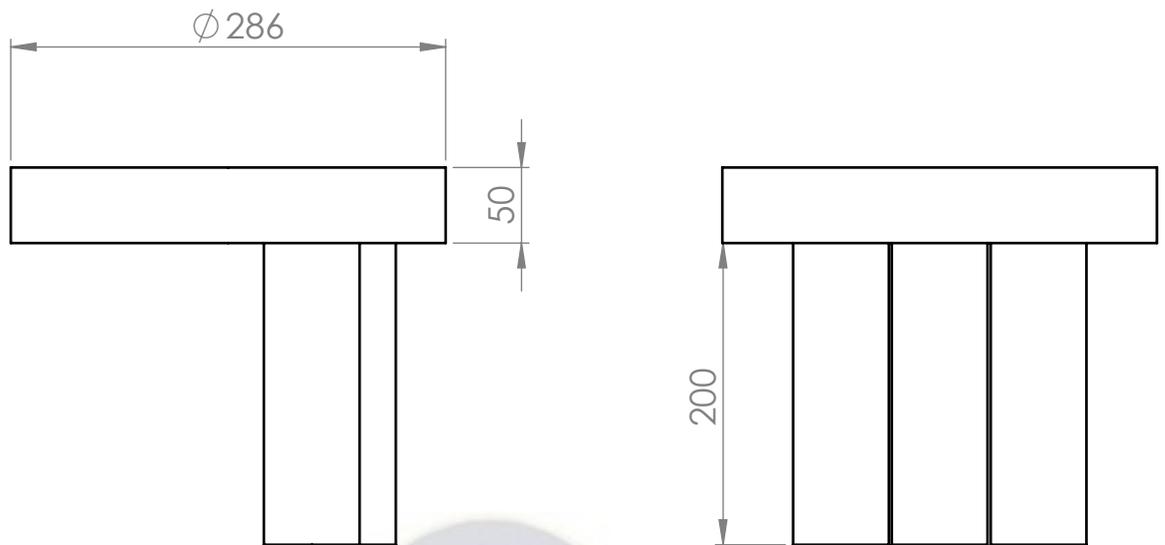
1	DISCO REBANADOR	6	mm	AL	CUCHILLA DE ACERO INOX.
Nº PIEZA	DENOMINACION	Nº ELEM.	UNIDADES	MATERIAL	OBSERVACIONES
DIBUJADO	FECHA	APELLIDO	RB1	U M S A	
REVISADO	12-04-18	NINA FLORES			
APROBADO					
ESCALA	DISCO REBANADOR			MECANICA INDUSTRIAL	
1 : 5				PLANO: RB1.6	141



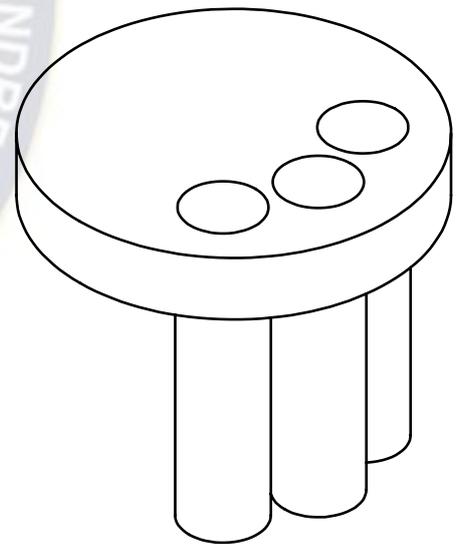
LAMINA DE ACERO
INOXIDABLE CILINDRADA



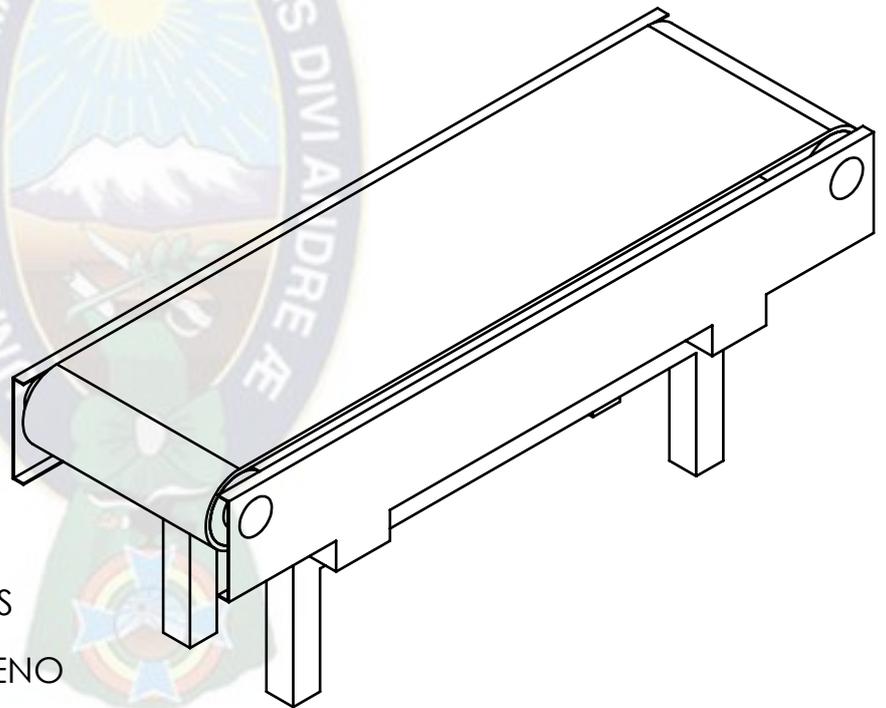
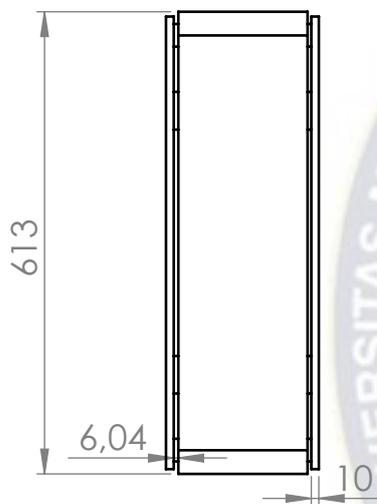
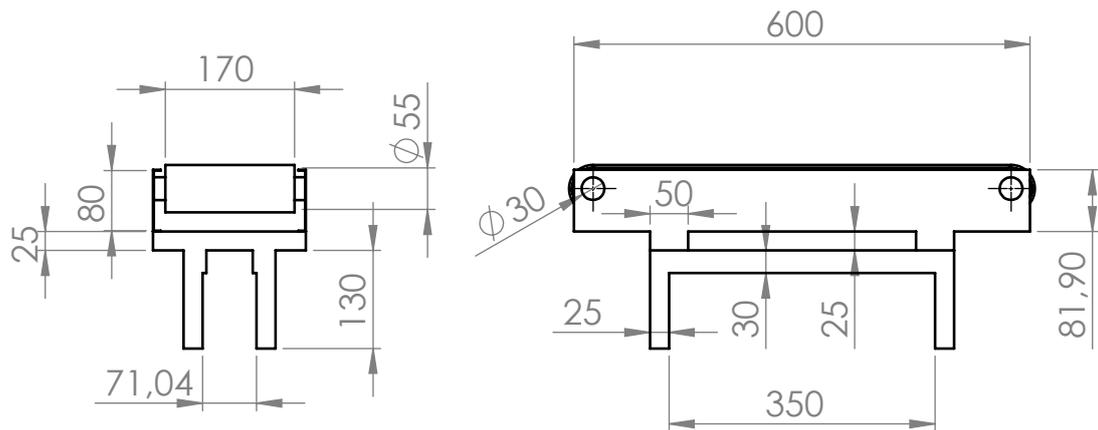
1	COBERTOR DE REBANADOR	7	mm	AISI-304	
N° PIEZA	DENOMINACION	N° ELEM.	UNIDADES	MATERIAL	OBSERVACIONES
DIBUJADO	FECHA	APELLIDO	RB1	U M S A	
REVISADO	12-04-18	NINA FLORES			
APROBADO					
ESCALA	COBERTURA DEL REBANADOR			MECANICA INDUSTRIAL	
1 : 5				PLANO: RB1.7	142



LAMINA DE ACERO
INOXIDABLE
CILINDRADO

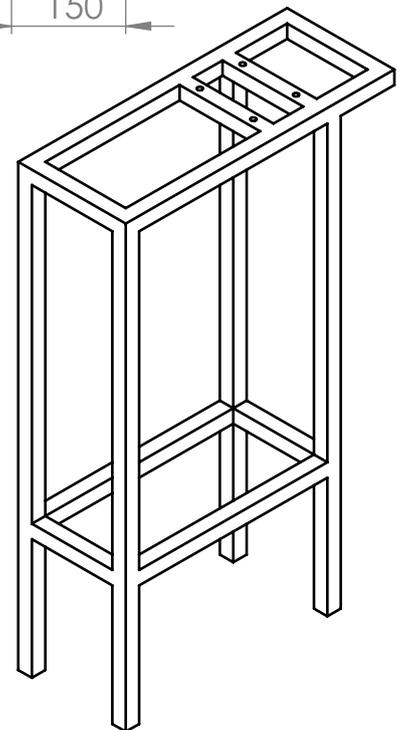
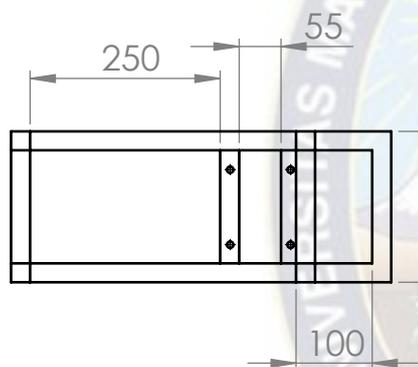
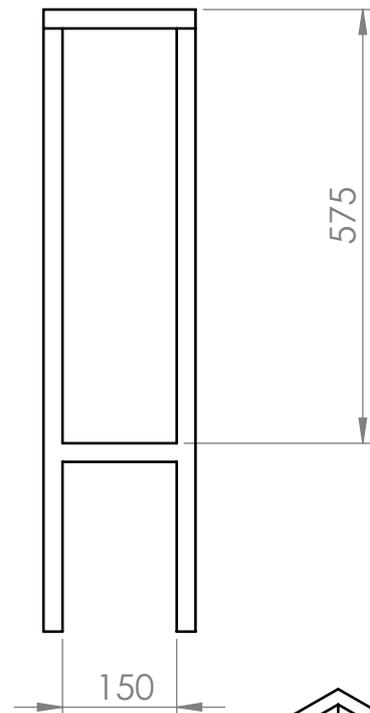
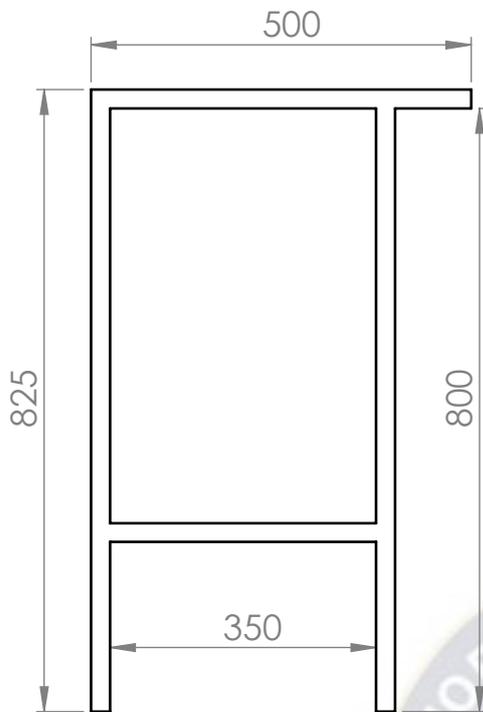


1	TAPA DE REBANADOR	8	mm	AISI-304	
Nº PIEZA	DENOMINACION	Nº ELEM.	UNIDADES	MATERIAL	OBSERVACIONES
	FECHA	APELLIDO		U M S A	
DIBUJADO	12-04-18	NINA FLORES		FACULTAD DE TECNOLOGIA	
REVISADO		RB1		2018	
APROBADO				MECANICA INDUSTRIAL	
ESCALA	TAPA DEL REBANADOR			PLANO: RB1.8	
1 : 5				143	



LOS RODILLOS SON DE
TEFLON MAQUINADO.
LA BASE Y LOS LATERALES
SON DE AISI-304.
LA CINTA ES DE POLIETILENO
DE ESPESOR 1mm.

1	CINTA TRANSPORTADORA	9	mm		
Nº PIEZA	DENOMINACION	Nº ELEM.	UNIDADES	MATERIAL	OBSERVACIONES
DIBUJADO	FECHA	APELLIDO	RB1	U M S A	
REVISADO	12-04-18	NINA FLORES			
APROBADO			2018	FACULTAD DE TECNOLOGIA	
ESCALA	CINTA TRANSPORTADORA			MECANICA INDUSTRIAL	
1 : 10				PLANO: RB1.9	144



1	BASE DEL REBANADOR		10	mm	ASTM-A36	TUBO CUADRADO 25 X 25
Nº PIEZA	DENOMINACION		NºELEM.	UNIDADES	MATERIAL	OBSERVACIONES
	FECHA	APELLIDO	RB1	U M S A		
DIBUJADO	12-04-18	NINA FLORES				
REVISADO			2018	FACULTAD DE TECNOLOGIA		
APROBADO						
ESCALA	BASE DE LA MAQUINA REBANADORA			MECANICA INDUSTRIAL		
1:10				PLANO: RB1.10		145