

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:  
INGENIERÍA MECÁNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de: INGENIEROS  
MECÁNICOS**

**TEMA:  
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA RALLAR COCO**

**AUTORES:  
JAVIER ALEJANDRO PALACIOS MENDOZA  
DARWIN JOSÉ CALVA JIMENEZ**

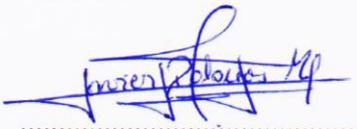
**TUTOR:  
PABLO MESÍAS ALMEIDA MOLINA**

**Quito, enero 2016**

### **Cesión de derechos de autor**

Nosotros Javier Alejandro Palacios Mendoza y Darwin José Calva Jimenez, con documento de identificación N°0803481704 y 2200068449, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: "Diseño y Construcción de una máquina para rallar coco", mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

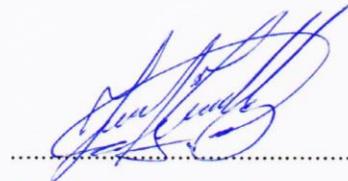
En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Javier Alejandro Palacios Mendoza

CI: 0803481704

Quito, enero de 2016



Darwin José Calva Jimenez

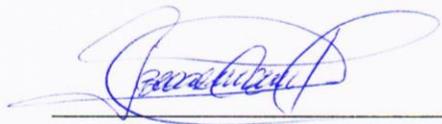
CI: 2200068449

Quito, enero de 2016

### **Declaratoria de coautoría del docente tutor**

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA RALLAR COCO, realizado por, Javier Alejandro Palacios Mendoza y Darwin José Calva Jimenez, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, Enero de 2016



Pablo Mesías Almeida Molina

CI: 1704359510

## **Agradecimiento**

Un agradecimiento muy especial a la Universidad Politécnica Salesiana, a todos los docentes de la carrera de Ingeniería Mecánica y en especial a nuestro director de proyecto Ing. Pablo Almeida quienes día a día nos impartieron sus conocimientos y valores, los cuales nos han ayudado a culminar de manera exitosa nuestra carrera de Ingeniería Mecánica.

## **Dedicatoria**

### **Javier**

Dedico este proyecto principalmente a Dios que me ha dado la fuerza y la sabiduría para salir adelante, a mis padres Guelver Palacios y Nixa Mendoza, que han sido mi ejemplo y mi pilar fundamental durante toda mi vida y por último a todos los que me han apoyado y han confiado en mí.

### **José**

Dedico este proyecto primeramente a Dios, a mis padres José Calva y Nuvia Giménez y hermanos, que siempre me brindaron su apoyo y confianza el cual me ayudó para poder culminar un sueño que el día de hoy se hace realidad.

También a mis abuelos, tíos y primos, que de una forma u otra estuvieron siempre brindándome su apoyo incondicional.

## Índice

Introducción .....	1
Objetivos .....	2
1. Capítulo I: Marco teórico.....	3
1.1. Historia del Coco .....	3
1.2. Clasificación Taxonómica .....	4
1.3. Descripción Botánica.....	5
1.3.1. Clasificación de los cocoteros. ....	5
1.3.2. Raíces. ....	5
1.3.3. Hojas.....	6
1.3.4. Inflorescencia. ....	6
1.3.5. Racimo.....	6
1.3.6. Fruto. ....	7
1.4. Composición Química .....	8
1.4.1. Nutrientes del coco.....	8
1.4.2. Vitaminas del coco. ....	8
1.4.3. Minerales del coco.....	9
1.5. Usos .....	10
1.5.1. Uso Humano.....	10
1.5.1.1. Nutrición.....	10
1.5.1.2. Consumo para la piel. ....	10
1.5.1.3. Propiedades rehidratantes. ....	10
1.5.1.4. Consumo para regular la tiroides.....	10
1.5.2. Uso Industrial. ....	10
1.5.3. Agricultura.....	11
1.5.4. Industria de la construcción.....	11
1.6. Factores de Producción.....	12
1.6.1. Clima. ....	12
1.6.2. Viento. ....	12

1.6.3.	Suelo.....	12
1.7.	Procedimiento del Cultivo .....	13
1.7.1.	Viveros. ....	13
1.7.2.	Trasplante. ....	13
1.7.3.	Fertilización.....	14
1.7.4.	Cosecha. ....	14
1.8.	Forma tradicional de rallar el coco .....	14
1.9.	Características técnicas del coco.....	15
1.9.1.	Masa. ....	15
1.9.2.	Volumen. ....	15
1.9.3.	Medidas del coco.....	17
1.9.3.1.	Diámetro 1.....	17
2.	Capítulo II. Factibilidad de alternativas.....	19
2.1	Rallador Coco Industrial BRC-050 (Alternativa 1).....	19
2.1.1.	Descripción.....	19
2.1.2	Funcionamiento.....	19
2.1.3	Ventajas. ....	20
2.1.4	Desventajas.....	20
2.2.	Rallador de coco manual (Alternativa 2).....	20
2.2.1.	Descripción.....	20
2.2.2.	Funcionamiento.....	21
2.2.3.	Ventajas. ....	21
2.2.4.	Desventajas.....	21
2.3.	Máquina ralladora de coco con pieza de corte (Alternativa 3).....	21
2.3.1.	Descripción.....	22
2.3.2.	Funcionamiento.....	22
2.3.3.	Ventajas. ....	22

2.3.4.	Desventajas.....	22
2.4.	Análisis y selección de la mejor alternativa.....	23
2.4.1.	Parámetros de valoración. ....	23
2.4.1.1.	Costo.....	23
2.4.1.2.	Producción. ....	23
2.4.1.3.	Disponibilidad de materiales. ....	23
2.4.1.4.	Seguridad. ....	24
2.4.1.5.	Facilidad de fabricación.....	24
2.4.1.6.	Facilidad de montaje y desmontaje. ....	24
2.4.1.7.	Facilidad de operación. ....	24
2.4.1.8.	Peso y volumen.....	24
2.4.1.9.	Facilidad de mantenimiento.....	24
2.5.	Diseño de la máquina ralladora de coco .....	25
2.5.1.	Cálculo de las cuchillas. ....	25
2.5.2.	Análisis de las cuchillas a flexión. ....	26
2.5.3.	Cálculo de la resistencia a la fatiga. ....	28
2.5.3.1.	Límite de resistencia a la fatiga. ....	28
2.5.4.	Análisis de las cuchillas a esfuerzos cortantes. ....	30
2.5.5.	Cálculo de la resistencia a la fatiga. ....	33
2.6.	Fuerza de trabajo.....	33
2.7.	Velocidad angular de trabajo .....	34
2.7.1.	Potencia de trabajo. ....	34
2.7.2.	Torque del motor. ....	35
2.7.3.	Relación de transmisión. ....	36
2.7.4.	Potencia de servicio.....	37
2.8.	Selección de la correa .....	37
2.8.1.	Distancia entre centro ejes de las poleas. ....	39
2.8.1.1.	Velocidad angular real de trabajo.....	39
2.8.2.	Longitud primitiva de la correa. ....	40

2.8.3.	Distancia efectiva entre ejes.....	41
2.8.4.	Ángulo de abrazamiento de la polea conductora.....	41
2.8.5.	Velocidad periférica de las correas.....	41
2.8.6.	Potencia transferible.....	42
2.8.6.1.	Módulo de potencia.....	42
2.8.6.2.	Coeficiente de reducción según el arco abrazado.....	43
2.8.7.	Número de correas.....	43
2.8.8.	Ángulo de contacto de las correas en la polea conductora y en la polea conducida.....	44
2.8.9.	Tensiones producidas en las poleas.....	45
2.8.10.	Tensión estática.....	46
2.9.	Cálculo de las reacciones en el eje principal.....	48
2.9.1.	Reacciones en el plano X-Y.....	48
2.9.2.	Momentos en el plano XY.....	50
2.9.3.	Reacciones en el plano X-Z.....	51
2.9.4.	Momentos en el plano XZ.....	53
2.10.	Diseño del eje.....	54
2.10.1.	Resistencias a las cargas dinámicas.....	56
2.10.2.	Criterio de Von Mises.....	57
2.10.3.	Teorema de Soderbery.....	60
2.11.	Selección de chumaceras.....	61
2.11.1.	Cargas dinámicas equivalentes.....	61
2.11.2.	Carga dinámica equivalente.....	61
2.11.2.1.	Carga en punto B.....	62
2.11.2.2.	Capacidad de carga requerida.....	63
2.11.2.3.	Carga en punto C.....	64
2.12.	Selección de espesores de las tapas de la máquina.....	65
2.13.	Selección de chavetas.....	65

2.14. Diseño estructural del bastidor .....	66
2.14.1. Cargas en el bastidor. ....	66
2.14.1.1. Cargas Vivas.....	66
2.14.1.2. Cargas Muertas .....	67
2.15. Mantenimiento de la máquina.....	69
2.15.1. Mantenimiento Preventivo. ....	69
2.15.2. Mantenimiento preventivo partes móviles. ....	69
2.15.3. Mantenimiento preventivo parte fija. ....	70
2.16. Mantenimiento correctivo.....	70
3. Capítulo III. Análisis de costos.....	71
3.1. Análisis del presupuesto de la máquina ralladora de coco .....	71
3.2. Análisis de costos.....	71
3.2.1. Costos directos. ....	71
3.2.1.1. Costos de materiales. ....	71
3.2.1.2. Costos de elementos normalizados.....	72
3.2.1.3. Costo de maquinado. ....	72
3.2.2. Costos indirectos. ....	72
3.2.2.1. Costos de insumos. ....	73
3.2.3. Costo total de la máquina. ....	73
3.3. Resultados de la máquina .....	73
3.4. Datos comparativos de producción.....	74
3.5. Datos comparativos de costos.....	75
Conclusiones .....	76
Recomendaciones.....	76
Referencias.....	77

## Índice de figuras

Figura 1. Palma de coco .....	3
Figura 2. Enraizamiento de la palma de coco .....	5
Figura 3. Forma de la hoja de la planta .....	6
Figura 4. Inflorescencia del coco .....	7
Figura 5. Fruto.....	7
Figura 6. Consumo industrial del jabón .....	11
Figura 7. Techo hecho de palma de coco .....	11
Figura 8. Siembra de cocos en viveros .....	13
Figura 9. Cosecha de coco. ....	14
Figura 10. Forma tradicional de rallar coco .....	15
Figura 11. Análisis de volumen .....	16
Figura 12. Diámetro horizontal del coco.....	17
Figura 13. Alternativa 1 .....	19
Figura 14. Alternativa 2 .....	20
Figura 15. Alternativa 3 .....	21
Figura 16. Pieza de corte.....	26
Figura 17. Diagrama de cuerpo libre de la cuchilla. ....	26
Figura 18. Vista frontal de la cuchilla.....	30
Figura 19. Representación de la cuchilla .....	32
Figura 20. Pieza de corte.....	34
Figura 21. Velocidades angulares de las poleas.....	36
Figura 22. Diámetros de las poleas .....	39
Figura 23. Ángulos de contactos de las poleas .....	44
Figura 24. Tensiones en las poleas conductoras .....	45
Figura 25. Fuerzas y reacciones en el plano XY.....	48
Figura 26. Representación de fuerzas y reacciones plano XY .....	50
Figura 27. Diagrama de momentos plano XY .....	50
Figura 28. Fuerzas y reacciones plano XZ.....	51
Figura 29. Representación de fuerzas y reacciones plano XZ .....	52
Figura 30. Diagrama de momentos plano XZ.....	53
Figura 31. Vista general del bastidor .....	66
Figura 32. Cargas vivas.....	67
Figura 33. Carga chumacera punto B.....	67
Figura 34. Carga chumacera punto C.....	68
Figura 35. Cargas del motor.....	68

## Índice de tablas

Tabla 1. Cultivo del coco a nivel mundial .....	4
Tabla 2. Clasificación taxonómica.....	4
Tabla 3. Nutrientes de coco.....	8
Tabla 4. Vitaminas del coco.....	8
Tabla 5. Minerales del coco .....	9
Tabla 6. Masa promedio del coco .....	15
Tabla 7. Volumen promedio del coco .....	16
Tabla 8. Volumen del coco. ....	17
Tabla 9. Medidas del coco. ....	18
Tabla 10. Selección de alternativas.....	25
Tabla 11. Costos de materiales .....	71
Tabla 12. Costos de elementos normalizados. ....	72
Tabla 13. Costos de maquinado .....	72
Tabla 14. Costos de insumos.....	73
Tabla 15. Costo total de la máquina.....	73
Tabla 16. Producción de la máquina manual. ....	74
Tabla 17. Producción de la máquina construida. ....	74
Tabla 18. Costos de producción .....	75

## Índice de ecuaciones

Ecuación 1.....	26
Ecuación 2.....	27
Ecuación 3.....	27
Ecuación 4.....	27
Ecuación 5.....	28
Ecuación 6.....	28
Ecuación 7.....	28
Ecuación 8.....	29
Ecuación 9.....	29
Ecuación 10.....	30
Ecuación 11.....	31
Ecuación 12.....	32
Ecuación 13.....	32
Ecuación 14.....	32
Ecuación 15.....	32
Ecuación 16.....	32
Ecuación 17.....	33
Ecuación 18.....	34
Ecuación 19.....	35
Ecuación 20.....	36
Ecuación 21.....	37
Ecuación 22.....	38
Ecuación 23.....	39
Ecuación 24.....	40
Ecuación 25.....	40
Ecuación 26.....	41
Ecuación 27.....	41
Ecuación 28.....	42
Ecuación 29.....	42
Ecuación 30.....	43
Ecuación 31.....	44
Ecuación 32.....	45
Ecuación 33.....	45
Ecuación 34.....	46
Ecuación 35.....	47
Ecuación 36.....	47
Ecuación 37.....	48
Ecuación 38.....	48
Ecuación 39.....	49

Ecuación 40.....	51
Ecuación 41.....	51
Ecuación 42.....	53
Ecuación 43.....	54
Ecuación 44.....	54
Ecuación 45.....	54
Ecuación 46.....	55
Ecuación 47.....	55
Ecuación 48.....	57
Ecuación 49.....	58
Ecuación 50.....	58
Ecuación 51.....	59
Ecuación 52.....	59
Ecuación 53.....	59
Ecuación 54.....	60
Ecuación 55.....	61
Ecuación 56.....	61
Ecuación 57.....	61
Ecuación 58.....	62
Ecuación 59.....	63
Ecuación 60.....	63
Ecuación 61.....	65
Ecuación 62.....	65

## **Resumen**

Actualmente en la provincia de Esmeraldas la forma de rallar coco es muy rústica, en la cual las personas que venden el producto derivado del coco tienen que hacer grandes esfuerzos físicos para rallarlos e invierten mucho tiempo en su realización.

Anteriormente el coco no tenía mayor incidencia en la comunidad, porque solo se lo utilizaba para realizar comidas y para la realización de cocadas en pequeños porcentajes, pero en la actualidad el coco es una fruta bastante comercial por los productos que se derivan del mismo.

Una de las utilizaciones del coco es la realización y venta de cocadas, por eso existen muchos grupos de comerciantes de cocadas en la provincia, lo cual representa un beneficio económico para las personas que se dedican a este comercio.

El presente proyecto abarca las propiedades, los beneficios que tiene el coco en el campo alimenticio y medicinal, considerando a la fruta como un producto muy apetecido a nivel mundial, como se da a conocer a lo largo de la historia.

Las asociaciones de comerciantes de cocadas de la provincia de Esmeraldas no cuentan con una máquina que les permita rallar mayor cantidad de coco, con la demanda que se genera, se ven en la necesidad buscar diferentes tipos de máquinas tanto nacionales como internacionales que les permitan optimizar su producción.

Por tal motivo se selecciona la mejor alternativa de las máquinas y se construye la misma que cumple y se adapta a las exigencias de los diferentes mercados reduciendo costos, aumentando la producción y facilitando el trabajo del operario.

Con la máquina que se construye se aumenta la producción del rallado de coco un 271% lo cual garantiza un crecimiento total para las personas que se dedican a este negocio.

## **Abstract**

Actually in Esmeraldas city to grate coconut is very rustic, so people when sell the different products of the coconut they need doing hard physical effort for to get grate it and people last a lot of time in its carrying.

Previously the coconut do not had higher incidence in the community, only because it was used for to make foods and for the carrying “cocadas” low percents, but actually the coconut is a fruit very seller for the products deriving of the fruit.

The coconut is used for to make cocadas and there are a lot of people in Esmeraldas city who make cocadas.

This project include the properties, the benefits which has the coconut in alimentary and medicinal place considering this fruit as a products very consumed around the world as this knowed in the rest of the history.

The partnerships of the traders don't have a machine which to let grate a great quantity of coconut with the demand that this generates, people need to find different kinds of the national and international machines which let to them optimize the products.

For this reason the best alternative of the machines and is elaborated the same that is adapted to the requirements of the different markets, reducing costs, increasing production and doing easy the operator work.

With the machine which is constructed is increasing production of the grated of the coconut in 271% which it ensures the total growth for people dedicate to this business.

## **Introducción**

La agroindustria tiene como objetivo optimizar su producción debido a las demandas que se generan en el mercado, con el propósito de beneficiar tanto al consumidor como a los industrializados, utilizando recursos tecnológicos que permitan ahorrar tiempos y costos de producción.

Con la creación de maquinarias que reemplazan el trabajo manual de las personas o que ayudan a que el trabajo realizado sea poco forzado y desgastante, se garantiza un mayor porcentaje de producción convirtiendo el trabajo artesanal en industrializado.

En una provincia que tiene un alto porcentaje de consumo de productos derivados del coco, como es la provincia de Esmeraldas, es necesario contar con máquinas que ayuden a mejorar y aumentar la producción de estos derivados.

Contar con instalaciones adecuadas, mano de obra calificada, maquinarias y tecnología, garantizan el auge y crecimiento de la microempresa mejorando el producto y disminuyendo considerablemente las mermas, las devoluciones y desperdicios.

Para el diseño de la máquina se utiliza un material de acero inoxidable, el cual es el más empleado en el sistema alimenticio por sus características físicas y químicas. La máquina consta de un sistema de reducción de velocidad de poleas y bandas dado el bajo costo y comodidad de encontrarse en el mercado local.

El sistema de corte consta de un porta cuchillas al que van soldadas ocho cuchillas, las revoluciones que gira el porta cuchillas es de 700 rpm que permite un buen rallado del coco.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Diseñar y construir una máquina que permite rallar coco en menor tiempo posible y reduciendo los esfuerzos físicos de las personas que se dedican a elaborar cocadas en la provincia de Esmeraldas.

### **Objetivos Específicos**

- Estudiar la importancia que tiene la fruta en la provincia de Esmeraldas.
- Conocer el valor nutritivo, del coco, y las diferentes derivaciones de la fruta.
- Diseñar y construir una máquina seleccionando correctamente los materiales, de acuerdo a las normas alimenticias establecidas y que sea fácil de adquirir por las personas que elaboran cocadas en la provincia de Esmeraldas.
- Aumentar de 5.2Kg/hora a 19.3Kg/hora la producción de cocos rallados, para las personas que se dedican a esta actividad.

# 1. Capítulo I: Marco teórico

## 1.1. Historia del Coco

El coco es una fruta muy apetecida en varios países del mundo, la palabra coco proviene del portugués “cocu”, es distribuida en las regiones tropicales y subtropicales de América del sur, África y Caribe.

Los tres ojos que tiene el fruto llamaron mucho la atención de los antiguos exploradores, los cuales lo relacionaron con la cara del duende o mono, por eso fue llamado por los portugueses como “coco”, cuyo significado es cara de duende o mono. (Mendoza & Silva , 2012)

Palma de coco



Figura 1. Partes y la forma que tiene una planta de coco

Elaborado por: J. Calva y Javier Palacios (2016)

El árbol cocotero es una de las plantas más cultivadas en todo el mundo, de este árbol procede un delicioso y exótico fruto llamado coco. Las razones están en su delicioso sabor y sus beneficios alimentarios, como se observa en la figura 1-1. “El coco, una fruta que en las islas del Pacífico se venera como símbolo sagrado de fertilidad”. (Flowerdew, 1995, pág. 206)

Las palmeras pueden llegar a medir de 28 a 30 m, el fruto es de cascara marrón y oscurece el color de acuerdo al tiempo de cosecha del fruto y su diámetro varía de 25 a 30 cm.

El cocotero se cultiva en zonas tropicales y en algunas regiones subtropicales del mundo. Debido a que es tolerante a los suelos arenosos, salinos, pueden plantarse cernos a las playas del mar.... La producción mundial de los cocos se estima en más de 61 millones de toneladas. Entre los principales países productores se mencionan, Indonesia, Filipinas, India, Sri Lanka y Brasil. Constituye también un cultivo importante en las islas de los mares del sur, Arica y América Latina y las islas del Caribe.... (Sanchez, 2011, pág. 99)

Tabla 1. Cultivo del coco a nivel mundial

	Área cosechada (hectáreas)	Producción (Toneladas )	Rendimiento (hectogramos por hectárea)
COCO	11,864,334	61,708,358	52,011

Nota: Los datos de producción a nivel mundial en el año 2009 para el cultivo del coco, Fuente: (Sanchez, 2011, pág. 99)

En la provincia de Esmeraldas el coco es considerado un producto de cultivo permanente, teniendo un el área de cosecha de 4,156 hectáreas, que representa el 3% del área total de la provincia. (Ministerio de Coordinación de Producción, Empleo y Competitividad, 2011)

## 1.2. Clasificación Taxonómica

Tabla 2. Clasificación taxonómica

Clase	<i>Angiospermeas</i>	Familia	<i>Arecaceae</i>
Subclase	<i>Monocotiledomease</i>	Género	<i>Cocus</i>
Orden	<i>Palmales</i>	Especie	<i>C. nucifera L.</i>

Nota: El coco desde el punto de vista botánico, se clasifica de la siguiente manera, Fuente: (Sanchez, 2011, pág. 100)

### 1.3. Descripción Botánica

#### 1.3.1. Clasificación de los cocoteros.

Existen diferentes formas y tamaños de las palmas de coco, las cuales se agrupan dentro de dos tipos de fecundación como son: alógamas o de fecundación cruzada, y las autógamias o también llamadas autofecundadas.

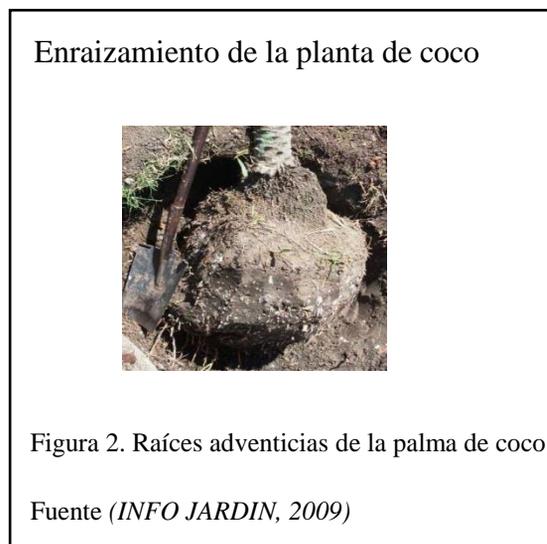
- Variedad alógama: Es la palma de porte alto, cuyo tronco o estipe llega a medir de 20 a 25m.
- Variedad autógama: Es la palma de porte pequeño, cuyo tronco tiene una altura máxima de 12m y con numerosas hojas relativamente cortas.

Según su altura los cocoteros se clasifican en cocoteros gigantes y enanos.

- Cocoteros gigantes: Son cocoteros bastantes altos, robustos y crecen en todo tipo de suelo, su tiempo de vida es de 40 a 90 años, comienzan a florecer a los 8 y 10 años.
- Cocoteros pequeños: Su tiempo de vida es de 30 a 35 años, crecen en suelos fértiles y florecen a los 4 años. (Góngora, 2002, pág. 12)

#### 1.3.2. Raíces.

Las raíces del cocotero se originan en la parte inferior de la planta como se observa en la figura 1-2, son llamadas raíces adventicias y miden de 5 a 6 metros de longitud.



### 1.3.3. Hojas.

Son de color verdoso, se originan de la yema terminal al tronco, la cual forma una corona de 30 hojas, miden 1,5 a 4 m de longitud, con foliolos coriáceos de 50 a 70 cm de largo, como se observa en la siguiente figura.

Forma de la hoja de la planta



Figura 3. Las hojas del coco son de forma arqueada y de tamaño se hasta 4 metros de longitud

Fuente (*Squire, 2008, pág. 78*)

### 1.3.4. Inflorescencia.

La inflorescencia produce flores masculinas y femeninas. Las flores masculinas se forman encima de las femeninas, y las femeninas se originan en las bases de las ramas.

### 1.3.5. Racimo.

Luego de la fecundación, la inflorescencia se va convirtiendo en un racimo de frutos, observado claramente en la figura 1-4, el cual después de un tiempo ya estarán listos para el consumo. (Sanchez, 2011, págs. 99-104)

### Inflorescencia del coco



Figura 4. Una planta de coco puede tener de 6 a 8 racimos.

Fuente (*Ambiente Cultural, 2013*)

### 1.3.6. Fruto.

El fruto cuando está en su etapa de crecimiento es color verdoso y de forma cónica, cuando alcanza su madurez es de forma ovoide casi esférico con colores que van desde verde hasta castaño. (Ira & Sanchez, 2003, pág. 22)

### Fruto

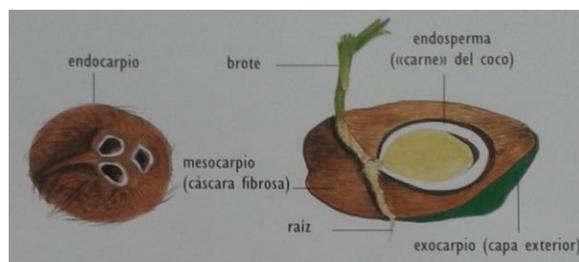


Figura 5. El fruto cuenta con varias capas.

Fuente: (*Squire, 2008, pág. 27*)

El fruto consta de las siguientes partes:

- Endoesperma: Es la parte comestible de la fruta, es lisa y de color blanca.
- Mesocarpio: Es la parte más gruesa del coco, fibroso, de color marrón claro.
- Endocarpio: Parte muy dura del coco, de color oscuro, con tres aristas longitudinales y tres poros germinativos, entre más tiempo tenga la fruta más duro será el endocarpio. (Sanchez , 2011, pág. 104)

## 1.4. Composición Química

El coco es una fruta con gran valor nutricional, las grasas saturadas del coco son fáciles de digerir y metabolizar por el organismo.

### 1.4.1. Nutrientes del coco.

Tabla 3. Nutrientes de coco

Composición nutricional del coco por 100g.	
Nutrientes	Contenido
Agua	46,99 (g)
Calorías	354 (Kcal)
Carbohidratos	15,23 (g)
Proteínas	3,33 (g)
Grasas	33,49 (g)
Grasas de las cuales saturadas	29,69 (mg)
Grasas de las cuales monoinsaturadas	1,43 (mg)
Grasas de las cuales poliinsaturadas	0,37 (mg)
Colesterol	0 (mg)
Fibra	9 (g)

Nota: el coco como las demás frutas tiene diferentes nutrientes, Fuente (*BOTANICAL-ON LINE SL., 2015*)

### 1.4.2. Vitaminas del coco.

Las vitaminas que más se destaca en el coco son del grupo B, importantes para obtener energía en el cuerpo humano.

Tabla 4. Vitaminas del coco

Composición nutricional del coco por 100g.	
Vitaminas	Contenido
Vitamina C	3,3 (mg)
Vitamina B1	0,07 (mg)

Vitamina B2	0,02 (mg)
Vitamina B3	0,54 (mg)
Vitamina B5	0,30 (mg)
Vitamina B6	0,05 (mg)
Folatos	26 (mcg)

Nota: Se puede observar las diferentes vitaminas que tiene el coco, Fuente (*BOTANICAL-ON LINE SL., 2015*)

### 1.4.3. Minerales del coco.

El coco contiene muchos minerales y oligoelementos, (minerales que se encuentran en menor cantidad en el cuerpo humano). En la siguiente tabla se especifica cada uno de los minerales que contiene el fruto.

Tabla 5. Minerales del coco

Composición nutricional del coco por 100g.	
Minerales	Contenido
Calcio	14 (mg)
Magnesio	32 (mg)
Fósforo	113 (mg)
Sodio	20 (mg)
Potasio	350 (mg)
Hierro	2,43 (mg)
Zinc	1,10 (mg)
Cobre	0,44 (mg)
Selenio	10,1 (mg)
Manganeso	1,50 (mg)

Nota: como se observado con los nutrientes y las vitaminas del coco, en la presente grafica se observa los minerales, Fuente: (*BOTANICAL-ON LINE SL., 2015*)

## **1.5. Usos**

### **1.5.1. Uso Humano.**

#### ***1.5.1.1. Nutrición.***

El coco es un fruto muy delicioso, el cual provee de muchos nutrientes, entre ellos se encuentra el calcio, potasio, fosforo, magnesio, vitamina C, vitamina E, etc. Lo cual permite que sea una fruta muy completa, por lo que se recomienda su consumo a personas convalecientes y débiles. (Abehsera, 2014, pág. 8)

#### ***1.5.1.2. Consumo para la piel.***

El coco por su contenido de vitamina E, ayuda a blanquear y embellecer el cutis de la cara y para las manos, ya que el coco contiene ácidos grasos se incrementa el efecto de la vitamina E. (Abehsera, 2014, pág. 35)

#### ***1.5.1.3. Propiedades rehidratantes.***

El agua de coco es una fuente constante de energía, se considera un rehidratante natural debido a su alto contenido de minerales y electrolitos. (Abehsera, 2014, pág. 82)

#### ***1.5.1.4. Consumo para regular la tiroides.***

El agua de coco y el aceite de coco tiene muchas propiedades, las cuales regulan la función de la hormona tiroidea y ayudan a moderar el peso o las funciones intestinales y digestivas. (Abehsera, 2014, pág. 99)

### **1.5.2. Uso Industrial.**

Una de las partes principales del coco para el uso industrial es la copra, del cual se obtiene el albumen seco del coco para la fabricación de aceites, manteca, margarina y jabones, como se observa en la figura 1-6. De la copra desechada se producen alimentos para animales ricos en proteínas.” Pocos árboles son tan versátiles como el coco, su producto más importante es la carne de la nuez”. (Góngora, 2002, pág. 7)

Las fibras (mesocarpio) que envuelven el fruto cuando está maduro se usan para la fabricación de alfombras, cuerdas etc.

### Consumo Industrial del jabón



Figura 6. El jabón es uno de los productos más comercializados.

Fuente: (Coss, 2001, pág. 30)

### 1.5.3. Agricultura.

Los residuos de la extracción del aceite de coco se utilizan para la preparación de abonos orgánicos. El polvo de la estopa se usa para la retención de agua en suelos arenosos.

### 1.5.4. Industria de la construcción.

La madera de la palma de coco es muy utilizada en la construcción de casas, puentes, etc y las hojas secas son utilizadas para formar techos, como se muestra en la figura 1-8. (Sanchez, 2011, pág. 123)

### Techo hecho de palma de coco



Figura 7. Las hojas del coco son utilizadas como techos.

Elaborado por: J. Calva y Javier Palacios (2016)

## **1.6. Factores de Producción**

### **1.6.1. Clima.**

Las óptimas condiciones climáticas para el cocotero son entre 27 y 28 grados centígrados y se encuentran entre los dos paralelos a 10° de latitud norte y sur, que corresponden a la zona tropical.

Los cocoteros pueden cultivarse en regiones con precipitación anual de 1500 a 2000 milímetros y lluvias uniformemente distribuidas en todos los meses.

Para el cocotero el exceso de lluvias es perjudicial porque disminuye la insolación, y del efecto represivo sobre la polinización y fecundación.

La palma de coco es una de las plantas que requiere mucha luz, por lo tanto es ideal la luminosidad de 200 horas de sol al año, o por lo menos, 120 horas por mes. (Ira & Sanchez, 2003, pág. 29)

### **1.6.2. Viento.**

El viento es un factor muy importante para la diseminación del polen, aunque vientos muy fuertes huracanes podrían desenraizar a la palma del coco o que su crecimiento no sea perpendicular al suelo.

### **1.6.3. Suelo.**

El cocotero tiene la ventaja de adaptarse a diferentes tipos de suelos que van desde los suelos arenosos hasta los medianamente arcillosos. El cocotero requiere suelos aireados y bien drenados.

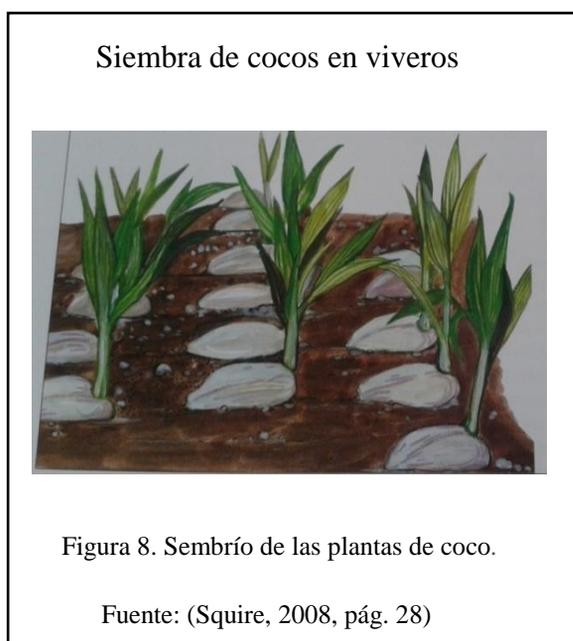
Aunque puede prosperar en suelos relativamente pobres, el cocotero responde bien a la fertilización mineral y orgánica. "Gracias a su capacidad de absorción a través de un sistema de raíces bien desarrollado, sin embargo responde bien al abonamiento mineral y orgánico. Es muy aconsejable la fertilización con nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio". (Ira & Sanchez, 2003) Soporta grados de acidez de 5.0 y aún prospera a un pH de 7.5. (Sanchez, 2011, págs. 107-108)

## 1.7. Procedimiento del Cultivo

### 1.7.1. Viveros.

Para la plantación del coco debe incluirse primero un semillero, donde germina la semilla y luego un vivero donde se van a desarrollar las palmitas. El vivero debe localizarse en una parte alta del terreno, cerca de una fuente de agua.

Las semillas se obtienen de los racimos cuando comienzan a secarse, se siembran horizontalmente y parcialmente enterradas en el suelo para conseguir mayor porcentaje de germinación. El tiempo de germinación es diferente según la variedad y es de tres a seis meses. (Squire, 2008, pág. 28)



### 1.7.2. Trasplante.

El tiempo que se debe dejar crecer la palmita en el vivero es de cuatro a cinco meses después de su germinación en donde alcanzan alturas de unos 90 centímetros y seis hojas.

Se seleccionan las palmas para llevarlas al sitio definitivo, éstas palmitas se las saca con una porción de tierra y con el mayor número de raíces posibles. “La demora en la remoción de las plantitas del vivero y su trasplante en el campo también pueden ser perjudicial, especialmente en las variedades enanas”. (Ira & Sanchez, 2003, pág. 39)

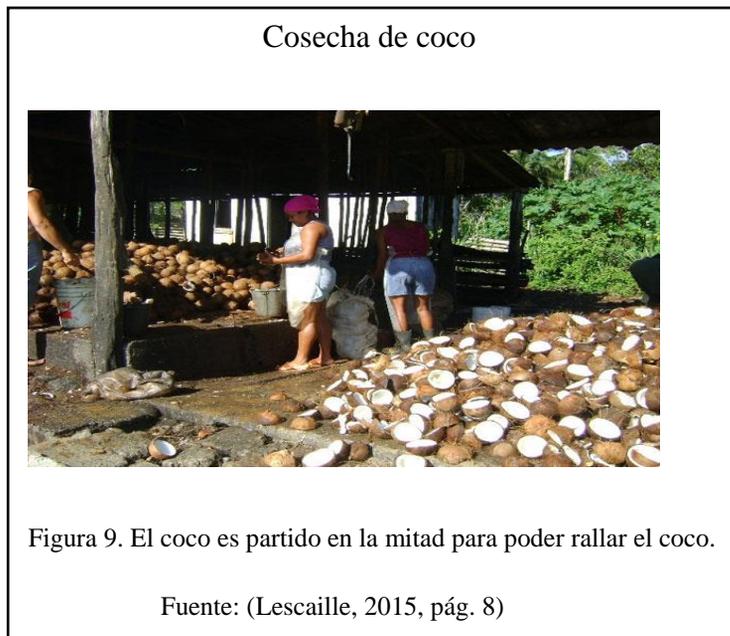
Es recomendable que el trasplante se lo realice al comienzo de la etapa invernal. (Sanchez, 2011, págs. 108-112)

### **1.7.3. Fertilización.**

Para la fertilización de las palmas se debe tomar en cuenta el tipo de suelo, la edad de la palma y variedad, es recomendable aplicar los fertilizantes al principio de las lluvias. (Ira & Sanchez, 2003, págs. 46-47)

### **1.7.4. Cosecha.**

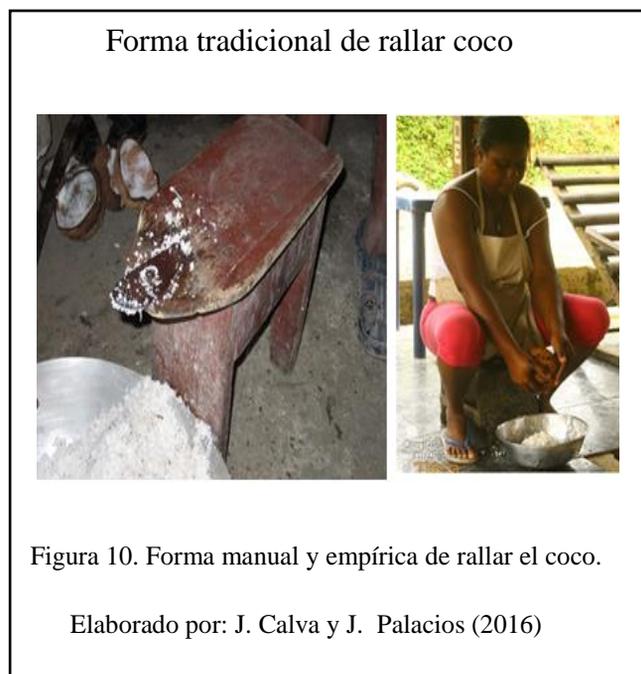
La producción del cocotero es escalonada a lo largo de todo el año, dependiendo de las condiciones climáticas, el tiempo establecido entre la fecundación de las flores y la madurez de las nueces es de 11 a 13 meses. La cosecha del coco es dependiendo de la utilización del producto, si se va a comercializar como fruta fresca se debe dejar el coco entre 5 y 7 meses, pero si se va a realizar jabones, coco rallado para alimentos y productos derivados, se debe dejar madurar los cocos o que caigan al suelo. (Sanchez, 2011, págs. 121-122)



## **1.8. Forma tradicional de rallar el coco**

Para la realización de las cocadas las personas que se dedican a este negocio deben primero rallar la fruta y lo hacen con conchas o con la también denominada ralladora de

coco, que consiste en una tabla con un pedazo de hierro en forma de concha con la cual las personas se demoran mucho tiempo en el rallado.



## 1.9. Características técnicas del coco

### 1.9.1. Masa.

Se determina la masa mediante un ensayo realizando varias mediciones utilizando una balanza electrónica.

Tabla 6. Masa promedio del coco

	Masa del coco (Kg)
Muestra Mínima	0,43
Muestra Medio	0,45
Muestra Máximo	0,49

Elaborado por: J. Calva y Javier Palacios (2016)

### 1.9.2. Volumen.

Para determinar el volumen del coco se realizaron diez muestras, de las cuales se tomó un valor promedio entre el mínimo y el máximo

## Análisis de volumen

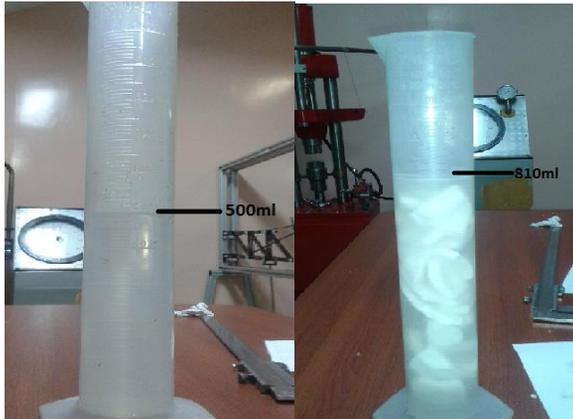


Figura 11. Se una probeta con una cierta cantidad de agua.

Elaborado por: J. Calva y J. Palacios (2016)

$$V=V_f-V_i$$

Donde:

$V$ = Volumen del coco.

$V_f$ = Volumen final.

$V_i$ = Volumen inicial.

Tabla 7. Volumen promedio del coco

	Volumen del coco (m <sup>3</sup> )
Volumen Mínimo	808
Volumen Medio	810
Volumen Máximo	813

Elaborado por: J. Calva y J. Palacios (2016)

$$V=V_f-V_i$$

$$V= 810 - 500$$

$$V = 310 \text{ ml} = 3.1 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

Luego de haber realizado los respectivos ensayos se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 8. Volumen del coco.

	Volumen ( m <sup>3</sup> )
Valor Mínimo	3.2 E-4
Valor Medio	3.1 E-4
Valor Máximo	3 E-4

Elaborado por: J. Calva y J. Palacios (2016)

### 1.9.3. Medidas del coco.

Para el estudio del producto se realizaron las siguientes mediciones a través de un calibrador.

#### 1.9.3.1. Diámetro 1.

Diámetro horizontal del coco.



Figura 12. Se determina mediante un calibrador.

Elaborado por: J. Calva y J. Palacios (2016)

Diámetro horizontal =12.26 cm

Diámetro vertical =10.73 cm

Espesor = 1.31 cm

Se realizaron varias mediciones y se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 9. Medidas del coco.

	<b>Diámetro 1 (m)</b>	<b>Diámetro 2 (m)</b>	<b>Espesor (m)</b>
Valor Mínimo	0.1203	0.1027	0.0127
Valor Medio	0.1226	0.1073	0.0131
Valor Máximo	0.1262	0.1095	0.0138

Elaborado por: J. Calva y J. Palacios (2016)

## 2. Capítulo II. Factibilidad de alternativas

Para el diseño y construcción de la máquina ralladora de coco se tiene tres diseños los cuales se estudiarán a continuación para proceder a elegir la opción más conveniente.

### 2.1 Rallador Coco Industrial BRC-050 (Alternativa 1)

#### 2.1.1. Descripción.

- Estructura de acero con pintura epoxi
- Tolva de aluminio
- Producción de aproximadamente 13 kg / hora de coco rallado
- Motor: monofásico 1 / 4 HP.
- Dimensiones (400x315x315)mm
- Peso 13 Kg.
- Origen: Brasil



#### 2.1.2 Funcionamiento.

Se enciende la máquina y se pone en movimiento un motor de  $\frac{1}{4}$  HP, que transmite el movimiento a una pieza con filos cortantes para rallar el coco. Luego se acerca el coco partido en la mitad, se pone en contacto con las cuchillas y se produce el rallado de coco.

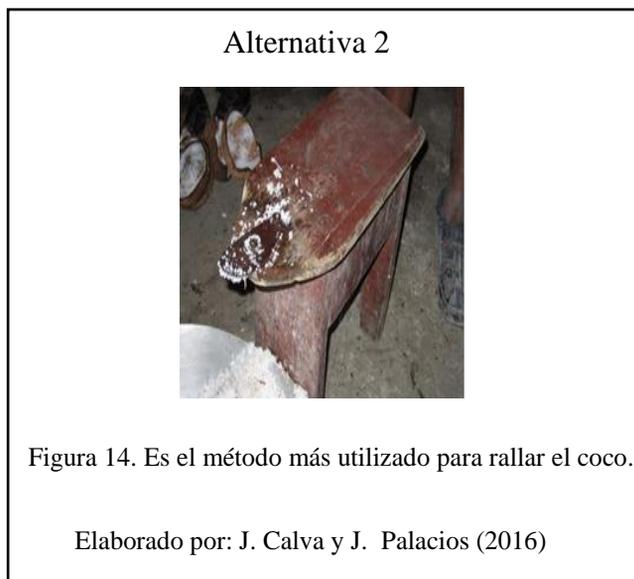
### 2.1.3 Ventajas.

- Costo accesible
- Fácil manejo de operación
- Trabaja con electricidad.
- Fácil mantenimiento.
- Fácil de instalación
- Poco espacio de instalación

### 2.1.4 Desventajas.

- Alto costo de importación.
- Tolva en aluminio.
- Poca productividad.
- Recipiente independiente

## 2.2. Rallador de coco manual (Alternativa 2)



### 2.2.1. Descripción.

- Estructura de madera
- Pedazo platina dentada
- Producción de aproximadamente 5.2 Kg/hora
- Dimensiones (200x400x20)mm

- Peso 8 Kg.
- Origen: Ecuador

### **2.2.2. Funcionamiento.**

Se realiza el rallado de forma manual, acercando el coco a la platina dentada.

### **2.2.3. Ventajas.**

- Fácil maniobrabilidad
- Bajo costo

### **2.2.4. Desventajas.**

- Material inadecuado para el trabajo
- Mayor esfuerzo físico del operario para la producción
- Baja producción
- Herramienta casera
- Expuesto al ambiente

## **2.3. Máquina ralladora de coco con pieza de corte (Alternativa 3)**



### **2.3.1. Descripción.**

- Estructura de acero inoxidable
- Tolva de acero inoxidable.
- Producción de aproximadamente 19.3 Kg/hora
- Motor: monofásico 1 HP.
- Dimensiones (500x520x1400)mm
- Peso 55 Kg.
- Origen: Ecuador

### **2.3.2. Funcionamiento.**

Se enciende el motor y se trasmite el movimiento a través de un sistema de poleas y bandas al porta cuchillas que contiene ocho cuchillas, luego se acerca el coco partido en la mitad, se pone en contacto con las cuchillas y se produce el rallado de coco.

### **2.3.3. Ventajas.**

- Estructura de acero inoxidable.
- Máquina de fácil manejo para el operador.
- Facilidad de montaje y desmontaje.
- Facilidad de materiales para su construcción.
- Tolva para deslizar el producto.
- Bajo costo de fabricación.
- Fabricación local.
- Tiene una estructura para almacenar el coco entero.

### **2.3.4. Desventajas.**

- Espacio de la estructura.
- Peso de la máquina.

## **2.4. Análisis y selección de la mejor alternativa**

### **2.4.1. Parámetros de valoración.**

Para poder valorar la mejor opción se estudian los siguientes parámetros, que permiten demostrar cuál de las tres es la mejor alternativa, todos estos parámetros están ponderados en un valor de 10/10 para su mejor aceptación.

- Costo.
- Producción.
- Disponibilidad de materiales.
- Seguridad.
- Facilidad de fabricación.
- Facilidad montaje y desmontaje.
- Facilidad de operación
- Peso y volumen.
- Facilidad mantenimiento.

#### ***2.4.1.1. Costo.***

En este parámetro se avalúa el costo de fabricación de la máquina ralladora de coco, como son los materiales, procesos de fabricación, costo de importación, y cada uno de las partes que conforman la máquina.

#### ***2.4.1.2. Producción.***

Se evalúa la cantidad de producto rallado en un determinado tiempo de trabajo.

#### ***2.4.1.3. Disponibilidad de materiales.***

En este parámetro se toma en cuenta la facilidad para obtener los materiales en el mercado local.

#### ***2.4.1.4. Seguridad.***

Se evalúa los riesgos que puede tener el operador al realizar el trabajo, de la misma manera que la facilidad que tiene el operador en encender o apagar la máquina en caso de tener algún percance.

#### ***2.4.1.5. Facilidad de fabricación.***

Se evalúa la complejidad del diseño de la máquina ralladora de coco, y la facilidad con las que se puede construir dichas piezas.

#### ***2.4.1.6. Facilidad de montaje y desmontaje.***

En este parámetro se evalúa la dificultad que tiene la máquina al momento de ponerla en marcha y la facilidad que tiene la misma de trasladar de un lugar u otro.

#### ***2.4.1.7. Facilidad de operación.***

Se evalúa la facilidad que tiene el operador al momento de obtener el producto, y entrar en contacto con la máquina y obtener el producto final.

#### ***2.4.1.8. Peso y volumen.***

En este parámetro se basa en el peso y el espacio que ocupa la máquina.

#### ***2.4.1.9. Facilidad de mantenimiento.***

Se evalúa la facilidad que tiene el operador al momento de montar y desmontar cada una de las piezas que conforman la máquina, para su respectivo mantenimiento.

En la siguiente tabla podemos observar claramente los valores, por lo cual seleccionamos la tercera alternativa.

Tabla 10. Selección de alternativas

	Ponderación	Alternativas		
		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
<b>Costo.</b>	10	7	9	7
<b>Producción (kg/h)</b>	10	8	2	9
<b>Disponibilidad de materiales.</b>	9	7	9	9
<b>Seguridad.</b>	9	8	8,5	8
<b>Facilidad de fabricación.</b>	9	7	9	9
<b>Facilidad montaje y desmontaje.</b>	7	7	7	7
<b>Facilidad de operación</b>	8	8	8	8
<b>Peso y volumen.</b>	8	8	8	7
<b>Facilidad mantenimiento.</b>	9	9	9	9
<b>Total.</b>	79	69	69,5	73
<b>Porcentaje.</b>	100%	87,34%	87,97%	92,41%

Elaborado por: J. Calva y J. Palacios (2016)

Como resultado del análisis de las tres alternativas se llega a la conclusión que la mejor opción es la alternativa tres, la cual obtuvo el mayor porcentaje en comparación de las otras dos alternativas, haciendo hincapié en los parámetros de costo y de producción.

## 2.5. Diseño de la máquina ralladora de coco

En este capítulo se estudia cada una de las partes que conforman la máquina ralladora de coco, de la misma forma se seleccionan los diferentes materiales partiendo de los cálculos, así como los diferentes elementos de ajuste y de sujeción de la máquina.

### 2.5.1. Cálculo de las cuchillas.

Para el rallado del coco se utilizará ocho cuchillas de acero inoxidable AISI 304, ya que su aplicación es de grado alimenticio, la cual en sus filos cortantes tiene forma de estriado que permite un mejor rallado al contacto con la fruta.

### Pieza de corte



Figura 16. Es un diseño de forma ovalada.

Elaborado por: J. Calva y J. Palacios (2016)

Para el análisis se toma en cuenta que las cuchillas están soldadas a una pieza denominada porta cuchillas, por lo cual se considera como viga en cantilever. La fuerza que actúa sobre las cuchillas es la mitad de la fuerza promedio que ejerce una persona a una altura de un metro.

#### 2.5.2. Análisis de las cuchillas a flexión.

Diagrama de cuerpo libre de la cuchilla

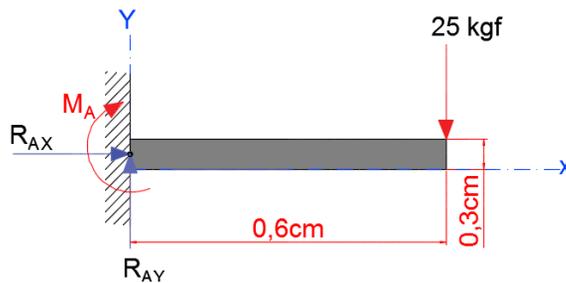


Figura 17. Diagrama de cuerpo libre.

Elaborado por: J. Calva y J. Palacios (2016)

Para el diseño de las cuchillas se hallará el factor de seguridad, para determinar si las cuchillas que se utilizarán son las adecuadas.

$$\eta = \frac{Se}{\sigma_{\max}} \quad (1)$$

Donde:

$\eta$  = Factor de seguridad

$S_e$  = límite de resistencia a la fatiga

$\sigma_{max}$  = Esfuerzo a flexión

$d$  = Altura de la cuchilla

$$M_A = F * d \quad (2)$$

$$M_A = 25 \text{ kgf} * 0.6 \text{ cm}$$

$$M_A = 15 \text{ kgf} * \text{cm}$$

**Esfuerzo a flexión**

$$\sigma_{max} = \frac{M * c}{I} \quad (3)$$

Donde:

$\sigma_{max}$  = Esfuerzo máximo a flexión

$M$  = Par de torsión

$c$  = Espesor/2

$I$  = Momento de inercia

$$I = \frac{b * h^3}{12} \quad (4)$$
$$I = \frac{0.3 \text{ cm} * (0.6 \text{ cm})^3}{12}$$

$$I = 5.4 * 10^{-3} \text{ cm}^4$$

Remplazamos la ecuación (4) en la ecuación (3)

$$\sigma_{\max} = \frac{M \cdot c}{I} \quad (5)$$

$$\sigma_{\max} = \frac{(15 \text{ kgf} \cdot \text{cm}) \cdot 0.15 \text{ cm}}{5.4 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^4}$$

$$\sigma_{\max} = 416.66 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

(Hibbeler, 2006, págs. 286-287)

### 2.5.3. Cálculo de la resistencia a la fatiga.

De acuerdo con el acero inoxidable AISI 304 se tiene que  $S_{ut} = 586 \text{ MPa}$  (Resistencia a la tensión viga rotativa).

$$S_{ut} = 586 \text{ MPa} = 5977 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad (\text{Anexo 1})$$

$$S_e' = 0.5 S_{ut} \quad (6)$$

$$S_e' = 0.5 \cdot \left( 5977 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right)$$

$$S_e' = 2988 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

#### 2.5.3.1. Límite de resistencia a la fatiga.

$$S_e = S_e' \cdot K_a \cdot K_b \cdot K_c \cdot K_d \cdot K_e \quad (7)$$

Donde:

$S_e$  = Límite de resistencia a la fatiga

$K_a$  = Factor de acabado superficial (Anexo 2)

$K_b$  = Factor de corrección por tamaño (**Anexo 3**)

$K_c$  = Factor de confiabilidad (**Anexo 4**)

$K_d$  = Factor de corrección de temperatura (**Anexo 5**)

$K_e$  = Factor de concentración de esfuerzos (**Anexo 6**)

$$K_a = a * S_{ut}^b \quad (8)$$

$$K_a = 4.45 * (5300)^{-0.265}$$

$$K_a = 0.458$$

$K_b = 1$  porque no existe modificación o maquinado en la superficie.

$$K_c = \alpha * S_{ut}^{\beta} \quad (9)$$

$$K_c = 0.258 * (5300)^{0.125}$$

$$K_c = 0.75$$

$K_d = 1$  el valor es uno ya que trabaja a temperaturas normales  $T \leq 450^\circ\text{C}$

$K_e = 1$  ya que la cuchilla será afectada en su total del área menos del 50%

Se reemplaza en la ecuación (7) tenemos que el límite de resistencia a la fatiga.

$$S_e = S_e' * K_a * K_b * K_c * K_d * K_e$$

$$S_e = (2988 * 0.458 * 1 * 0.75 * 1 * 1) \left( \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right)$$

$$S_e = 1026,37 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

(Budynas & Nisbett , 2008, págs. 278-288)

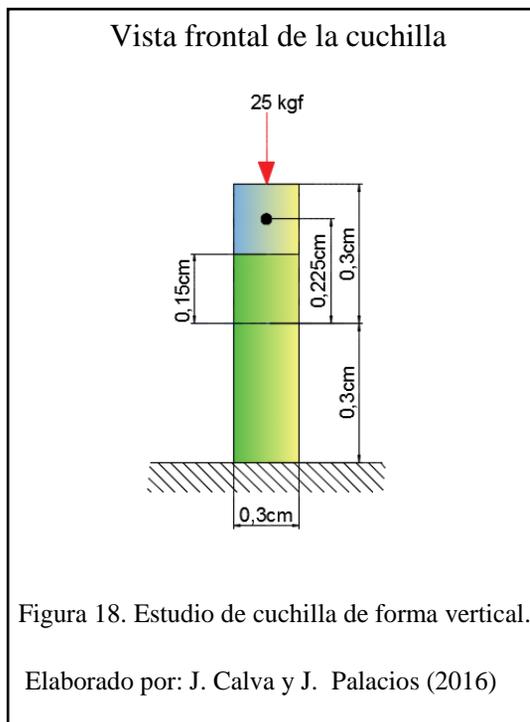
Para calcular el factor de seguridad reemplazamos en la ecuación (1)

$$\eta = \frac{Se}{\sigma_{\max}}$$

$$\eta = \frac{1026,37 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}{416.66 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}$$

$$\eta = 2.46$$

#### 2.5.4. Análisis de las cuchillas a esfuerzos cortantes.



Para el diseño de las cuchillas se halla el factor de seguridad utilizando esfuerzo cortante, para determinar si el espesor de las cuchillas que se utilizan son las adecuadas.

$$\eta = \frac{Se}{\mathcal{T}_{\max}} \quad (10)$$

Donde:

$\eta$  = Factor de seguridad

$S_e$  = límite de resistencia a la fatiga

$\mathcal{J}_{\text{cmax}}$  = Esfuerzo cortante máximo

### **Esfuerzos cortantes**

$$\tau_{\text{cmax}} = \frac{V \cdot Q}{I t} \quad (11)$$

Donde:

$\mathcal{J}_{\text{cmax}}$  = Esfuerzo máximo cortante

$Q$  = Máximo cuando se considera toda el área de arriba del eje neutro

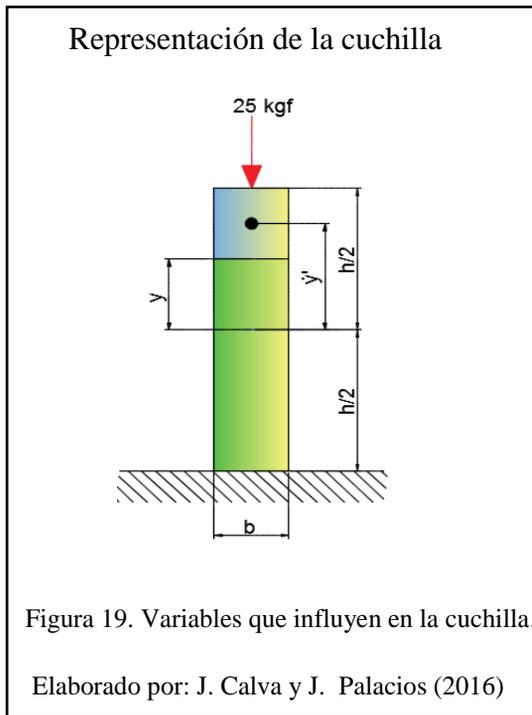
$\bar{y}'$  = Punto dado en la figura 3.3

$A'$  = Área sombreada de la figura 3.3

$V$  = Fuerza cortante en la sección

$t$  = Constante de la base

$I$  = Momento de inercia de la placa



$$Q = \bar{y}' * A' \tag{12}$$

$$\bar{y}' = \left[ y + \frac{1}{2} \left( \frac{h}{2} - y \right) \right] \left( \frac{h}{2} - y \right) b \tag{13}$$

$$A' = \left( \frac{h}{2} - y \right) b \tag{14}$$

Simplificando la ecuación Q tenemos

$$Q = \frac{1}{2} \left( \frac{h^2}{4} - y^2 \right) b \tag{15}$$

$$I_t = \left( \frac{1}{12} * b * h^3 \right) * b \tag{16}$$

$$I_t = \left( \frac{1}{12} * 0.3 \text{ cm} * (0.6 \text{ cm})^3 \right) * 0.3 \text{ cm}$$

$$I_t = 1.62 \times 10^{-3} \text{ cm}^5$$

Se reemplaza la ecuación 15 y 16 en 11

$$J_{\text{cmax}} = \frac{V * \left[ \frac{1}{2} \left( \frac{h^2}{4} - y^2 \right) b \right]}{I_t} \quad (17)$$

$$J_{\text{cmax}} = \frac{25\text{kgf} * \left[ \frac{1}{2} \left( \frac{(0.6\text{cm})^2}{4} - (0.15\text{cm})^2 \right) * 0.3\text{cm} \right]}{1.62 \times 10^{-3} \text{ cm}^5}$$

$$J_{\text{cmax}} = 154.32 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

(Hibbeler, 2006, págs. 378-379)

### 2.5.5. Cálculo de la resistencia a la fatiga.

Se utilizará el mismo valor de la resistencia a la fatiga hallado en la ecuación 7 en donde  $Se = 1026,37 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$

Para calcular el factor de seguridad reemplazamos en la ecuación (10)

$$\eta = \frac{Se}{J_{\text{cmax}}}$$

$$\eta = \frac{1026.37 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}{154.32 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}$$

$$\eta = 6.64$$

Se obtiene los factores de seguridad de los esfuerzos a flexión y cortante, se puede determinar la factibilidad del diseño de las cuchillas.

### 2.6. Fuerza de trabajo

$$F = 25\text{kgf} \times \frac{9.8 \text{ N}}{1\text{kgf}}$$

$$F=245 \text{ N}$$

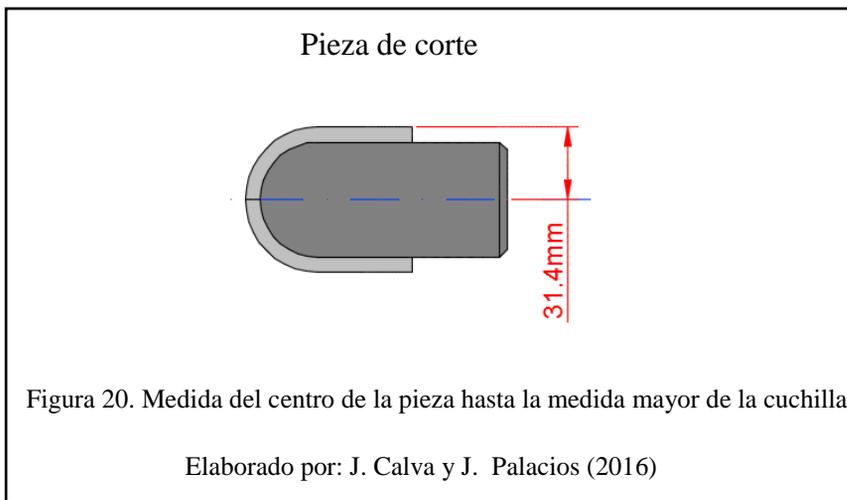
## 2.7. Velocidad angular de trabajo

La velocidad estimada para el rallado de coco según la forma experimental es de 600 a 700 rev/min, velocidad con la que permite rallar el coco de forma segura y sin dificultades.

$$w=700 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{2*\pi*\text{rad}}{1 \text{ rev}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}$$

$$w=73.30 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

### 2.7.1. Potencia de trabajo.



$$P_t = F * r * w \quad (18)$$

Donde:

$P_t$  = Potencia de trabajo

$r$  = Distancia del centro del eje al límite de la cuchilla

$w$  = Velocidad angular

$$P_t = 245 \text{ N} * 0.0314 \text{ m} * 73.30 \frac{1}{\text{s}}$$

$$P_t = 563.9 \text{ W} * \frac{1 \text{ HP}}{746 \text{ W}}$$

$$P_t = 0.76 \text{ HP}$$

Potencia requerida  $P \approx 1 \text{ HP}$

Según la potencia requerida calculada, seleccionamos un motor de 1HP el cual cumple con los parámetros de diseño. (**Anexo 8**)

- Motor monofásico.
- 110V
- 1730 rpm

### 2.7.2. Torque del motor.

$$T = \frac{P}{W} \tag{19}$$

Donde:

T = Momento torsor

P = Potencia del motor en watt

w = Velocidad angular que permite el rallado del coco

$$T = \frac{P}{W}$$

$$T = \frac{746 \frac{\text{Nm}}{\text{s}}}{73.30 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}$$

$$T=10.18 \text{ Nm}$$

Se parte del par de torsión se halla la fuerza que se ejerce desde el punto centro al extremo de la cuchilla.

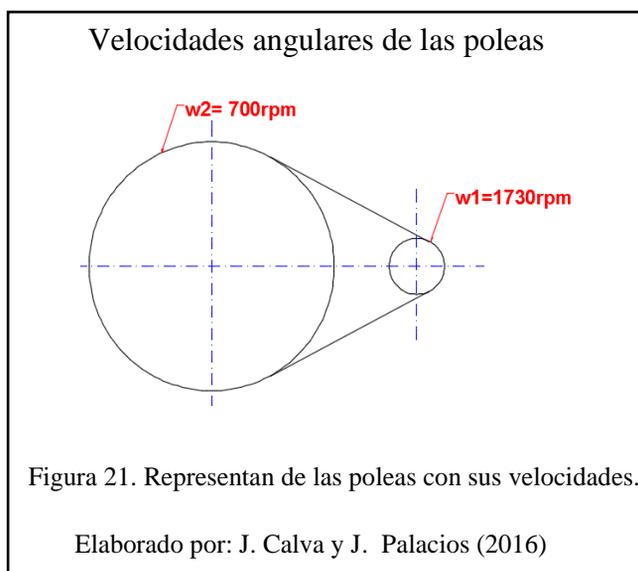
$$T=F*r$$

$$F=\frac{T}{r}$$

$$F=\frac{10.18 \text{ Nm}}{0.0314 \text{ m}}$$

$$F=324.2 \text{ N}$$

### 2.7.3. Relación de transmisión.



$$K=\frac{w1}{w2} \quad (20)$$

Donde:

w1 = Velocidad angular de la polea conductora (**Anexo 8**)

$w_2$  = Velocidad angular de la polea conducida

$$K = \frac{1730 \frac{\text{rev}}{\text{min}}}{700 \frac{\text{rev}}{\text{min}}}$$

$$K = 2.47$$

#### 2.7.4. Potencia de servicio.

$$P_d = P_{\text{motor}} * C_c \quad (21)$$

Donde:

$P_d$  = Potencia de Diseño

$C_c = 1.2$  Según la tabla de coeficiente de corrección de potencia (**Anexo 9**)

Factores de Trabajo

Motor = 110 V

Trabajo de la máquina (Horas) de 6-16 horas al día

$$P_d = P_{\text{motor}} * C_c$$

$$P_d = 0.76 \text{ HP} * 1.2$$

$$P_d = 0.912 \text{ HP} \approx P_d = 1 \text{ HP}$$

(Calero, 1998, pág. 262)

#### 2.8. Selección de la correa

Para determinar la sección de la correa se toma en cuenta la potencia de diseño y velocidad angular de trabajo. (**Anexo 10**)

- Banda tipo V

- Sección A

Según la tabla el diámetro menor de la polea conductora es de 2.5 pulgadas para una banda trapecial. (**Anexo 10**)

Para calcular los diámetros de las poleas se utiliza las ecuaciones de relación de transmisión entre las velocidades angulares.

$$w1 * D1 = w2 * D2 \quad (22)$$

Donde:

D1= Diámetro de la polea conductora

D2= Diámetro de la polea conducida

w1= Número de revoluciones de entrada

w2= Número de revoluciones de salida

$$D2 = w1 * \frac{D1}{w2}$$

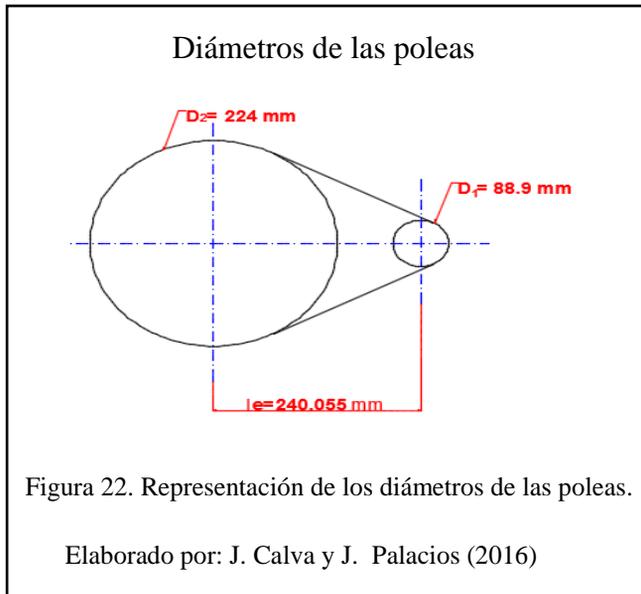
$$D2 = 1730 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{88.9 \text{ mm}}{700 \frac{\text{rev}}{\text{min}}}$$

$$D2 = 219.71 \text{ mm}$$

$$D2 \approx 9 \text{ plg}$$

Según tablas se normaliza el diámetro de la polea.

D2= 224 mm (**Anexo 11**)



### 2.8.1. Distancia entre centro ejes de las poleas.

Cuando la distancia de ejes de las poleas no está previamente establecida por exigencia de la instalación, puede ser determinado con el siguiente criterio.

$$K = \frac{D_2}{D_1} \quad (23)$$

$$K = \frac{224 \text{ mm}}{88.9 \text{ mm}}$$

$$K = 2.51$$

#### 2.8.1.1. Velocidad angular real de trabajo.

$$w_2 = \frac{w_1}{K}$$

$$w_2 = \frac{1730 \text{ rpm}}{2.51}$$

$$w_2 = 690 \text{ rpm}$$

La velocidad angular real de transmisión será 690 rpm

Donde:

D2= Diámetro normalizado de la polea conducida

D1= Diámetro de la polea conductora

$I_c$ = Distancia entre centros entre la poleas conducida y conductora

$$I_c = \frac{(K+1)*D1}{2} + D1 \quad (24)$$

$$I_c = \frac{(2.51+1)*88.9\text{mm}}{2} + 88.9\text{mm}$$

$$I_c = 244.91 \text{ mm}$$

### 2.8.2. Longitud primitiva de la correa.

$$L = 2*I_c*1.57(D2+D1) + \frac{(D2-D1)^2}{4*I_c} \quad (25)$$

Donde:

L = Longitud primitiva de la correa

$$L = 2*244.91\text{mm}*1.57(224+88.9) + \frac{(224-88.9)^2}{4*244.91}$$

$$L = 999.71 \text{ mm}$$

Según el catálogo de correas se elige A39 que equivale a 990mm y se necesita 999.71 mm

Como  $L \neq L'$  variara la distancia establecida entre los ejes (**Anexo 12**)

### 2.8.3. Distancia efectiva entre ejes.

$$I_e = I \pm \frac{L-L'}{2} \quad (26)$$

$$I_e = 244.91 + \frac{999.71\text{mm} - 990\text{mm}}{2}$$

$$I_e = 249.76 \text{ mm}$$

$$I_e = 244.91 - \frac{999.71\text{mm} - 990\text{mm}}{2}$$

$$I_e = 240.055 \text{ mm}$$

Se elige la distancia efectiva  $I_e = 240.055 \text{ mm}$ , la cual ayuda a un buen tensado de la correa y permite un buen trabajo.

### 2.8.4. Ángulo de abrazamiento de la polea conductora.

La transmisión de movimiento se transmite desde la polea a la correa por fricción y se forma un ángulo de contacto.

$$\delta = 180 - 57 * \frac{D_2 - D_1}{I_e} \quad (27)$$

$$\delta = 180 - 57 * \frac{224 - 88.9}{240.055}$$

$$\delta = 147.92^\circ$$

(Calero, 1998, págs. 262-266)

### 2.8.5. Velocidad periférica de las correas.

La velocidad periférica es la velocidad máxima que soporta la correa al producirse el rozamiento entre la polea y la correa.

$$V_c = \frac{\pi * D1 * w1}{60 * 1000} \quad (28)$$

Donde:

$V_c$ : Velocidad periférica.

$D1$ : Diámetro de la polea conductora

$w1$ : Revoluciones de la polea conductora

$$V_c = \frac{\pi * 88.9 \text{ mm} * 1730 \frac{\text{rev}}{\text{min}}}{60 * 1000}$$

$$V_c = 8.05 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

#### 2.8.6. Potencia transferible.

$$P_t = K_1 * c \quad (29)$$

Donde:

$P_t$ = Potencia transferible.

$K_1$ = Módulo de potencia.

$c$  = Coeficiente de reducción.

##### 2.8.6.1. Módulo de potencia.

A partir de la velocidad periférica y la sección de la correa. (**Anexo 15**)

$$\frac{8-10}{8-8.05} = \frac{0.91-1.11}{0.91-K_1}$$

$$k_1 = 0.915$$

### 2.8.6.2. Coeficiente de reducción según el arco abrazado.

Con el ángulo de abrazamiento  $\delta = 147.92^\circ$ . (Anexo 15)

$$\frac{140-150}{140-147.92} = \frac{0.89-0.92}{0.89-c}$$

$$c=0.91376$$

Los valores de  $k_1$  y  $c$  reemplazamos en la ecuación 29

$$P_t = K_1 * c$$

$$P_t = 0.91376 * 0.915$$

$$P_t = 0.836 \text{ Hp}$$

### 2.8.7. Número de correas.

El factor de diseño es  $P_d = 1 \text{ HP}$

$$\#c = \frac{P_d}{P_t} \quad (30)$$

$$\#c = \frac{1}{0.836}$$

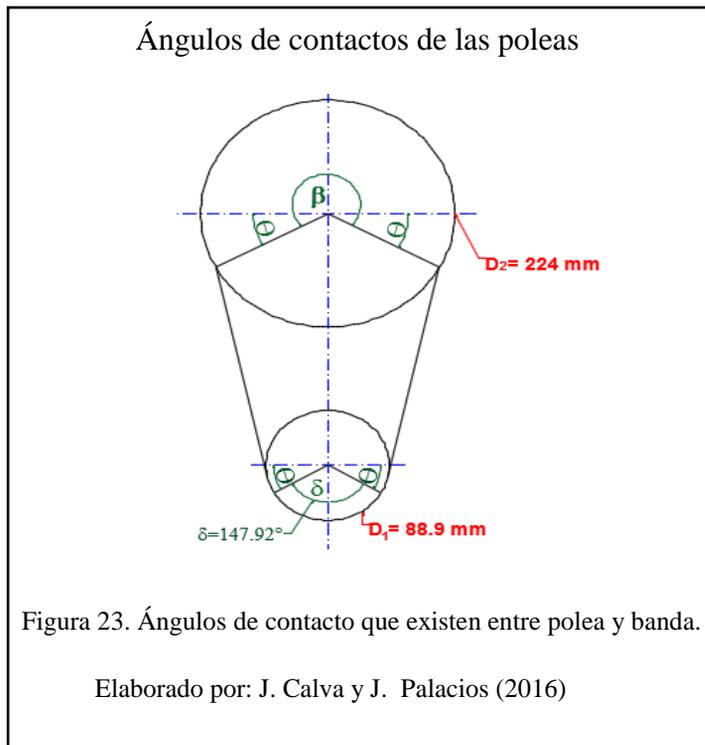
$$\#c = 1.2$$

$$\#c \approx 2 \text{ correas}$$

Para mayor seguridad se utiliza dos correas porque ayuda a aliviar las tensiones y las correas tendrán una mayor durabilidad

(Larburu, 2007, pág. 317)

### 2.8.8. Ángulo de contacto de las correas en la polea conductora y en la polea conducida.



#### Polea conductora.

Se determina el ángulo  $\theta$  tomando como referencia el ángulo de abrazamiento de la polea conductora  $\delta$

$$2\theta + \delta + 180^\circ = 360^\circ \quad (31)$$

$$2\theta = 360 - \delta - 180^\circ$$

$$\theta = \frac{360^\circ - 180^\circ - 147.92^\circ}{2}$$

$$\theta = 16.04^\circ$$

#### Polea conducida

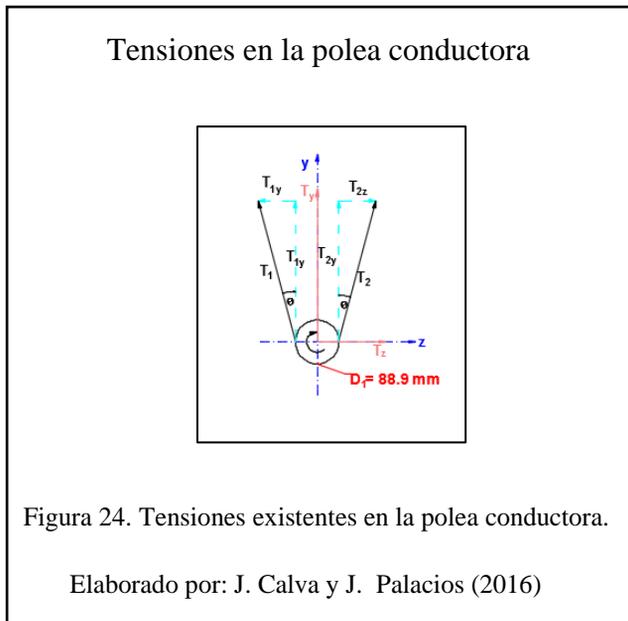
Se utiliza el ángulo  $\theta$  se calcula el ángulo de abrazamiento de la polea conducida  $\beta$

$$\beta=180^\circ+20 \quad (32)$$

$$\beta=180^\circ+2(16.04^\circ)$$

$$\beta=212.08^\circ$$

$$\beta=3.7 \text{ rad}$$



### 2.8.9. Tensiones producidas en las poleas.

Según la ecuación de Euler se describe la tensión en poleas existente. (Calero, 1998, pág. 253)

$$\frac{T1}{T2} = e^{\frac{f \cdot \beta}{\sin(\frac{\alpha}{2})}} \quad (33)$$

Donde:

T1, T2 = Tensiones en las bandas

$\beta$  = Ángulo de contacto en la polea (rad)

f = Coeficiente de fricción o rozamiento (**Anexo 13**)

$\alpha$  = Ángulo de garganta (40) (Anexo 14)

Según la ecuación de Euler

$$\frac{T1}{T2} = e^{\frac{f*\beta}{\text{sen}(\frac{\alpha}{2})}}$$

$$\frac{T1}{T2} = e^{\frac{0.4*3.7}{\text{sen}(\frac{40}{2})}}$$

$$\frac{T1}{T2} = 75.734$$

$$T1 = 75.734 \text{ lbf} * T2$$

**2.8.10. Tensión estática.**

$$T1 - T2 = \frac{3300 * P_d}{V_c \left( \frac{\text{pie}}{\text{min}} \right)} \quad (34)$$

Donde:

$P_d$  = Potencia de Diseño

$V_c$  = Velocidad de la correa  $\left( 1449 \frac{\text{pie}}{\text{min}} \right)$

$$T1 - T2 = \frac{3300 * 1 \text{HP}}{1449 \left( \frac{\text{pie}}{\text{min}} \right)}$$

$$T1 - T2 = 22.77 \text{ lbf}$$

Se Reemplaza la ecuación 37 en la ecuación 38

$$T1 = 75.734 * T2$$

$$75.734 T2 - T2 = 22.77 \text{ lbf}$$

$$T2 = \frac{22.77 \text{ lbf}}{74.734}$$

$$T2 = 0.3 \text{ lbf}$$

Se reemplaza en ecuación 33

$$T1 = 75.734 * T2$$

$$T1 = 75.734 * 0.3 \text{ lbf}$$

$$T1 = 22.72 \text{ lbf}$$

Tensión resultante que actúa en los ejes Y-Z con respecto al diagrama

$$\mathbf{T_y = (T1 - T2) * \text{sen}\theta} \quad \mathbf{(35)}$$

$$T_y = (22.72 - 0.3) * \text{sen}(16.04)$$

$$T_y = 6.19 \text{ lbf} * \frac{1 \text{ N}}{0.22481 \text{ lbf}}$$

$$T_y = 27.55 \text{ N}$$

$$\mathbf{T_z = (T1 + T2) * \text{cos}\theta} \quad \mathbf{(36)}$$

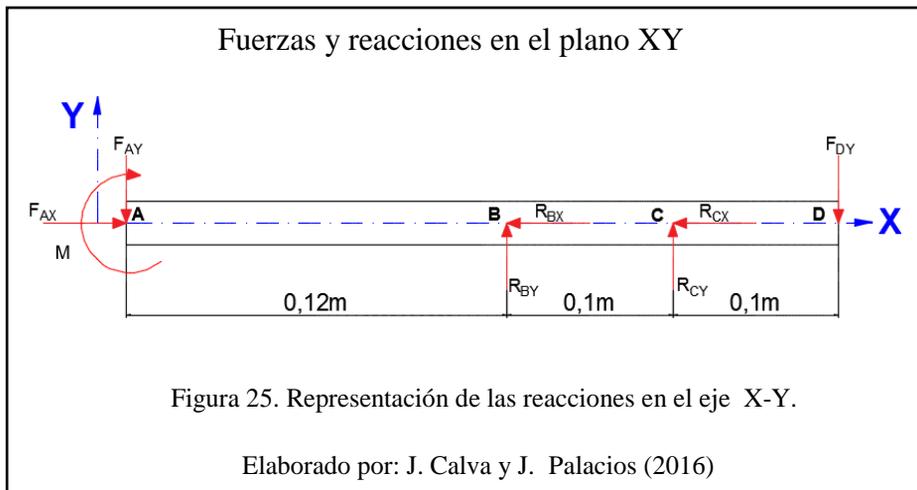
$$T_z = (22.72 + 0.3) * \text{cos}(16.04)$$

$$T_z = 22.12 \text{ lbf} * \frac{1 \text{ N}}{0.22481 \text{ lbf}}$$

$$T_z = 98.41 \text{ N}$$

## 2.9. Cálculo de las reacciones en el eje principal

### 2.9.1. Reacciones en el plano X-Y.



$$F_{AX}=F_{AY}=245 \text{ N}$$

$$F_{DY}=27.55 \text{ N}$$

$$F_{DZ}=98.41 \text{ N}$$

$$\rightarrow \sum F_x = 0$$

$$F_{AX} - R_{BX} - R_{CX} = 0$$

$$R_{BX} + R_{CX} = 245 \text{ N} \quad (37)$$

$$\uparrow \sum F_y = 0$$

$$-F_{AY} + R_{BY} + R_{CY} - F_{DY} = 0$$

$$R_{BY} + R_{CY} = 245 \text{ N} + 27.55 \text{ N}$$

$$R_{BY} + R_{CY} = 272.55 \text{ N} \quad (38)$$

$$\curvearrow \sum M_A = 0$$

$$-R_{BY}(0.12\text{m}) - R_{CY}(0.22\text{m}) + F_{DY}(0.32\text{m}) + M = 0$$

$$27.55(0.32\text{m}) - R_{CY}(0.22\text{m}) + (245 \text{ N} \cdot 0.05\text{m}) = R_{BY}(0.12\text{m})$$

$$R_{BY} = \frac{27.55\text{N}(0.32\text{m}) - R_{CY}(0.22\text{m}) + 12.25\text{N} \cdot \text{m}}{(0.12\text{m})} \quad (39)$$

Se reemplaza la ecuación (39) en la ecuación (38)

$$\frac{27.55 \text{ N}(0.32\text{m}) - R_{CY}(0.22\text{m}) + 12.25 \text{ N} \cdot \text{m}}{(0.18\text{m})} + R_{CY} = 272.55 \text{ N}$$

$$73.46 \text{ N} - R_{CY}(1.83) + 102.08\text{N} + R_{CY} = 272.55 \text{ N}$$

$$-R_{CY}(0.83) = -102.08 \text{ N} - 73.46 \text{ N} + 272.55 \text{ N}$$

$$R_{CY} = \frac{97.01 \text{ N}}{0.83}$$

$$R_{CY} = -116.879 \text{ N}$$

$$\downarrow R_{CY} = 116.879 \text{ N}$$

La resultante de la  $R_{CY}$  reemplazamos en la ecuación (38) y obtenemos el valor de

$R_{BY}$

$$R_{BY} + R_{CY} = 272.55 \text{ N}$$

$$R_{BY} = 272.55 \text{ N} - (-116.879 \text{ N})$$

$$R_{BY} = 389.429 \text{ N}$$

## Representación de fuerzas y reacciones plano XY

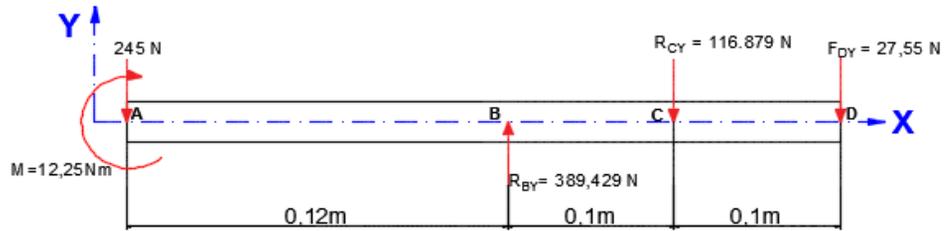


Figura 26. Representación de las reacciones en el eje X-Y.

Elaborado por: J. Calva y J. Palacios (2016)

Según el programa MDS Solid se calculan los momentos.

### 2.9.2. Momentos en el plano XY.

#### Diagrama de momentos plano XY

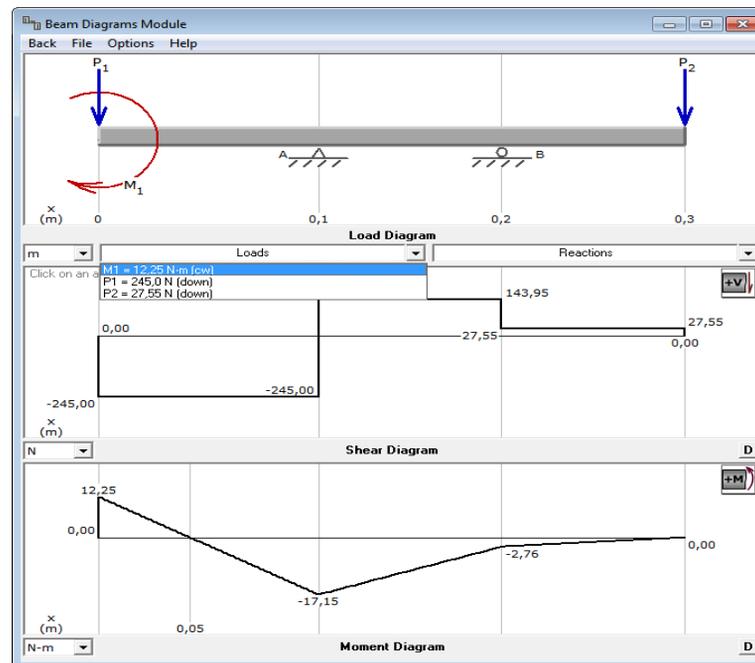
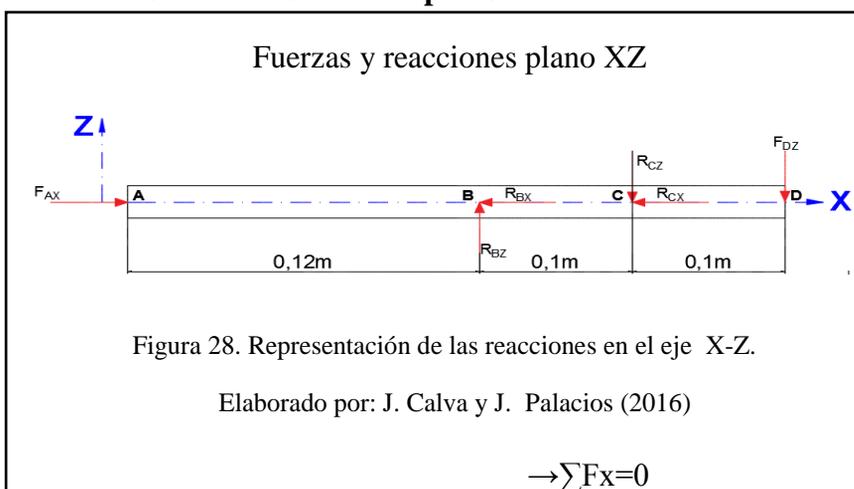


Figura 27. Para la comprobación se la realiza mediante un software.

Elaborado por: J. Calva y J. Palacios (2016)

### 2.9.3. Reacciones en el plano X-Z.



$$F_{AX} - R_{BX} - R_{CX} = 0$$

$$R_{BX} + R_{CX} = 245 \text{ N}$$

$$\uparrow \sum F_Z = 0$$

$$R_{BZ} - R_{CZ} - F_{DZ} = 0$$

$$R_{BZ} - R_{CZ} = 98.41 \text{ N} \quad (40)$$

$$\curvearrow \sum M_A = 0$$

$$-R_{BZ}(0.12\text{m}) + R_{CZ}(0.22\text{m}) + F_{DZ}(0.32\text{m}) = 0$$

$$98.41\text{N}(0.32\text{m}) + R_{CZ}(0.22\text{m}) = R_{BZ}(0.12\text{m})$$

$$R_{BZ}(0.12\text{m}) - R_{CZ}(0.22\text{m}) = 31.49 \text{ Nm}$$

$$R_{BZ}(0.12\text{m}) = 31.49 \text{ Nm} + R_{CZ}(0.22\text{m})$$

$$R_{BZ} = \frac{31.49 \text{ Nm} + R_{CZ}(0.22\text{m})}{(0.12\text{m})}$$

$$R_{BZ} = R_{CZ}(1.83\text{m}) + 260.16 \text{ Nm} \quad (41)$$

Se reemplaza la ecuación (41) en la ecuación (40)

$$R_{BZ}-R_{CZ}=98.41 \text{ N}$$

$$-R_{CZ}=98.41-R_{BZ}$$

$$R_{CZ}=-98.41 \text{ N}+R_{CZ}(1.83\text{m})+260.16 \text{ Nm}$$

$$-R_{CZ}(0.83\text{m})=161.75 \text{ Nm}$$

$$R_{CZ}=-194.87 \text{ N}$$

$$\uparrow R_{CZ}=194.87 \text{ N}$$

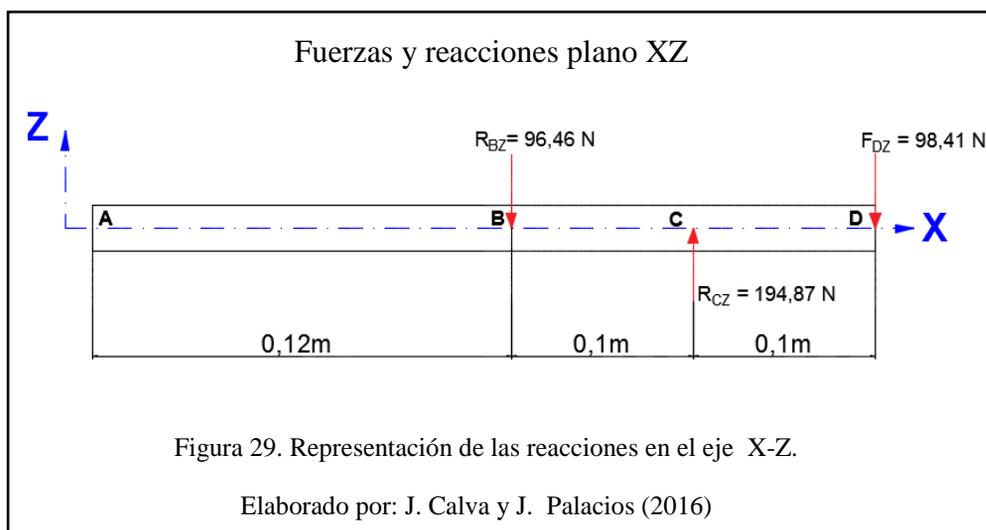
La resultante de la  $R_{CZ}$  se reemplaza en la ecuación (44) y se  $R_{BZ}$

$$R_{BZ}-R_{CZ}=98.41 \text{ N}$$

$$R_{BZ}=98.41\text{N}+(-194.87\text{N})$$

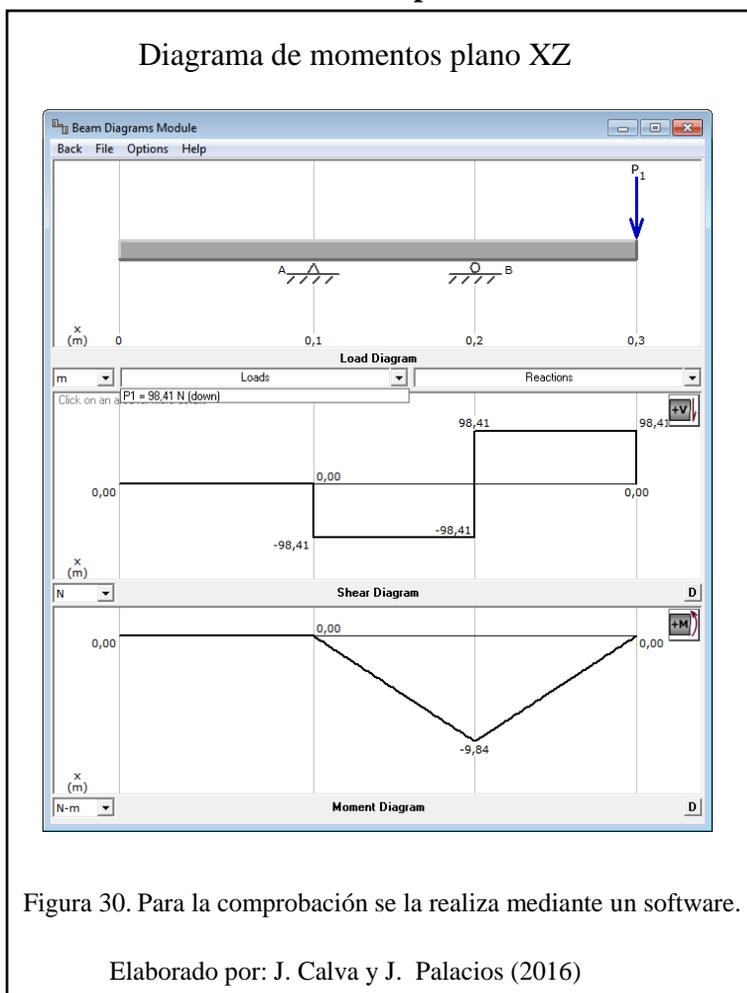
$$R_{BZ}=-96.46 \text{ N}$$

$$\downarrow R_{BZ}=96.46 \text{ N}$$



Según el programa MDS Solid se calculan los momentos.

### 2.9.4. Momentos en el plano XZ.



Momento en el punto B. en los planos (X-Y) y en el plano (X-Z)

$$M_{RB} = \sqrt{(M_{B(X-Y)})^2 + (M_{B(X-Z)})^2} \quad (42)$$

$$M_{RB} = \sqrt{(17.15)^2 + (0)^2}$$

$$M_{RB} = 17.15 \text{ Nm}$$

Momento en el punto C. en los planos (X-Y) y en el plano (X-Z)

$$M_{RC} = \sqrt{(M_{C(x-y)})^2 + (M_{C(x-z)})^2} \quad (43)$$

$$M_{BC} = \sqrt{(2.76)^2 + (9.84)^2}$$

$$M_{RC} = 10.21 \text{ Nm}$$

## 2.10. Diseño del eje

Para diseñar el eje se selecciona el material, el cual es Acero Inoxidable AISI 304 y tenemos por tablas que  $S_y = 2.41 \times 10^8 \text{ MP}$ , (**Anexo 1**)

Se aplica la teoría del esfuerzo máximo.

En el punto más crítico el momento es:

$$M_{RB} = M_{\max} = 17.15 \text{ Nm}$$

$$T = 10,18 \text{ Nm}$$

Se aplica la teoría del esfuerzo cortante máximo

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma_{eq}} \quad (44)$$

Donde:

$\eta$  = Factor de seguridad

$S_y$  = Límite de fluencia

$\sigma_{eq}$  = Esfuerzo equivalente

$$\sigma_{eq} = \sqrt{(\sigma_x)^2 + 4(\tau_{xy})^2} \quad (45)$$

(Calero, 1998, págs. 527-529)

Donde:

$\sigma_x$  = Esfuerzo a flexión

$\tau_{xy}$  = Esfuerzo por torsión

$M_{\max}$  = Momento máximo en el punto crítico

T = Torque del motor

$$\sigma_x = \frac{32 * M_{\max}}{\pi * d^3} \quad (46)$$

$$\sigma_x = \frac{32 * 17.15 \text{ Nm}}{\pi * d^3}$$

$$\sigma_x = \frac{174.69 \text{ Nm}}{d^3}$$

$$\tau_{xy} = \frac{16 * T}{\pi * d^3} \quad (47)$$

$$\tau_{xy} = \frac{16 * (10.18 \text{ Nm})}{\pi * d^3}$$

$$\tau_{xy} = \frac{51.85 \text{ Nm}}{d^3}$$

Cuando se tiene una confiabilidad promedio de todas las medidas se utiliza un  $\eta = 2$  a  $2.5$  para el diseño del eje se tendrá como dato un  $\eta = 2.5$  (Anexo 15)

$$2.2 = \frac{S_y}{\sqrt{(\sigma_x)^2 + 4(\tau_{xy})^2}}$$

$$2.2 = \frac{2.41 \times 10^8 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{\sqrt{\left(\frac{174.69 \text{ Nm}}{d^3}\right)^2 + 4 * \left(\frac{51.85 \text{ Nm}}{d^3}\right)^2}}$$

$$\left(\sqrt{\left(\frac{174.69 \text{ Nm}}{d^3}\right)^2 + 4 * \left(\frac{51.85 \text{ Nm}}{d^3}\right)^2}\right)^2 = \left(\frac{2.41 \times 10^8 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{2.5}\right)^2$$

$$\left(\frac{174.69 \text{ Nm}}{d^3}\right)^2 + 4 * \left(\frac{51.85 \text{ Nm}}{d^3}\right)^2 = 9.293 * 10^{15}$$

$$\frac{30516.596 + 4 * (2688.4225)}{d^6} = 9.293 * 10^{15}$$

$$d = \sqrt[6]{\frac{41270.286}{9.293 * 10^{15}}}$$

$$d = 0.0128 \text{ m} = 12.8 \text{ mm}$$

Por la facilidad de adquisición en el mercado se escoge un eje de ¾ de pulgada.

### 2.10.1. Resistencias a las cargas dinámicas.

Una vez calculado el diámetro del eje se calcula los esfuerzos a flexión y a torsión, utilizando la teoría de Von Mises, mediante la cual se hallará el factor de seguridad y se determina si el diámetro del eje es el adecuado.

Se selecciona un eje de ¾ de pulgada para los cálculos y aplicando variación de esfuerzo se tiene:

Donde:

$\sigma_{xa}$  = Esfuerzo nominal alterno en el eje x

$\sigma_{xm}$ =Esfuerzo nominal medio en el eje x

$\tau_{xya}$ =Esfuerzo cortante alterno en el plano xy

$\tau_{xym}$ =Esfuerzo cortante medio en el plano xy

Reemplazamos los datos en la ecuación 46

$$\sigma_{xa} = \frac{32 * M}{\pi * d^3}$$

$$\sigma_{xa} = \frac{32 * 17.15 \text{ Nm}}{\pi * (0.01905 \text{ m})^3}$$

$$\sigma_{xa} = 25268490 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$\sigma_{xm} = 0$  No existe esfuerzo nominal medio en el eje x

Reemplazamos los datos en la ecuación 47

$\tau_{xya} = 0$  no existe esfuerzo cortante alterno en el plano xy

$$\tau_{xym} = \frac{16 * T}{\pi * d^3}$$

$$\tau_{xym} = \frac{16 * 10.18 \text{ Nm}}{\pi * (0.01905 \text{ m})^3}$$

$$\tau_{xym} = 7499511.025 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

### 2.10.2. Criterio de Von Mises.

$$\sigma_{eqm} = \sqrt{(\sigma_{xm})^2 + 3(\tau_{xym})^2} \quad (48)$$

$$\sigma_{eqm} = \sqrt{0 + 3(7499511.025)^2}$$

$$\sigma_{eqm} = 12989534.13 \frac{N}{m^2}$$

$$\sigma_{eqa} = \sqrt{(\sigma_{xa})^2 + 3(\tau_{xya})^2}$$

$$\sigma_{eqa} = \sqrt{(25268490)^2 + 3(0)}$$

$$\sigma_{eqa} = 25268490 \frac{N}{m^2}$$

(Mott, 2006, págs. 190-191)

Análisis del eje de acero inoxidable AISI 304 por resistencia a la fatiga de donde se tiene que la resistencia a la tensión de viga rotatoria es  $S_{ut} = 586 \text{ MPa}$  (**Anexo 1**)

$$S_e' = 0.5 S_{ut} \quad (49)$$

$$S_e' = 0.5 * (586 \text{ MPa})$$

$$S_e' = 293 \text{ MPa}$$

**Límite de resistencia a la fatiga.**

$$S_e = S_e' * K_a * K_b * K_c * K_d * K_e \quad (50)$$

Donde:

$S_e$  = límite de resistencia a la fatiga

$K_a$  = Factor de acabado superficial. (**Anexo 2**)

$K_b$  = Factor de corrección por tamaño (**Anexo 3**)

$K_c$  = Factor de confiabilidad (**Anexo 4**)

$K_d$  = Factor de corrección de temperatura (**Anexo 5**)

$K_e$  = Factor de concentración de esfuerzos (**Anexo 6**)

$$K_a = a * S_{ut}^{-b} \quad (51)$$

$$K_a = 4.45 * (586)^{-0.265}$$

$$K_a = 0.82$$

$$K_b = \left(\frac{d}{0.3}\right)^{-0.113} \quad (52)$$

$$K_b = \left(\frac{1}{0.3}\right)^{-0.113}$$

$$K_b = 0.87$$

$$K_c = \alpha * S_{ut}^{\beta} \quad (53)$$

$$K_c = 1 * (586)^0$$

$$K_c = 1$$

$K_d = 1$  el valor es uno ya que trabaja a temperaturas normales  $T \leq 450^\circ\text{C}$

$K_e = 1$  ya que el eje será afectado en su área menos del 50%

Se reemplaza en la ecuación (43) se tiene que el límite de resistencia a la fatiga.

$$S_e = S_e' * K_a * K_b * K_c * K_d * K_e$$

$$S_e = (293 * 0.82 * 0.87 * 1 * 1 * 1) \text{MPa}$$

$$S_e = 209.02 \text{MPa}$$

$$S_e = 209026200 \frac{N}{m^2}$$

(Budynas & Nisbett, 2008, págs. 278-288)

### 2.10.3. Teorema de Soderbery.

Donde:

$S_m$  = Resistencia media

$$S_m = \frac{S_e}{\frac{\sigma_{eqa}}{\sigma_{eqm}} + \frac{S_e}{S_y}} \quad (54)$$

$$S_m = \frac{209026200}{\frac{25268490}{12989534.13} + \frac{209026200}{2.41 \times 10^8}}$$

$$S_m = 74317130.97 \frac{N}{m^2}$$

(Mott, 2006, págs. 193-197)

Factor de seguridad

$$\eta = \frac{S_m}{\sigma_{eqm}}$$

$$\eta = \frac{74317130.97 \frac{N}{m^2}}{12989534.13 \frac{N}{m^2}}$$

$$\eta = 5.72$$

El factor de seguridad calculado es mayor a 1, por lo tanto el diámetro del eje de  $\frac{3}{4}$  es el adecuado.

## 2.11. Selección de chumaceras

Para seleccionar las chumaceras se realizan los siguientes cálculos, basados en el catálogo de rodamientos NSK.

### 2.11.1. Cargas dinámicas equivalentes.

$$P_o = X_o F_r + Y_o F_a \quad (55)$$

Donde:

$P_o$  = Carga equivalente

$F_r$  = Carga radial

$F_a$  = Carga axial

$X_o$  = Factor de carga radial

$Y_o$  = Factor de carga axial

$f_w$  = Factor de carga (**Anexo 18**)

$f_w, f_a$  = Cargas calculadas

$$F_r = f_w * f_r \quad (56)$$

$$F_a = f_w * f_a \quad (57)$$

(NSK Ltd., 2015, pág. A28)

### 2.11.2. Carga dinámica equivalente.

Se realiza el cálculo de las cargas dinámicas equivalentes para hallar los valores de X, Y.

$$\frac{f_o F_a}{C_{or}} \quad (58)$$

Donde:

$f_o$  = Factor de carga inicial (**Anexo 17**)

$C_{or}$  = Índice de carga básica (**Anexo 17**)

### 2.11.2.1. Carga en punto B.

Análisis de rodamientos en los puntos B

Se tiene:

$$R_{Bxy} = f_r = 389.429 \text{ N} \quad \text{radial}$$

$$R_{Bxz} = f_a = 96.46 \text{ N} \quad \text{axial}$$

Se reemplaza la ecuación (57) en la ecuación (58)

$$\frac{f_o * f_w * f_a}{C_{or}}$$

$$\frac{12.4 * 1.2 * 96.46}{7900} = 0.18$$

Con el valor calculado se tiene  $e \approx 0.22$  (**Anexo 20**)

Relación  $\frac{F_a}{F_r}$

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{96.46 * 1.2}{389.429 * 1.2} = 0.247$$

Si la relación  $\frac{F_a}{F_r} > e$  entonces:

$x = 0.56$  (**Anexo 20**)

$$y=1.99$$

Análisis en el punto B

Reemplazando en ecuación 55

$$P_o = X_o F_r + Y_o F_a \quad (59)$$

$$P_o = 0.56(389.429 * 1.2) + 1.99(96.46 * 1.2)$$

$$P_o = 492.04 \text{ N}$$

### 2.11.2.2. *Capacidad de carga requerida.*

$$C = \frac{f_h}{f_n} * P_o \quad (60)$$

Donde:

$f_n$  = Factor de velocidad (NSK Ltd., 2015, pág. A26)

$f_h$  = Factor de vida a la fatiga (**Anexo 19**)

$f_h = 3$  Porque los rodamientos serán utilizados intermitentemente durante periodos relativamente largos y que consta de un motor pequeño.

$$C = \frac{3}{0.36} * 492.04$$

$$C = 4100.33 \text{ N}$$

Se parte del eje  $\emptyset = \frac{3}{4}$ " utilizando el catálogo de rodamiento de soporte tipo silleta con tornillos de apriete se utilizará un rodamiento tipo UCP204-012D1 que cumple con la especificación de  $C_{or} = 7900 \text{ N} > C$ . (**Anexo 21**)

### 2.11.2.3. Carga en punto C.

Análisis de rodamientos en los puntos C

Se tiene:

$$R_{Bxy}=f_r=116.879 \text{ N} \quad \text{radial}$$

$$R_{Bxz}=f_a=194.87 \text{ N} \quad \text{axial}$$

Se reemplaza la ecuación (57) en la ecuación (58)

$$\frac{f_o * f_w * f_a}{C_{or}}$$
$$\frac{12.4 * 1.2 * 194.87}{7900} = 0.41$$

Con el valor calculado se tiene  $e \approx 0.26$  (**Anexo 20**)

Relación  $\frac{F_a}{F_r}$

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{194.87 * 1.2}{116.879 * 1.2} = 1.66$$

Si la relación  $\frac{F_a}{F_r} > e$  entonces:

$x=0.56$  (**Anexo 20**)

$y=1.71$

(NSK Ltd., 2015, pág. B9)

Análisis en el punto C

$$P_o = X_o F_r + Y_o F_a \quad (61)$$

$$P_o = 0.56(116.879 * 1.2) + 1.71(194.87 * 1.2)$$

$$P_o = 478.41 \text{ N}$$

Capacidad de carga requerida

$$C = \frac{f_h}{f_n} * P_o \quad (62)$$

$$C = \frac{3}{0.36} * 478.41 \text{ N}$$

$$C = 3986.75 \text{ N}$$

(NSK Ltd., 2015, pág. A26)

Se parte del eje  $\emptyset = \frac{3}{4}$ " utilizando el catálogo de rodamiento de soporte tipo silleta con tornillos de apriete se utilizará un rodamiento tipo UCP204-012D1 que cumple con la especificación de  $C_{or} = 7900 \text{ N} > C$ . (**Anexo 21**)

## 2.12. Selección de espesores de las tapas de la máquina

Para cubrir la estructura de la máquina se utiliza material AISI 430, que en este caso tendrá un espesor de 1.2 mm, también para no tener accidentes en el sistema de transmisión se protege mediante una tapa de espesor 1.5 que estará empernada a la estructura, la cual también permite una gran facilidad al momento de hacer el mantenimiento.

## 2.13. Selección de chavetas

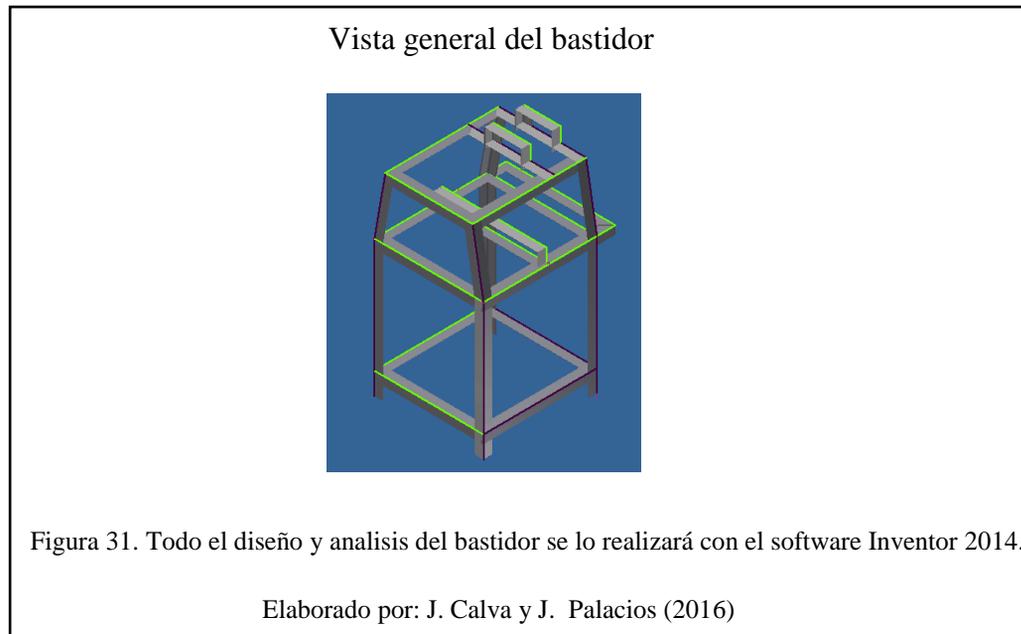
Para seleccionar las chavetas de debe tomar en cuenta el diámetro del eje en cada sección, luego en la tabla ver las características y medidas correspondientes.

Se utilizará una chaveta de 6x6 mm. (**Anexo 22**)

## 2.14. Diseño estructural del bastidor

Para el diseño de la estructura que soportara todos los elementos presentes en el proyecto, se plantea una forma geométrica como la figura (31).

El diseño se lo realizará con ángulos de acero inoxidable AISI 304, estructural doblados en frío, ASTM A-36,  $f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$ , según el catalogo de Dipac.



### 2.14.1. Cargas en el bastidor.

Una vez realizado el diseño se procede hacer el análisis de carga, tomando en cuenta los diferentes pesos que intervienen en la estructura de la máquina, para ello se diseña con un ángulo de acero inoxidable tipo L (40x40x3)

#### 2.14.1.1. Cargas Vivas.

Son las cargas que están presentes por motivos de construcción, montaje y mantenimiento.

$C_v = 705 \text{ N/m}$  peso que será distribuido en los tres perfiles superiores tal como se puede observar en las siguientes figuras.

### Cargas vivas

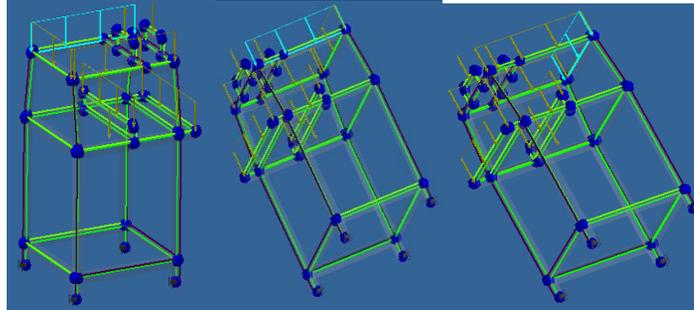


Figura 32. En la gráfica se puede observar en que parte y la forma que actúan las cargas vivas

Elaborado por: J. Calva y J. Palacios (2016)

### 2.14.1.2. Cargas Muertas

#### Carga chumacera punto B

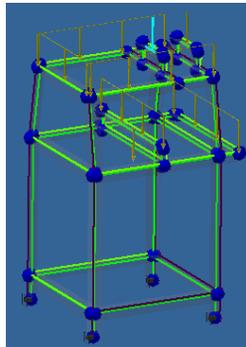


Figura 33. Se consideran cargas muertas al peso propio de la estructura, el peso del motor, poleas, placas, el peso del eje y demás accesorios.  $C_{Mb} = 100 \text{ N}$

Elaborado por: J. Calva y J. Palacios (2016)

### Carga chumacera punto C

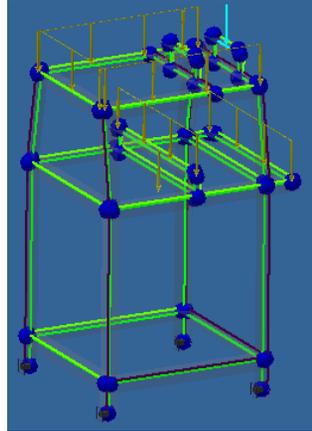


Figura 34. Se determina la carga muerta en el punto C.  $C_{Mc} = 100N$

Elaborado por: J. Calva y J. Palacios (2016)

### Cargas del motor

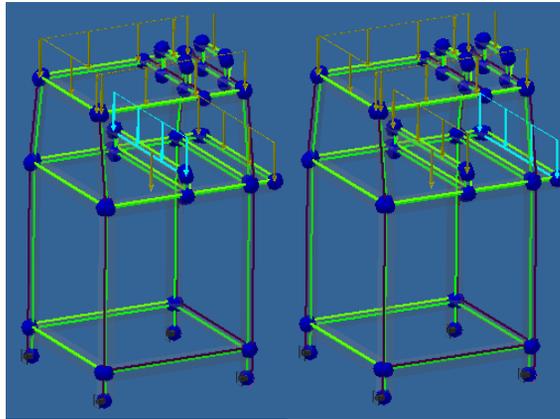


Figura 35. Para el análisis de las carga serán distribuidas como se observa en la figura.  $C_{M\ motor} = 73,5 N$

Elaborado por: J. Calva y J. Palacios (2016)

Una vez consideradas las cargas, se diseñará con el perfil adecuado, el cual es un ángulo L 40x40x3mm que puede soportar todos los esfuerzos máximos presentes en la estructura, para la construcción se conserva el mismo ángulo para toda la estructura.

En el software Inventor, indica claramente el diseño de la estructura de la máquina y cuál es el comportamiento de la misma al momento de aplicar estas fuerzas antes mencionadas, para poder observar el análisis de la estructura véase (**Anexo 21**)

## **2.15. Mantenimiento de la máquina**

La máquina ralladora de coco requiere de un correcto mantenimiento, para optimizar el trabajo y alargar el tiempo de vida útil de la máquina.

Se utilizarán dos tipos de mantenimientos los cuales son preventivos y correctivos.

### **2.15.1. Mantenimiento Preventivo.**

En el mantenimiento preventivo hace referencia a todas las medidas necesarias que se debe emplear para evitar posteriormente las correcciones que se producen por el funcionamiento de la máquina, en las cuales se debe considerar las siguientes.

- Revisión de las partes móviles y fijas.
- Revisión de los elementos de ajuste y fijación.
- Lavado de las partes que se ensucian después de rallar el coco.
- Revisión y limpieza del sistema de transmisión.

Al momento de emplear estas medidas el mantenimiento preventivo que se tendrá que hacer sería mínimo, lo cual representa una ventaja y un menor costo.

### **2.15.2. Mantenimiento preventivo partes móviles.**

Las chumaceras deben de estar correctamente lubricadas para alargar el tiempo de vida útil, las bandas deben estar templadas para evitar el desgaste de las poleas y de las bandas.

Antes de poner la máquina en movimiento asegurarse de que los pernos estén completamente ajustados para evitar las vibraciones y el movimiento peligroso de las partes móviles.

Es necesario la limpieza de las cuchillas y el porta cuchilla cada vez que se desocupe la máquina.

Para facilitar el ajuste y la lubricación de las partes, la máquina cuenta con una tapa empernada y con el espacio suficiente para la realización del mantenimiento.

### **2.15.3. Mantenimiento preventivo parte fija.**

Se recomienda la limpieza de la tolva y de la carcasa de la máquina después de cada uso para evitar que el sobrante del producto desgaste el material.

Es recomendable la limpieza periódica del espacio de almacenamiento del coco.

### **2.16. Mantenimiento correctivo**

Para el mantenimiento correctivo consta del cambio y la reparación de los diferentes elementos de la máquina que pueden presentar problemas y fallas por desgaste por el funcionamiento de las cuales podemos mencionar las siguientes.

- Cambio de chumaceras
- Cambio de bandas
- Cambio de poleas
- Cambio de cuchillas
- Cambio de elementos de sujeción

### 3. Capítulo III. Análisis de costos

#### 3.1. Análisis del presupuesto de la máquina ralladora de coco

Se desarrolla un análisis de los precios de las casas comerciales que venden cada uno de los materiales que se necesita para la construcción de la máquina ralladora de coco, y las marcas de los motores, chumaceras.

#### 3.2. Análisis de costos

En el capítulo se desarrollan los costos de la máquina, tanto costos directos como indirectos, tomando en cuenta el valor de la construcción, de los elementos y mecanismos que conforman la máquina.

##### 3.2.1. Costos directos.

Se toman como costos directos a los costos de materiales para la construcción, elementos normalizados y costos de maquinados.

##### 3.2.1.1. Costos de materiales.

En la siguiente tabla se detallarán las medidas y costos de los materiales que se van a utilizar para la construcción de la máquina ralladora de coco.

Tabla 11. Costos de materiales

Material para la construcción							
	Descripción	Dimensiones	Cantidad a utilizar	Unidad	Costo unitario	Costo Total	Material
1.1	Eje Macizo	Ø3/4 plg	0,5	metros	\$ 9,38	\$ 4,69	Acero inoxidable AISI 304
1.2	Eje Macizo	Ø2 plg	0,1	metros	\$ 65,18	\$ 6,52	Acero inoxidable AISI 304
1.3	Plancha	80x55x3mm	2	unidades	\$ 8,00	\$ 16,00	Acero inoxidable AISI 304
1.4	Plancha	1200x2440x1.5mm	1	unidades	\$ 86,00	\$ 86,00	Acero inoxidable AISI 430
1.5	Plancha	1200x2440x1.2mm	1	unidades	\$ 64,29	\$ 64,29	Acero inoxidable AISI 430
1.6	Plancha	185x300x6mm	1	unidades	\$ 20,00	\$ 20,00	Acero inoxidable AISI 304
1.7	Ángulo	40x40x3mm	2	unidades	\$ 42,41	\$ 84,82	Acero inoxidable AISI 304
1.8	Tubo cuadrado	20x20x1.5mm	1	unidades	\$ 29,46	\$ 29,46	Acero inoxidable AISI 304
1.9	Platina	40x3mm	1	unidades	\$ 27,63	\$ 27,63	Acero inoxidable AISI 304
						\$ 339,41	

Elaborado por: J. Calva y J. Palacios (2016)

### 3.2.1.2. Costos de elementos normalizados.

En la siguiente tabla se detallan los costos de cada uno de los elementos normalizados que se utilizarán en la máquina.

Tabla 12. Costos de elementos normalizados.

Elementos normalizados						
	Descripción	Dimensiones	Cantidad	Costo unitario	Costo Total	Material
1.1	Motor 1 HP WEG	SN	1	\$ 134,15	\$ 134,15	Hierro
1.2	Polea Conducida	Ø 9"	1	\$ 18,55	\$ 18,55	Aluminio
1.3	Polea Conductora	Ø 3.5"	1	\$ 4,28	\$ 4,28	Aluminio
1.4	Chumaceras	SN	2	\$ 5,58	\$ 11,16	Acero
1.5	Banda	1,5" x 1,5" x 1/8"	2	\$ 4,00	\$ 8,00	Caucho
1.6	Elementos de fijación	Varias	1	\$ 13,62	\$ 13,62	Acero Inoxidable AISI 304
1.7	Interruptor de botón	SN	1	\$ 5,00	\$ 5,00	SN
1.8	Cable	5 m	1	\$ 7,50	\$ 7,50	Aluminio
					\$ 202,26	

Elaborado por: J. Calva y J. Palacios (2016)

### 3.2.1.3. Costo de maquinado.

Para la construcción de la máquina se debe tomar en cuenta el costo de la mano de obra y alquiler de las máquinas, los cuales se detallarán a continuación.

Tabla 13. Costos de maquinado

Costos de maquinado				
	Descripción	Tiempo de trabajo (horas)	Costo unitario	Costo Total
1.1	Moladora	3	\$ 6,00	\$ 18,00
1.2	Soldadora	15	\$ 15,00	\$ 225,00
1.3	Cizalla	2	\$ 12,00	\$ 24,00
1.4	Torno	4	\$ 20,00	\$ 80,00
1.5	Dobladora	5	\$ 8,00	\$ 40,00
1.6	Taladro	1	\$ 2,00	\$ 2,00
				\$ 389,00

Elaborado por: J. Calva y J. Palacios (2016)

### 3.2.2. Costos indirectos.

Se consideran como costos indirectos a los costos de insumos y gastos varios.

### 3.2.2.1. Costos de insumos.

Tabla 14. Costos de insumos.

Insumos				
	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo Total
1.1	Discos de corte	5	\$ 3,00	\$ 15,00
1.2	Discos de desbaste	3	\$ 5,00	\$ 15,00
1.3	Material de aporte suelda	60	\$ 1,20	\$ 72,00
1.4	Varios: Accesorios de limpieza y Transporte	1	\$ 50,00	\$ 50,00
				\$ 152,00

Elaborado por: J. Calva y J. Palacios (2016)

### 3.2.3. Costo total de la máquina.

Tabla 15. Costo total de la máquina

Costos de materiales	\$ 339,41
Costos de elementos normalizados	\$ 202,26
Costo insumos	\$ 152,00
Costo de diseño de Ingeniería	\$ 500,00
Costos de maquinado	\$ 389,00
Costo total	\$ 1.582,67

Elaborado por: J. Calva y J. Palacios (2016)

## 3.3. Resultados de la máquina

Se realizan varias pruebas de rallado de coco para comparar entre el rallado manual y la forma del rallado con la máquina construida, para encontrar las mejoras de producción y costos de la misma.

Las pruebas se las realizará con cocos grandes cuyo costo de proveedor es de \$1 y \$1.10, y la endoesperma rallada pesa entre 0.95 y 1 libra.

### 3.4. Datos comparativos de producción

En la siguiente tabla se muestran datos de la producción que se realizaron mediante pruebas de la forma actual del rallado del coco y del rallado con la máquina construida, tomando como peso de la endoesperma rallada 1 libra.

Tabla 16. Producción de la máquina manual.

Máquina manual			
Número de pruebas	Número de cocos	Tiempo de rallado (min)	Coco rallado por hora (Kg)
1	1	5	5,4
2	1	5,3	5,1
3	1	4,8	5,6
4	1	5,6	4,8
		Promedio de coco rallado	5,2

Elaborado por: J. Calva y J. Palacios (2016)

Tabla 17. Producción de la máquina construida.

Máquina construida			
Número de pruebas	Número de cocos	Tiempo de rallado (min)	Coco rallado por hora (Kg)
1	1	1,7	15,9
2	1	1,5	18,0
3	1	1,3	20,8
4	1	1,2	22,5
		Promedio de coco rallado	19,3

Elaborado por: J. Calva y J. Palacios (2016)

Como observamos en la tablas anteriores, con la máquina manual tenemos una producción de 5.2 Kg/h, mientras que con la máquina construida tenemos una producción de 19.3 Kg/h. Tomando como referencia el valor de la máquina construida, el aumento de la producción será de un 271%.

### 3.5. Datos comparativos de costos

Para estimar costos se realizan pruebas tomando como referencia una producción de 50Kg, para dicha producción se necesitan cuatro máquinas manuales con sus respectivos operarios, en cambio con la máquina construida se necesita de un solo operario para la misma producción.

Para realizar la depreciación de las máquinas en un periodo de diez años, la máquina manual tiene un costo de \$20 y la máquina construida tendrá un costo de \$1300 como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 18. Costos de producción

Máquinas	Cantidad de operadores	Cantidad a producir (Kg)	Costo de la máquina (Depreciación a 10 años en días)	Costo mano de obra	Costo total
Manual	4	50	\$ 0,02	\$ 60,00	\$ 60,02
Construida	1	50	\$ 0,36	\$ 15,00	\$ 15,36

Elaborado por: J. Calva y J. Palacios (2016)

Claramente se puede observar que con la máquina construida se redujo la mano de obra para la producción de los mismos 50 Kg, obteniendo un ahorro de \$44,68.

## **Conclusiones**

- Las revoluciones necesarias para realizar un buen rallado de coco es de 690 rpm, ya que si se utiliza menor revolución se produce un choque entre las cuchillas y el coco, haciendo que el rallado se torne peligroso.
- Con el diseño y la construcción de la máquina ralladora de coco se disminuyó considerablemente el esfuerzo físico que realizan las personas que se dedican al rallado.
- La producción de la máquina es de 19.3 Kg/hora, y puede aumentar dependiendo de la habilidad del operador.
- La gran capacidad de producción de 19.3 Kg/hora y el costo de \$1582.67 hace que la máquina sea competitiva y rentable.
- El costo de los materiales empleados para la construcción de la máquina se los recuperará en corto tiempo, considerando que el costo de producción se reduce por el ahorro de costo de mano de obra que es de \$44.68 por cada 50 Kg.
- La forma de manipular la máquina es sencilla, por lo tanto no es necesario que la persona que opere tenga experiencia en este tipo de trabajo.
- Para que la máquina trabaje en óptimas condiciones se necesitó realizar varios cambios en el diseño orinal.
- Con la máquina construida se disminuyó el tiempo de rallado de coco de 5 a 1.5 minutos

## **Recomendaciones**

- Utilizar guantes para aumentar la protección de la persona al momento de realizar el rallado del coco, ya que la máquina trabaja a revoluciones altas.
- Realizar una limpieza profunda de los elementos de corte y de la tolva, antes y después de cada rallado para así evitar la contaminación del producto.
- Revisar periódicamente los elementos móviles, para así evitar mantenimientos correctivos y gastos, en periodos cortos de tiempo.
- Se debe anclar la máquina al piso para evitar vibraciones y sonidos que evitan la comodidad de trabajo del operario.

## Referencias

- Abehsera, C. (2014). *El aceite de coco el elixir de la vida* (Primera edición ed.). España: Kindle.
- Ambiente Cultural. (27 de Diciembre de 2013). *Ambiente Cultural*. Recuperado el 23 de 05 de 2015, de Ambiente Cultural: <http://ambientecultural-blog.blogspot.com/>
- BazarBig Equipamentos Ltda. (Sf de Sf de 2009). *Raspador de Côco Industrial BRC-050 Bivolt Braesi*. Recuperado el 11 de Junio de 2015, de Bazar Big: <https://www.bazarbig.com.br/index.php/raspador-de-coco-industrial-brc-050-bivolt-braesi.html>
- BOTANICAL-ON LINE SL. (sf de sf de 2015). *Valor nutricional del coco*. Recuperado el 24 de Mayo de 2015, de El mundo de las plantas: [http://www.botanical-online.com/coco\\_fruta.htm#listado](http://www.botanical-online.com/coco_fruta.htm#listado)
- Budynas, R., & Nisbett, K. (2008). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley* (Octava ed.). México: Mc Graw Hill.
- Calero, R. (1998). *Fundamentos de mecanismos y máquinas para ingenieros*. España: Mc Graw Hill.
- Coss, M. (2001). *Libro del jabón artesanal*. México: Disfruto y hago.
- Encyclopedia Britannica Publishers. (1990). *Libro del año*. Pensilvania: Incorporated.
- Flowerdew, B. (1995). El Gran Libro de las Frutas. En B. Flowerdew, *El Gran Libro de las Frutas* (pág. 206). Barcelona: RBA Libros S.AA.
- Góngora, V. M. (2002). *La palma de coco como recurso maderero*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- Hibbeler, R. (2006). *Mecánica de materiales*. México: Pearson Education.
- Imarca C.A. (Sf de Sf de 2006). *Rallador de quesos y coco*. Recuperado el 11 de Junio de 2015, de Imarca: <http://imarca.com.ve/Rallador-de-quesos-y-coco.php>
- INFO JARDIN. (25 de Marzo de 2009). *INFO JARDIN*. Recuperado el 20 de Mayo de 2015, de INFO JARDIN: <http://www.infojardin.com/foro/showthread.php?t=144892>
- Ira, J., & Sanchez. (2003). *Temas de orientación agropecuaria*. Bogotá: AU Bureau DU Journal.

- Jocar Transmisiones S.L. (03 de Marzo de 2015). *Donguil perfil A*. Recuperado el 12 de Agosto de 2015, de Correas trapeciales:  
<http://www.jocartransmisiones.com/PDF's/06-Correas%20trapeciales.pdf>
- Larburu, N. (2007). *Prontuario máquinas* (décimo tercera ed.). Madrid: Cengage Learning Paraninfo S.A.
- Lescaille, L. (11 de Junio de 2015). Cosecha de coco. *Diario La juventud Cubana*, pág. 10.
- Mendoza , M., & Silva , R. (08 de junio de 2012). *Estudio de factibilidad de una planta extractora de aceite de coco, con fines cosméticos en la ciudad de Manta*. Manta: Universidad Eloy Alfaro de Manabí.
- Ministerio de Coordinación de Producción, Empleo y Competitividad. (S.f de Mayo de 2011). *Actividades Productivas en el sector agropecuario*. Recuperado el 25 de Mayo de 2015, de Agendas para la Transformación Productiva Territorial:  
<http://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/02/AGENDA-TERRITORIAL-ESMERALDAS.pdf>
- Mott, R. (2006). *Diseño de elementos de máquinas* (Cuarta ed.). México: Pearson Education.
- NSK Ltd. (2015). *Catálogo de rodamientos*. Recuperado el 1 de Septiembre de 2015, de Rodamientos:  
[http://www.nskamericas.com/cps/rde/xbcr/mx\\_es/Rodamientos.LR.pdf](http://www.nskamericas.com/cps/rde/xbcr/mx_es/Rodamientos.LR.pdf)
- Sanchez, A. (2011). *Cultivos de plantacion*. Mexico: Trillas.
- Silva , C., & Silva, M. (14 de Febrero de 2013). *Proyecto elemento de máquinas*. Recuperado el 5 de Agosto de 2015, de Universidad de Talca:  
[http://es.slideshare.net/cristian2\\_4/proyecto-elementos-de-maquinas-cierra-circular](http://es.slideshare.net/cristian2_4/proyecto-elementos-de-maquinas-cierra-circular)
- Squire, D. (2008). *Palmaderas y Cicadáceas*. Barcelona: BLUME.
- WEG S.A. (18 de Octubre de 2014). *Datos mecánicos de motores weg*. Recuperado el 01 de Agosto de 2015, de Motores monofásicos armazón 48 & 56:  
<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-motores-monofasicos-mercado-mexicano-catalogo-espanol.pdf>

## Anexos



Elaborado por: J. Calva y J. Palacios (2016)



Elaborado por: J. Calva y J. Palacios (2016)



Elaborado por: J. Calva y J. Palacios (2016)



Elaborado por: J. Calva y J. Palacios (2016)