

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DE UN
DISPOSITIVO EXTRACTOR DE LA NUEZ DE
MARAÑÓN**

PRESENTADO POR:

**JOSÉ PORFIRIO ALVARADO QUIJADA
JACOBO DE JESÚS GÓMEZ GÓMEZ
JAIME ALEJANDRO HERRERA NAVARRO**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO

CIUDAD UNIVERSITARIA, SEPTIEMBRE DE 2016

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR INTERINO :

LIC. JOSÉ LUIS ARGUETA ANTILLÓN

SECRETARIA GENERAL :

DRA. ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO :

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

SECRETARIO :

ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

DIRECTOR :

ING. RIGOBERTO VELÁSQUEZ PAZ

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO MECÁNICO

Título :

**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DE UN
DISPOSITIVO EXTRACTOR DE LA NUEZ DE
MARAÑÓN**

Presentado por :

**JOSÉ PORFIRIO ALVARADO QUIJADA
JACOBO DE JESÚS GÓMEZ GÓMEZ
JAIME ALEJANDRO HERRERA NAVARRO**

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor :

M.Sc. E ING. GUSTAVO SALOMÓN TORRES RÍOS LAZO

San Salvador, septiembre de 2016

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor :

M.Sc. E ING. GUSTAVO SALOMÓN TORRES RÍOS LAZO

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	i
AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIAS	iii
NOMENCLATURA	vi
SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI)	vii
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	2
Objetivo General	2
Objetivos Específicos	2
CAPÍTULO I: GENERALIDADES	3
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Antecedentes de la superficie cultivada y producción.....	3
1.3 Definición	5
1.4 Origen y distribución de <i>Anacardium occidentale</i> L. (marañón).....	5
1.5 Clasificación y descripción botánica.....	6
1.5.1 Clasificación botánica	6
1.5.2 Descripción morfológica.....	7
1.6 Aspectos Agronómicos	11
1.6.1 Requerimientos climáticos	11
1.6.2 Requerimientos edáficos	13
1.6.3 Plagas y enfermedades del marañón	14
1.6.3.1 Plagas del marañón.....	14
1.6.3.2 Enfermedades del marañón	16
1.7 Características del Fruto y del Falso Fruto	17
1.7.1 Falso Fruto o Pedúnculo.....	18
1.7.2 Fruto o Nuez del Marañón	19
1.7.2.1 Pericarpo o cáscara de la Nuez de marañón.....	21
1.7.3 Contenido nutricional	21
1.8 Principales usos y productos del marañón.....	23
1.9 Ámbito mundial de la nuez de marañón.....	24
1.10 Impacto ambiental.....	25
1.10.1 Impacto Social - Ambiental	26

1.10.2 Impacto Social - Económico	27
CAPÍTULO II: PROCESO PRODUCTIVO DEL MARAÑÓN	28
2.1 Planteamiento del problema.....	28
2.2 Cosecha del fruto de marañón.....	30
2.3 Secado al sol de la semilla de marañón.....	34
2.4 Cocción o tostado de la semilla de marañón.....	36
2.4.1 Proceso de cocción artesanal.....	37
2.4.2 Proceso de cocción industrial	38
2.4.2.1 Aceite vegetal	38
2.4.2.2 Vapor de agua	39
2.4.3 Generadores de vapor	40
2.4.3.1 Fluido caloportador: El Agua	42
2.4.3.2 Clasificación de generadores de vapor.....	47
2.4.3.3 Partes principales de un generador de vapor	48
2.4.3.4 El Autoclave.....	50
2.5 Extracción de la nuez de marañón.....	52
2.6 Horneado de la almendra.....	53
2.7 Despeliculado y clasificación de la nuez	54
2.8 Almacenaje de producto terminado.....	56
2.9 Análisis del proceso productivo.....	57
2.10 Análisis FODA.....	58
2.11 Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)	60
2.11.1 Comisión de calidad.....	61
2.11.2 Encargado de PHP	61
2.11.3 Disposiciones generales	62
2.11.3.1 Limpieza personal.....	64
2.11.3.2 Conducta personal.....	65
CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE DISEÑO.....	68
3.1 Planteamiento del problema.....	68
3.2 Fuerza de corte	69
3.3 Selección de modelo para el dispositivo	75
3.4 Variables de diseño.....	77
3.5 Fuerza ejercida por las guillotinas.....	77
3.6 Selección de Bandas	78

3.7 Diseño de ejes	87
3.7.1 Diseño de eje de trabajo (P2)	87
3.7.2 Diseño de eje secundario	100
3.7.3 Diseño de eje del distribuidor (P3)	109
3.7.4 Selección de cuñeros.....	119
3.7.4.1 Cuñero de polea	120
3.7.4.2 Cuñero de piñón	121
3.7.5 Resumen diseño de ejes	122
3.8 Selección de piñones y cadenas.....	125
3.9 Selección de motor	129
3.9.1 Calculo de inercias.....	129
3.9.2 Calculo del torque nominal	137
3.9.3 Torque de arranque del motor	139
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS ECONÓMICO	141
4.1 Planteamiento del problema.....	141
4.2 Inversión inicial.....	141
4.2.1 Ingeniería del proyecto	142
4.2.2 Relación de salarios.....	142
4.2.3 Coste de materiales	143
4.2.4 Presupuesto de ejecución material	143
4.3 Costos de operación	145
4.3.1 Costo de mano de obra	145
4.3.2 Costo de energía eléctrica	146
4.3.3 Costo de mantenimiento	147
4.4 Ingresos	147
4.5 Flujo de efectivo	148
4.6 Indicadores financieros	150
4.6.1 TMAR.....	150
4.6.2 VAN	151
4.6.3 TIR	153
CAPÍTULO V: RESUMEN DE ALTO NIVEL	154
5.1 Resultados obtenidos.....	154
5.2 Conclusiones.....	157
5.3 Recomendaciones	158

GLOSARIO	159
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	161
ANEXOS	164
Anexo A: Categorías para almendra	164
Anexo B: Formato para el registro de enfermedades del personal ...	166
Anexo C: Formato de supervisión diaria de higiene del personal	167
Anexo D: Selección de motores tipo 1RF3 NEMA 56	168
Anexo E: Diagrama eléctrico del equipo	169
Anexo F: Planos constructivos	170

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Árbol de marañón enano de 3 años de edad. Fuente: Galdámez 2004.	7
Figura 2: Formas de copa del marañón. a) Copa tipo eucalipto, b) Copa tipo castaño.	
Fuente: Galdámez 2004.....	8
Figura 3: Distribución de raíces absorbentes del marañón. Fuente: Galdámez 2004.	9
Figura 4: Inflorescencia del marañón. Fuente: Galdámez 2004.	9
Figura 5: Fruto de marañón común. Fuente propia.	10
Figura 6: Zonificación para el cultivo de marañón. Fuente: Galdámez 2004.	13
Figura 7: Plagas del marañón, a) Trips, b) Chinche pata de hojas y, c) Comején.	14
Figura 8: Enfermedades del marañón, a) Fruto dañado por antracnosis, b) Mildiú	
polvoriento y c) Lesión por gomosis. Fuente: Galdámez 2004.....	16
Figura 9: Marañón deshidratado o marañón pasa. Fuente: Galdámez 2004.	23
Figura 10: Cerro el Divisadero, propiedad de la cooperativa ACOPASMA de R.L.	
sembrado en su totalidad con marañón Trinidad. Fuente: Galdámez 2004.....	26
Figura 11: Exportaciones de principales frutas. Fuente: BCR/SIMAG.	28
Figura 12: Fases para el procesamiento del marañón. Fuente: APRAINORES.	30
Figura 13: Desarrollo de la producción del marañón. Fuente: Galdámez 2004.	32
Figura 14: Cosecha del marañón, a) Extensión con retención para el fruto y, b) Jaba	
plástica para la recolección.....	33
Figura 15: Curva de secado al sol para la semilla de marañón.....	35
Figura 16: Pre-secado al sol de las semillas de marañón. Fuente propia.....	36

Figura 17: Cocción de la semilla de marañón de forma artesanal. Fuente propia.	37
Figura 18: Cocina de acero inoxidable utilizada anteriormente por APRAINORES para la cocción de semilla de marañón. Fuente: Cortez 2009.	38
Figura 19: Semillas de marañón cocinadas con vapor. Fuente Propia.	40
Figura 20: Comportamiento del agua al alcanzar los 4°C. Fuente: google.com.	42
Figura 21: Diagrama P-T de sustancias puras. Fuente: Cengel/Boles 2009.....	43
Figura 22: Diagrama T-v para el proceso de calentamiento de agua a presión constante. Fuente: Cengel/Boles 2009.....	44
Figura 23: Diagrama T-v para el agua de procesos de cambio de fase a presión constante a diferentes presiones. Fuente: Cengel/Boles 2009.	46
Figura 24: Generadores de vapor, a) Calderas Piro tubulares y b) Caldera acuotubulares. Fuente: google.com.....	48
Figura 25: Esquema de un autoclave. Fuente propia.	50
Figura 26: Autoclave propiedad de APROINORES. Fuente propia.....	51
Figura 27: Utilización de objetos contundentes para la extracción de almendras.....	52
Figura 28: Máquina manual descortezadora de semilla de marañón.....	53
Figura 29: Proceso de horneado de almendras. Fuente: Galdámez 2004.....	54
Figura 30: Proceso de despelucado. Fuente: Galdámez 2004.....	55
Figura 31: Empaque de nueces de marañón. Fuente: Galdámez 2004.....	56
Figura 32: Proceso de separación de la nuez de marañón aplicando fuerza de cizallamiento	69
Figura 33: Dispositivo diseñado para calcular la fuerza de corte de la semilla de marañón. Fuente: propia.....	70
Figura 34: Grafica Fuerza vs. Iteraciones en ensayo de fuerza de corte	72
Figura 35: Esquema de punto de aplicación de la fuerza de corte sobre eje de trabajo. Fuente: propia.	74
Figura 36: Esquema del distribuidor. Fuente propia.	75
Figura 37: Esquema de la transmisión, a) Vista superior, y b) Vista lateral	76
Figura 38: Esquema de desplazamiento de sistema cadena, platina y semilla. Manteniendo fija la herramienta de corte. Fuente: propia.	78
Figura 39: Distribución de fuerzas plano XY eje de trabajo.....	87
Figura 40: Diagrama cortante y de momento para el eje de trabajo plano XY.....	88
Figura 41: Distribución de fuerzas plano XZ eje de trabajo.....	89
Figura 42: Diagrama cortante y de momento para el eje de trabajo plano XZ.....	90
Figura 43: Distribución de fuerzas plano XY eje de secundario.....	100
Figura 44: Diagrama cortante y de momento para el eje de secundario plano XY.....	101
Figura 45: Distribución de fuerzas plano XZ eje del distribuidor.....	109

Figura 46: Diagrama cortante y de momento para el eje de distribuidor plano XZ.	110
Figura 47: Distribución de fuerzas plano XY eje del distribuidor.	111
Figura 48: Diagrama cortante y de momento para el eje de distribuidor plano XY.	112
Figura 49: Máquina descortezadora de marañón terminada.	155
Figura 50: Resultados obtenidos en el laboratorio, a) Nuez entera, y b) Nuez quebrada y mitad.....	156

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características Físicas del Falso Fruto o Pedúnculo. Fuente: Portillo 1982. ...	19
Tabla 2: Características Químicas del Falso Fruto o Pedúnculo. Fuente: Portillo 1982.	19
Tabla 3: Características Físicas del Fruto o Nuez del Marañón. Fuente: Portillo 1982.	20
Tabla 4: Características químicas del fruto o nuez del marañón. Fuente: Portillo 1982.	21
Tabla 5: Composición nutricional de la almendra. Fuente: Galdámez 2004.	22
Tabla 6: Composición nutricional del falso fruto o pedúnculo.....	22
Tabla 7: Producción por Edad del Cultivo de Marañón. Fuente: Portillo 1982.	31
Tabla 8: Presión de saturación a diferentes temperaturas..	45
Tabla 9: Descripción de planta. Fuente: APRAINORES.....	58
Tabla 10: Valores experimentales de la carga para el corte	71
Tabla 11: Resumen de datos del mecanismo. Fuente propia.	77
Tabla 12: Especificaciones de banda tipo V.	78
Tabla 13: Calculo de potencia por banda. Fuente Shigley.	79
Tabla 14: Factores de corrección del Angulo de contacto. Fuente Shigley.....	80
Tabla 15: Resumen datos de banda.	86
Tabla 16: Momentos en los planos eje de trabajo.	91
Tabla 17: Momentos totales eje de trabajo.....	92
Tabla 18: Momentos en los planos eje de distribuidor.....	113
Tabla 19: Resumen de datos eje de trabajo. Fuente propia.....	122
Tabla 20: Resumen de datos eje secundario. Fuente propia.	123
Tabla 21: Resumen de datos eje de distribución. Fuente propia.....	124
Tabla 22: Potencia respecto a RPM de cadenas ANSI 40, 41 y 50. Fuente: Shigley. .	126
Tabla 23: Especificaciones de cadena ANSI 40.	128
Tabla 24: Especificaciones piñones cadena ANSI 40.	128
Tabla 25: Soldos para la ingeniería del proyecto. Fuente Propia.....	142
Tabla 26: Soldos de las personas que han intervenido en el proyecto.	143
Tabla 27: Coste de materiales. Fuente propia.	144

Tabla 28: Presupuesto de ejecución del proyecto. Fuente propia.....	145
Tabla 29: Resumen de datos para métodos manual y mecánico. Fuente propia.	146
Tabla 30: Costos de mantenimiento anual. Fuente propia	147
Tabla 31: Resumen de ingresos mensuales de procesamiento con máquina.	148
Tabla 32: Flujo de efectivo para el método manual.	149
Tabla 33: Flujo de efectivo para el método mecánico.	149
Tabla 34: Datos de producción del dispositivo extractor de la nuez de marañón.	156
Tabla 35: Especificaciones de categorías para almendra	165

RESUMEN

En El Salvador, el cultivo de marañón forma parte importante de la fruticultura de nuestro país. El marañón es considerado actualmente un cultivo alternativo, ya que goza de una gran demanda; tanto en el mercado interno como externo lo que se debe a una amplia variabilidad de usos de la nuez y del falso fruto. A pesar de esto, en 2013, según BCR las exportaciones de semilla de marañón sin cascara rondaron las 100 Tm y otro porcentaje inferior con cascara lo que da una idea de la importancia de este producto para la dinamización de la economía del país. En este sentido, se decidió realizar una investigación para conocer las bondades y problemas que se le originan a un productor, para darle solución técnica al problema más significativo que estos tienen. La investigación se llevo a cabo entre los meses de marzo de 2015 a febrero de 2016. Se realizó una recolección de información y giras de campo para la identificación de los principales problemas que tiene, específicamente, la cooperativa de APRAINORES, en el municipio de Tecoluca, San Vicente. Al final de este proceso, se obtuvo como resultado que el proceso de descortezado es la etapa crítica para la obtención de la nuez del marañón. Por lo que se da respuesta técnica a este problema, con base en las variables tanto de la forma y la dureza de la semilla, como a la velocidad optima de corte de estas. Es de resaltar que ninguna de estas variables puede ser obviada, debido a que los resultados de no aplicar estas características en el diseño, llevaran asociado baja tasa de producción y/o perdidas los productores.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS TODOPODEROSO.

Por habernos dado la vida, entendimiento, conocimientos, y capacidad necesaria para culminar nuestras carreras profesional.

A NUESTRAS FAMILIAS.

Por la comprensión, el apoyo y el amor que nos brindan en nuestras vidas.

A NUESTRO ASESOR.

Ing. Y M.Sc. Gustavo Salomón Torres Ríos Lazo

Por brindarnos su tiempo, comprensión, apoyo en el trabajo de investigación, y por compartir sus conocimientos con nosotros.

A LA INSTITUCIÓN QUE APOYÓ EL DESARROLLO DE ESTE TRABAJO DE GRADUACIÓN.

Cooperativa APRAINORES de R.L.

A LA UNIDAD PRODUCTIVA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

A su jefe Ing. Polanco y sus colaboradores Julio, Juan y Sr. Peralta por su colaboración, tanto en recursos como en tiempo invertido, durante la construcción y puesta en marcha del equipo.

A NUESTRA ALMA MATER Y FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA.

Por la enseñanza recibida y forjarnos como nuevos profesionales.

DEDICATORIAS

A DIOS TODO PODEROSO.

Por ser mi guía en la vida, por brindarme la sabiduría necesaria para lograr mis metas y por permitirme alcanzar mi meta.

A MIS PADRES.

José Toribio y María Aracely, por su apoyo incondicional, por ser mi inspiración para estudiar esta carrera, por ayudarme en todo momento y por brindarme sus consejos y apoyo.

A MIS HERMANOS.

Eveder David, Luis Armides y Juan Obed, por brindarme cariño incondicional, confianza y comprensión, gracias por ser mis hermanos, los quiero mucho.

A MIS COMPAÑEROS DE TESIS.

Jacobo de Jesús y Jaime Alejandro por su apoyo, amistad, comprensión y hacer posible este logro.

A MIS AMIGOS.

Gracias por brindarme su amistad en las buenas y en las malas, en especial a David, Oscar, Edwin y Marquis. A mimi por darme la chispa de inspiración y por ser la razón de ser de mis días, +00 gracias.

A MI ASESOR.

Ing. Gustavo Salomón Torres Ríos Lazo, por la confianza, comprensión y paciencia que tuvo conmigo en esta investigación, que Dios le bendiga.

Y a todos aquellos que no mencioné pero que de alguna forma participaron en mi crecimiento, tanto personal como profesional.

José Porfirio Alvarado Quijada

A DIOS.

Dedico de manera especial, este proyecto de tesis a mi Dios por su apoyo en los momentos más cruciales durante el desarrollo de mi aprendizaje.

A MI FAMILIA.

A mis abuelos, tíos, hermanos y a mi madre, que han sido el pilar fundamental en mi educación que me han apoyado en los momentos de más tensión en mi carrera.

A APRAINORES.

Por creer que se podía lograr un trabajo en conjunto Universidad-cooperativa.

AL EQUIPO DE TESIS.

A todo el equipo de tesis, asesor, compañeros, y a todos los que han dado su apoyo en buena fe de este gran proyecto, que si su apoyo no se hubiera logrado.

Atentamente.

Jacobo de Jesús Gómez Gómez

Dedico este proyecto de tesis:

A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar.

A mis padres, Álvaro Herrera y Paula Navarro de Herrera, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mí apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Es por ello que soy lo que soy ahora. Los amo con mi vida.

A mis hermanos, Gabriela, Álvaro, Paola por ser un pilar fundamental en mi vida apoyándome en todo lo que hago para seguir formándome.

A mi asesor y amigo, Ing. Salomón Torres por la confianza depositada en mí como parte del grupo y sus asesorías sin las cuales esto no hubiera sido posible desarrollar.

A mis compañeros de tesis por brindarme su ayuda y confianza en todo este camino recorrido.

Y a todas aquellas personas que estuvieron involucradas de manera indirecta en el proyecto gracias por su ayuda.

Jaime Alejandro Herrera Navarro

NOMENCLATURA

APRAINORES: Asociación de Productores Agroindustriales Orgánicos de El Salvador

cm: Centímetros

CNSL: Aceite de la cáscara de la semilla de marañón, por sus siglas en ingles

CO₂: Dióxido de carbono

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, por sus siglas en ingles

gr: Gramos

Ha: Hectáreas, unidad de área (Ha = 10,000m²)

hrs/año: horas al año

ISTA: Instituto Salvadoreño de Trasformación Agraria

Km/h: Kilómetros por hora

Lb: Libra (unidad de fuerza en el Sistema Ingles)

LCNM: Líquido de cáscara de nuez de marañón

MAG: Ministerio de Agricultura y Ganadería

MIPLAN: Ministerio de Planificación

ml: Mililitros

mm: Milímetros

msnm: Metros sobre el nivel del mar

Mz: Manzanas, unidad de área (1Mz = 0.70 Ha)

pH: Coeficiente del grado de acidez

t: Toneladas

Tm: Toneladas métricas

psi: libras sobre pulgadas cuadradas manométricas, unidades de presión en el Sistema Ingles de unidades

°C: Grado Celsius

SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI)

Unidades fundamentales:

Longitud:	metro, m
Masa:	kilogramo, kg
Tiempo:	segundo, s
Temperatura:	grados Kelvin, K
Corriente eléctrica:	ampere, A

Unidades derivadas:

	Básicas	Prácticas
Fuerza: Newton, N	$N = \frac{kg \ m}{s^2}$	1 kg f = 9.81 N
Energía: Joule, J	J = N m	1 kJ = 10 ³ J 1 Cal = 4.1868 J
Potencia: Watt, W	$W = \frac{J}{s}$	1 kW = 10 ³ J 1 CV = 0.735 kW 1 HP = 0.745 kW

INTRODUCCIÓN

Durante muchos años, el café significó un bastión importante en la economía de El Salvador, pero cuando el precio internacional del quintal cayó, las divisas cayeron produciendo un efecto de cascada, con la cual se redujo la producción y por ende se percibieron menos divisas.

Después de mucho tiempo de implementar diversas políticas relacionadas con el mercado de servicios y desatender los agricultores del país, se ha terminado dependiendo directamente de las remesas que envían nuestros compatriotas desde el exterior. Pero hace poco tiempo, las políticas se están queriendo reorientar de nuevo hacia el sector agropecuario. Políticas como la de producir orgánicamente y la promoción de productos no tradicionales.

En este sentido, el marañón es un producto no tradicional con el cual el país tiene gran potencial para apostarle, la cuota actual de mercado internacional es mínima, pero generando condiciones de inversión, implementando tecnologías de producción y aplicando buenas prácticas de manufactura, esta condición bien se pudiera revertir: convertir al marañón en producto tradicional y que le proporcione al país un buen posicionamiento en el mercado.

Por lo que, el siguiente trabajo de graduación se enfocará en el estudio de la semilla de marañón, como un producto en el cual se puede ayudar al desarrollo tanto local como nacional de la población de El Salvador, para luego realizar un diseño y posteriormente su construcción y validación de un dispositivo electromecánico para el descortezado de semillas de marañón, teniendo en cuenta antecedentes de empresas ya establecidas en el país, la disponibilidad de mano de obra y de áreas para la plantación de árboles de

marañón. Pero, sobre todo los impactos que generaría en la producción y más aún, en los encargados de realizar dicha tarea.

OBJETIVOS

Objetivo General

Elaborar un equipo electromecánico para la extracción de la nuez de marañón previamente secada por vapor.

Objetivos Específicos

Investigar el tipo de equipos utilizados para descortezar las semillas de marañón.

Diseñar un equipo electromecánico para extraer la nuez de marañón a través del descortezado de la semilla.

Construir un equipo electromecánico para extraer la nuez de la semilla de marañón.

Validar el equipo extractor de la nuez de la semilla de marañón previamente construido.

Elaborar el estudio económico financiero del equipo extractor de la nuez de marañón.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 Planteamiento del problema

El marañón es originario de América del sur (zona tropical de Brasil), aunque crece en otras regiones. El género tiene un centro primario de diversificación del Amazonas y uno secundario en Plan Alto, Brasil. Se extiende por todos los trópicos del nuevo y viejo mundo, desde el sur de México hasta Perú y Brasil, de Cuba a Trinidad. Aunque la región de distribución geográfica de esta planta está comprendida por el Caribe, o México y Centroamérica a Sudamérica tropical, se encuentra muy cultivada y expandida en muchas zonas de África oriental y occidental, especialmente en Madagascar y Angola. También se cultiva en la India y Malasia (Díaz, 2002).

El presente apartado tiene como finalidad principal, conocer las diferentes características del cultivo de marañón, además, determinar el potencial que tiene El Salvador de producir nuez de marañón, tanto para el mercado nacional como internacional. Para posteriormente, identificar el proceso con cuello de botella que se tiene para la obtención de la nuez, y brindar una solución técnica a dicho problema, y que esto sirva para mejorar el ambiente laboral de los trabajadores o fabricantes de este producto mediante la utilización de un dispositivo encargado de hacer el trabajo pesado.

1.2 Antecedentes de la superficie cultivada y producción

En El Salvador se cuentan con un área potencial apta para el cultivo de marañón 30,000 Ha. Distribuidas en diversas zonas, las cuales en su mayoría son de tierras no recomendables para otro tipo de cultivos más rentables y que

principalmente se encuentran en la zona costera del país en regiones inferiores a los 900 metros.

Actualmente en El Salvador el cultivo de marañón se concentra en la región oriental, en los departamentos de San Miguel y La Unión, otras áreas donde se distribuye es el litoral de los departamentos de Usulután, La Paz y San Vicente, con aproximadamente 2600 Mz, cultivadas (Agronegocios, 2001). Gran parte de estas propiedades cultivadas con marañón están establecidas en sectores reformados (propiedades del ISTA¹ afectadas por la reforma agraria), y un pequeño porcentaje en el sector tradicional y privado.

Es de considerar también que existen pequeñas plantaciones de 1 a 5 manzanas diseminadas a lo largo del país, principalmente en el cantón San Diego, Departamento de La Libertad; Cantón El Porfiado, Departamento de La Paz; Santa Rosa de Lima, Departamento de La Unión y en el Departamento de Sonsonate, las que no han sido tomadas en cuenta en el cálculo estimado del volumen total de producción por desconocerse el área de cultivo.

Entre las variedades que se pueden encontrar en el país tenemos la criolla, que es más pequeña de forma más esférica en comparación con la variedad trinidad. La variedad más cultivada en El Salvador están el tipo trinidad; esta tiene semilla grande, falso fruto amarillo y con menor astringencia; las del tipo Martinica que tienen semilla grande, delgada y falso fruto de color rojo.

En El Salvador, desde la introducción de la variedad Trinidad se comenzó a dar importancia a la producción de marañón por el tamaño de la nuez; ya que anteriormente se había hecho selecciones de variedades criollas considerando únicamente las cualidades del pedúnculo para utilizarlo como fruta de consumo. La variedad Trinidad, ha sido introducida en proyectos de reforestación de la Dirección General de Recursos Naturales Renovables.

¹ Instituto Salvadoreño de Transformación Agraria.

1.3 Definición

El marañón es un frutal perenne, de madera quebradiza, que contiene resina, crece en suelos arcillosos y arenosos de las costas tropicales y subtropicales. La almendra de marañón tiene 21 a 29.9 % de proteína, y entre 45 y 47 % de ácidos grasos, de los cuales el 81.5 % son ácidos grasos insaturados. También es rica en calcio y fósforo.

Su límite geográfico va de 27°C latitud norte a 28°C latitud sur. Tiene una excelente demanda por su importancia agroindustrial y buenos precios de venta en el comercio mundial; el incremento de la exportación salvadoreña de la semilla cruda de marañón es un ejemplo de ello. Según estadísticas de la Dirección General de Economía Agropecuaria del MAG, las exportaciones realizadas por El Salvador, han aumentado en los últimos años. En 1996 se exportaron 484.2 Tm con un valor de \$594.670 dólares, y en el año 2000, 583.2 Tm con un valor de \$755.502 dólares.

1.4 Origen y distribución de *Anacardium occidentale* L. (marañón)

Schery (1976), explica que el nombre del marañón varía según regiones del cultivo y el idioma; su nombre botánico es: *Anacardium occidentale* L. que deriva del Griego *Avi* que significa “como el” y *Kadia* “corazón”.

El marañón registra su origen en América Tropical, en las planicies del bajo Amazonas y en todo el litoral del noreste brasileño. Los portugueses lo introdujeron a países como Mozambique, Kenia, Tanzania y la India, donde es un cultivo de gran importancia económica (Avilán, 2000).

Barba y Montenegro (1971), dice que en El Salvador se ignora su introducción, pero se sabe que debe haber sido en época bastante remota.

Hay quienes registran que la siembra de marañón en El Salvador inicio en 1961 por en la finca El Jocoero, en San Martín, departamento de San Salvador (Gattoni, et al 1966).

1.5 Clasificación y descripción botánica

1.5.1 Clasificación botánica

La posición sistemática del marañón es:

Reino: Vegetal

División: Spermatophyta

Subdivisión: Angiospermae

Clase: Dicotyledoneae

Subclase: Archichlamideae

Orden: Sapindales

Familia: Anacardiaceae

Género: Anacardium

Especie: Occidentale (Bailey, 1942; En: Pereira de Araujo y Viera da Silva, 1995).

Nombre Común: En nuestro país recibe el nombre de marañón. En otros países se conoce como: Caju, Merey, CashewTree, Cajuil, Cajueiro, Cashu, Acajuiba, Acaju, Acajaiba, Alcayoiba, Anacardo, Cacajuil, Gajus, Jocote marañón, NoixD'Acajou, Pajuil, PommeCajou, Pomme, Jambu, Jambugolok, Jambu mete, Jambumonyet, Jambuterong.

1.5.2 Descripción morfológica

El árbol de marañón crece rápidamente y alcanza una altura aproximada de 4 a 12 metros, sus ramas son abiertas, algo torcidas, de poco crecimiento y de hojas abundantes, coriáceas de forma oblonga de 10 a 18 centímetros de largo por 5 a 10 centímetros de ancho, con nervaduras o venas bien marcadas; los brotes y hojas nuevas tienen un color rojizo muy llamativo; las flores son pequeñas, de color rosado, se producen en racimos que nacen sobre ramillas terminales durante los meses de diciembre a marzo, según las localidades y altura sobre el nivel del mar (Gattoni, et al 1966).



Figura 1: Árbol de marañón enano de 3 años de edad. Fuente: Galdámez 2004.

La copa alcanza un diámetro medio de 12 a 14 metros y presenta diversas formas, entre las más comunes están: forma piramidal, eucalipto, rala, compacta y esférica. (Ver Figura 2. Tipos de copa del marañón).

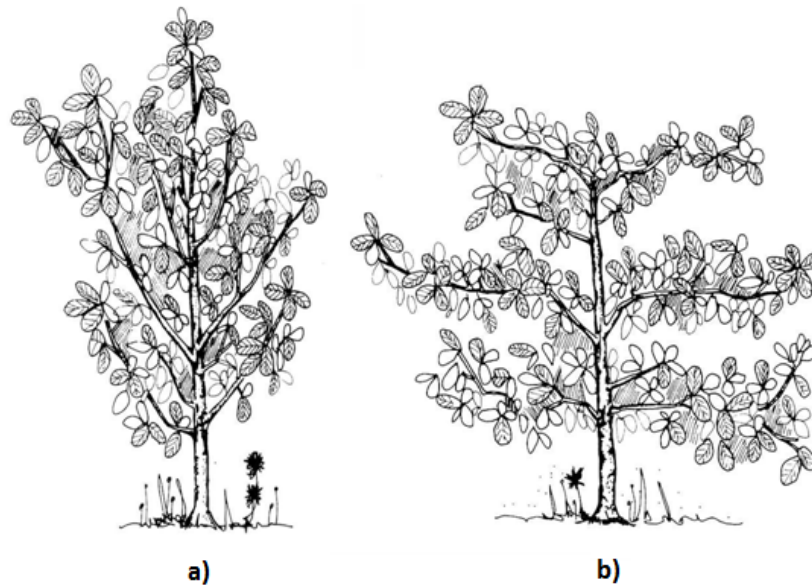


Figura 2: Formas de copa del marañón. a) Copa tipo eucalipto, b) Copa tipo castaño.
Fuente: Galdámez 2004.

El sistema radicular está constituido por una raíz principal pivotante, que puede profundizar más de 10 metros. También presenta dos raíces laterales con crecimiento promedio de dos veces la proyección de la copa, aunque en algunas plantas pueden crecer hasta 20 metros. La masa radicular que absorbe nutrientes se concentra entre los 15 a 40 centímetros de profundidad, en un bloque con crecimiento lateral normalmente relacionado con el área de sombreado de la copa. (Ver Figura 3. Distribución de raíces absorbentes del marañón).

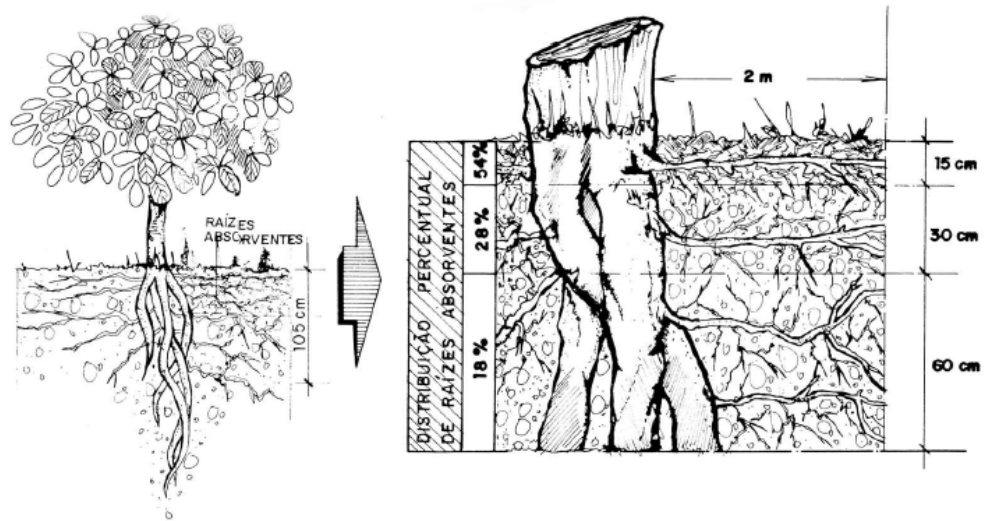


Figura 3: Distribución de raíces absorbentes del marañón. Fuente: Galdámez 2004.

El marañón posee una inflorescencia en forma de panícula, que posee flores tanto masculinas como bisexuales; los dos tipos de flores se encuentran en cantidades y proporciones que varían tanto entre plantas como entre panículas (espigas) de una misma planta. En promedio la relación entre flores masculinas y flores bisexuales o hermafroditas es de 10 a 1. La panícula mide entre 20 y 30 cm. de largo.



Figura 4: Inflorescencia del marañón. Fuente: Galdámez 2004.

El falso fruto conocido, se forma del pedúnculo o receptáculo, éste es engrosado y jugoso, de color amarillo o rojo brillante, con dimensiones de 4 a 12 cm. de largo y de 4 a 6 cm. de grueso, que es la parte utilizable como fruta fresca, es un cuerpo en forma de pera o esférico.

En el extremo se ubica el fruto verdadero, una nuez en forma de riñón, gris y dura, conocida como nuez de marañón (Porrás, 1985), la cual es considerada el principal producto del cultivo. La nuez, de 2 a 3 cm de largo, tiene un pericarpio liso y brillante y el mesocarpio tiene espacios que contienen masas de aceites o gomas (Cajunor, 2010), este representa de 8 a 12 % del peso total de la fruta.



Figura 5: Fruto de marañón común. Fuente propia.

1.6 Aspectos Agronómicos

Los aspectos más importantes para la adecuada localización y manejo del cultivo son: las técnicas de cultivo, el clima y los suelos.

La propagación del Marañón puede ser por semilla o vegetativamente. La multiplicación del Marañón por semillas tienen a variar con respecto al árbol de donde provienen y para poder obtener productos uniformes es necesario controlar esta variación. El árbol presenta numerosas variaciones en sus características de reproducción tales como rendimiento, forma, color y tamaño. Es casual que produzca arboles de alto rendimiento a partir de semilla de árboles de elevado rendimiento.

El problema de la inestabilidad genética se soluciona mediante el uso de la reproducción asexual o de propagación vegetativa dando resultados bastante satisfactorios el de acodos aéreos, reproduciendo las características paternas y produciendo cosechas prematuras.

En la propagación por semillas seleccionada el cultivo es más fácil y económico. La vida productiva de una planta comercial puede ser de 40-50 años, logrando las mejores producciones por manzana a partir de los 10 años.

1.6.1 Requerimientos climáticos

El marañón crece en forma silvestre en muchos países tropicales, no sujetos a heladas, lo que indica que este cultivo es rústico. Sin embargo, cuando se trata de establecer plantaciones comerciales debe conocerse las mejores condiciones agroclimáticas para su cultivo (Coto, 2003).

Estas plantaciones se adaptan a temperaturas promedio anual de 27°C este resiste temperaturas mínimas de 16 a 20°C y máximas de 34 a 37°C,

aunque en períodos prolongados de temperaturas mínimas o máximas pueden afectar el óptimo desarrollo de la planta (INFOAGRO, 2008).

La precipitación debe de ser 800-1500mm anuales². El árbol puede crecer bajo un régimen de precipitación amplio, dependiendo de lo largo de la estación seca y las condiciones de suelo que afectarán el crecimiento de la raíz. El marañón responde bien al riego complementado durante la estación seca (INFOAGRO, 2008).

El árbol de marañón puede resistir largos períodos de baja humedad relativa (por ejemplo 25%, siempre que el árbol tenga acceso a suficiente riego). Sin embargo, la humedad alta (es decir más del 80%) es propicia para el desarrollo de hongos en la panícula, especialmente la antracnosis y para la presencia de plagas.

La altitud de estas plantaciones va desde 0 a 1800 metros sobre el nivel del mar. Los mejores rendimientos se obtienen en alturas menores a 600 msnm. A mayor altura el marañón desarrolla poca producción y es más susceptible al ataque de enfermedades (Coto, 2003).

Su sistema radical le permite soportar fuertes vientos y debido a eso, en algunos lugares, es usado como cortina rompevientos; sin embargo, los vientos fuertes, huracanados y permanentes son perjudiciales para las flores y hojas, causando además daños en las ramas. Los vientos también interfieren en el óptimo desarrollo, ya que hace que los árboles crezcan retorcidos (Coto, 2003).

El marañón requiere de buena luminosidad, razón por lo cual se adapta muy bien a las zonas bajas de la costa, por la ausencia de las nubes que permite más de 10 horas luz para el cultivo. Los índices más elevados de horas con luz solar, corresponden a los períodos de floración y fructificación, que coinciden con la época seca (Galdámez, 2004).

² La referencia es a que 1 mm de agua caída en 1 metro cuadrado equivale a 1 litro de agua por unidad de área.

1.6.2 Requerimientos edáficos

Con respecto a los suelos, se puede decir que no deben plantarse en aquellos que puedan ser usados para cultivos de mayor rentabilidad, ni tampoco en aquellos que por sus malas características no sean aptos ni para el Marañón. Las condiciones de suelos, más adecuadas son:

- **Textura:** El marañón crece en suelos arenosos, salinos y pedregosos; sin embargo, los mejores resultados se obtienen cuando estos son los suelos profundos y fértiles, con textura franco arenosa, siempre que tengan suficiente profundidad que permita un buen enraizamiento o anclaje, además debe tener condiciones para un buen drenaje.
- **pH:** prefiere suelos de tendencia acida entre 4.3 y 8.7.
- **Riqueza química:** regular en nutrientes.
- **Pendientes:** Puede sembrarse en pendientes hasta del 45%.
- **Labores de fertilización y control de plagas:** no intensivas.

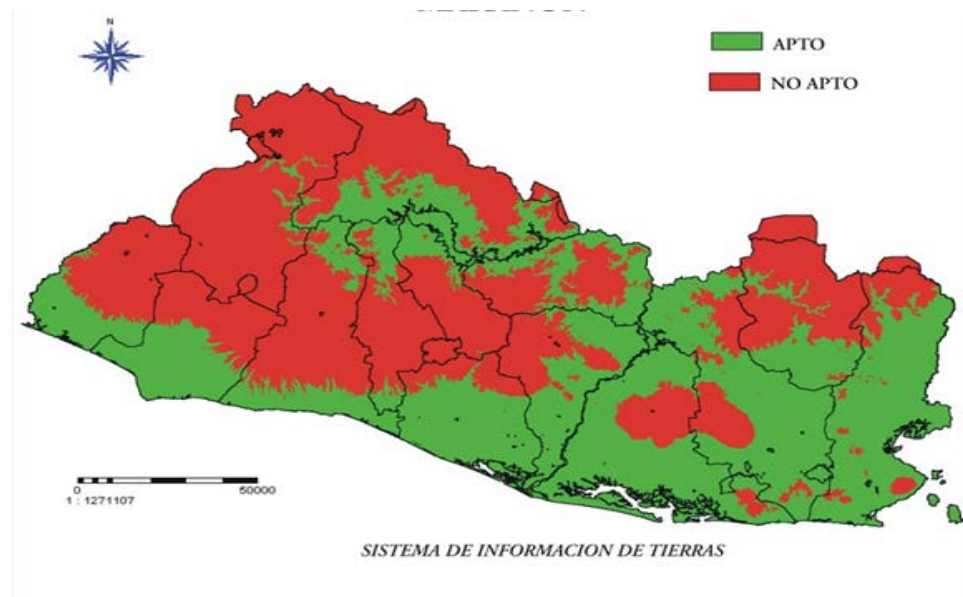
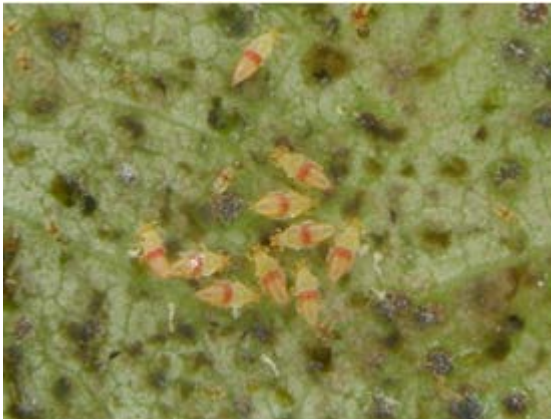


Figura 6: Zonificación para el cultivo de marañón. Fuente: Galdámez 2004.

1.6.3 Plagas y enfermedades del marañón

1.6.3.1 Plagas del marañón

Observaciones en las plantaciones de marañón en el país, muestran presencia sensible de insectos, de los cuales algunos presentan potencial de plaga. En este apartado se considerarán insectos que representan daños económicos importantes en la disminución de la producción y calidad del fruto, los que se abordaran por orden de importancia.



a)



b)



c)

Figura 7: Plagas del marañón, a) Trips, b) Chinche pata de hojas y, c) Comején. Fuente: Galdámez 2004.

Los Trips se encuentran en la planta durante todo el año, presentándose elevadas poblaciones durante la época seca. La hembra introduce sus huevos sobre la epidermis de la hoja y los cubre con una secreción que se torna oscura hasta secarse. El trips causa secamiento y caída de hojas, secamiento de las inflorescencias y desmejora la calidad de la semilla.

Las chinches patas de hoja, es la de mayor presencia en las plantaciones de marañón, constituyéndose en la plaga de principal orden económico. El daño que ocasiona esta chinche patas de hoja es en las semillas jóvenes, las que aún tienen su corteza blanda; perforándolas para alimentarse de ellas, generándose dos situaciones. En la primera, que la perforación no constituye un medio de ingreso de patógenos secundarios, desarrollando en la almendra una mancha parcial que no la daña totalmente; pero disminuyendo la calidad de la almendra y ocasionando pérdidas por calidad y peso, que incide en los precios de comercialización. Y en la segunda, es que, a través de la perforación en la semilla, penetra un patógeno que se desarrolla en la almendra, provocando su pudrición total, y por ende una pérdida de la producción.

El Comején en las plantaciones, las colonias se localizan tanto en el suelo como en la copa y ramas del árbol. En el caso del comején que se encuentra en el suelo, daña el sistema radicular de la planta; mientras que en el caso del comején aéreo, este daña las ramas del árbol. En ambos casos, al no realizar medidas de control y aumentar la incidencia de la plaga, disminuye la producción del árbol. Los síntomas y daños que provoca se manifiestan en el interior del tronco, ramas y raíces por zonas carcomidas y profundas galerías ocupadas por el comején. Al excavar sus galerías entre la madera podrida y las partes sanas, cada año la parte de madera sana se va reduciendo, por lo que el árbol parcialmente está vacío por el interior, pierde vigor y la vegetación languidece, el árbol se vuelve muy frágil y puede llegar a morir.

1.6.3.2 Enfermedades del marañón

En las plantaciones del cultivo de marañón en el país, se identifican tres enfermedades producidas por diferentes hongos como causantes de los principales daños. Estas enfermedades son la Antracnosis, el Mildiú y la Gomosis.

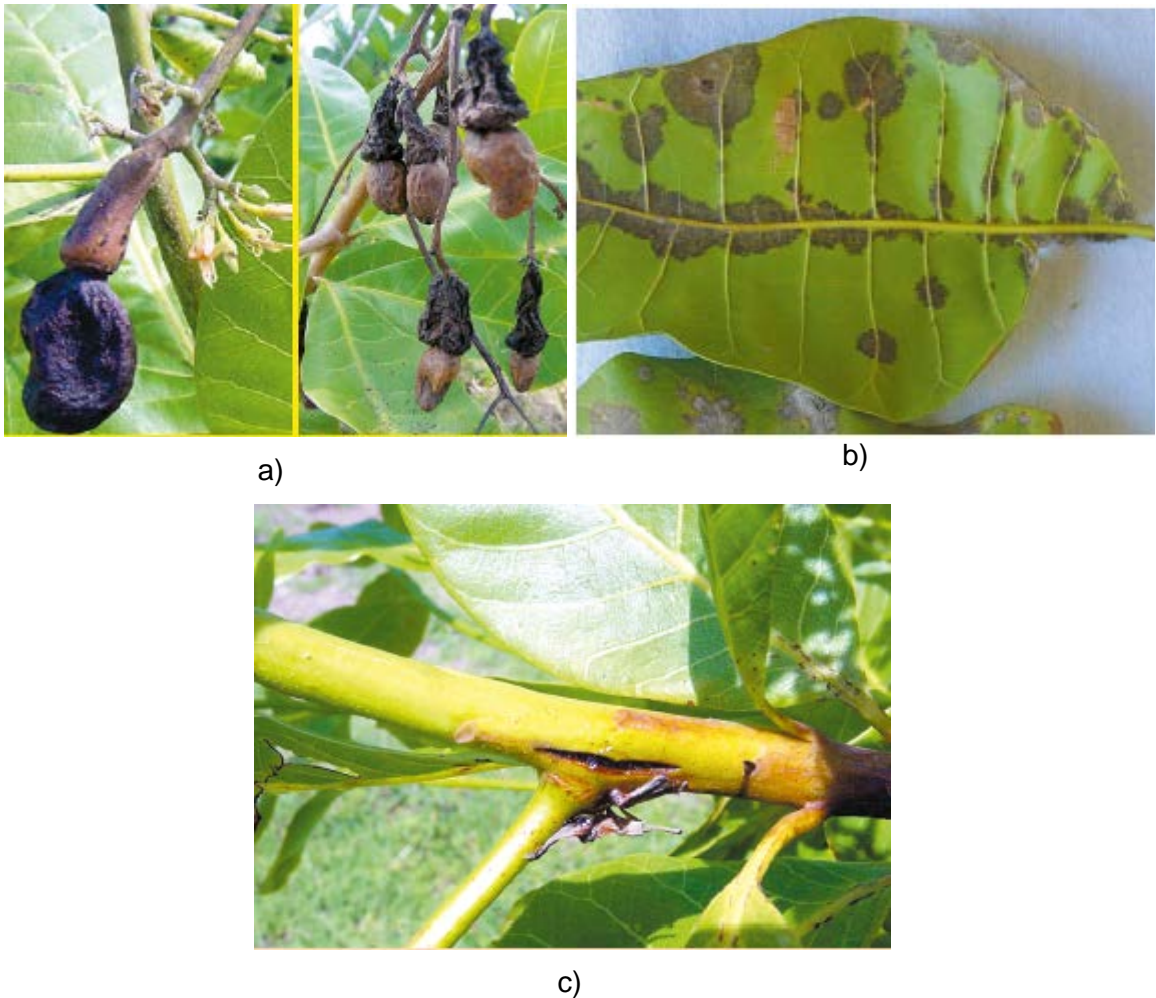


Figura 8: Enfermedades del marañón, a) Fruto dañado por antracnosis, b) Mildiú polvoriento y c) Lesión por gomosis. Fuente: Galdámez 2004.

La Antracnosis es la enfermedad más difundida y conocida en todas las zonas productoras de marañón en el mundo. Está presente en las plantaciones del país, los daños que ocasiona varían según el nivel de incidencia, y estos

daños pueden generar pérdidas sensibles en la producción. Este afecta las diferentes partes vegetativas de la planta, siendo las más sensibles, la panícula floral o inflorescencia y los frutos (semilla y falso fruto) del marañón.

Mildiú polvoriento es una enfermedad frecuente en las plantaciones de marañón en El Salvador. Normalmente es observada sobre las hojas, sin embargo, puede ser encontrada afectando inflorescencias maduras y puede constituirse en un factor limitante de la producción. La enfermedad se caracteriza por un esporulamiento color blanco cenizo, dispuesto por lo general, sobre la nervadura central de las fases superiores de las hojas.

La Gomosis se caracteriza por rajaduras con liberación de goma en los troncos y ramas del árbol. Sobre la corteza se acumulan bolsas de goma con fuerte olor de fermentación, presentando una coloración de café a oscuro. En las lesiones necrosadas se observan los tejidos oscurecidos. La incidencia de la enfermedad es favorecida por la práctica de poda al utilizar herramientas contaminadas con el hongo.

1.7 Características del Fruto y del Falso Fruto

Es necesario aclarar que, en términos botánicos, por fruto debe entenderse aquella parte de la planta que almacena la semilla, o bien, los ovarios maduros de la planta con sus semillas; y la parte carnosa o hipocarpio, que generalmente, es el pedúnculo ensanchado o falso fruto.

La mayoría de las plantas de esta familia tienen sustancias resinosas de acidez irritante y venenosa, ya sea en las hojas, tallo, ramas y en la cascara que envuelve a la nuez, siendo esta última de mayor concentración en acidez.

Como una contribución a la resolución de ciertos problemas técnicos relacionados con la industrialización del marañón, se considera que se vuelve necesario proceder al estudio de la composición física y química del fruto y falso

fruto, cuyos resultados conducirán a una mejor valorización económica de tan valiosos productos.

Se hace necesario pues, realizar un estudio más específico de las características más importantes del marañón, puesto que uno de los objetivos del presente trabajo es llamar la atención a entidades oficiales y privadas en el sentido que existe una necesidad para el aprovechamiento de este producto, y revelar sus ventajas desde el punto de vista alimenticio, industrial y económico, proporcionando datos concretos actualizados, que sirvan de base para la estructuración de una agroindustria prometedora y de gran interés.

Para cada parte del fruto y del falso fruto, se resaltan sus principales propiedades y se indican algunos procesos ya estudiados por varios autores para su industrialización, que pueden servir de base para estudios más profundos, cuya finalidad sea el establecimiento de una industria que aproveche cada una de las partes como materia prima.

1.7.1 Falso Fruto o Pedúnculo

El falso fruto del marañón es el pedúnculo floral desarrollado que constituye la parte comestible comúnmente llamada marañón, manzana o pera del marañón y es el receptáculo carnoso de la fruta o nuez. En el país su comercialización es ínfima, siendo utilizado mayormente para procesos caseros o consumidos al natural. A continuación se muestra en la tabla 1 y tabla 2, las características físicas y químicas respectivamente del falso fruto.

Tabla 1: Características Físicas del Falso Fruto o Pedúnculo. Fuente: Portillo 1982.

TAMAÑO	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO MAYOR (cm)	DIÁMETRO MENOR (cm)	PESO (gr)
Grande	8.68	5.32	3.56	122.56
Mediano	6.97	4.96	3.60	89.16
Pequeños	5.18	4.39	3.15	50.08

Tabla 2: Características Químicas del Falso Fruto o Pedúnculo. Fuente: Portillo 1982.

CARACTERÍSTICA QUÍMICA	FALSO FRUTO	JUGO FALSO FRUTO
Humedad (%)	88.28	59.06
pH	4.30	4.18
Jugo extraíble (%)	66.00	
Vitamina C (mg/gr)	1.66	0.739
Taninos	0.079	0.067
Proteínas (%)	7.70	
Extracto etéreo (%)	7.38	
Fibra cruda (%)	8.61	
Cenizas (%)	0.48	0.271

1.7.2 Fruto o Nuez del Marañón

El fruto propiamente dicho es designado la nuez del marañón, que en el país es conocido con el nombre de pepa. Esta insertado en el pedúnculo o falso fruto y tiene forma de corazón de donde se deriva su nombre científico.

Actualmente en el país es el producto más importante derivado del marañón, ya que de él se obtienen los productos de mayor valor comercial, como lo son la almendra y el aceite de la cascara. El fruto para su utilización debe estar en su máxima madurez, por lo que su recolección se realiza,

generalmente, hasta que caen al suelo, manteniéndose en buenas condiciones durante varios días siempre que no existan condiciones excesivas de humedad.

Para evitar el deterioro durante el almacenamiento del fruto se elimina un 5% de su humedad secándolo al sol; debido a que el exceso de humedad atrae insectos que penetran en la nuez por el sitio donde se une al falso fruto. Para almacenamientos duraderos de varios años se recomienda realizar fumigaciones periódicas como precaución de cualquier ataque de insectos. A continuación, se muestra en la tabla 3, las características físicas del fruto del marañón.

Tabla 3: Características Físicas del Fruto o Nuez del Marañón. Fuente: Portillo 1982.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	GRANDE	MEDIANA	PEQUEÑA
Peso de la nuez cruda y seca. (gr.)	11.65	8.19	6.15
Peso de nuez tostada (gr.)	10.80	8.14	5.52
Volumen (ml.)	11.76	8.12	6.25
Densidad (gr/ml)	0.99	1.01	0.98
Longitud (cm)	4.31	3.55	2.97
Diámetro mayor (cm.)	3.25	2.78	2.35
Diámetro menor (cm.)	2.48	2.17	1.82
Espesor (cm.)	1.92	1.81	1.70

La característica más importante que presenta la cascara de la nuez es su alto contenido de aceite, con gran valor en el campo industrial. Este contenido es similar al que presentan las cascara de otros países que la procesan, por lo que la cascara producida en el país podría cumplir las exigencias requeridas para su industrialización, las características químicas del fruto del marañón se muestran en la tabla 4.

Tabla 4: Características químicas del fruto o nuez del marañón. Fuente: Portillo 1982.

CARACTERÍSTICA QUÍMICA	CASCARA (%)	ALMENDRA (%)	PELÍCULA (%)
Humedad	7.43	4.18	6.78
Proteínas	2.27	22.58	12.13
Grasa o Aceite	30.84	39.56	4.24
Fibra cruda	30.69	2.68	18.44
Cenizas	1.34	2.76	1.95
Materia Seca	92.57	95.82	93.22

1.7.2.1 Pericarpo o cáscara de la Nuez de marañón

El pericarpo o cáscara de la nuez es dura lignificada y con revestimiento cutinoso, representa el 68.55% del peso total de la nuez y su contenido de CNSL es de 30.84%. La capa interna del pericarpo es densamente lignificada y es de donde proviene su gran dureza.

Algunos de los usos industriales que se le pueden dar al CNSL son: En la fabricación de anticorrosivos, pinturas, lubricantes, insecticidas, adhesivos, impermeabilizantes, revestimiento para resistir altas fricciones, etc. La torta residual después de la extracción del aceite es utilizada para la alimentación de calderas, por el contenido calorífico que posee.

1.7.3 Contenido nutricional

La almendra y el falso fruto o pedúnculo, son los productos del marañón con valor nutritivo para la dieta humana, sus composiciones nutricionales son las siguientes:

Tabla 5: Composición nutricional de la almendra. Fuente: Galdámez 2004.

Componente	Proporción
Agua	5.5% - 10%
Carbohidratos	26% - 27.2%
Grasas	45%-47%, de los cuales: Ácidos grasos saturados 18.5% Ácidos grasos no saturados 81.5%
Proteínas	21 % / 29.9%
Fibra	1.2%
Minerales	1.7%-2.5% de los cuales: Calcio:165 mg/100 g Hierro: 5 mg/100g
Vitaminas	Tiamina: 140 mg/g Riboflavina: 150 mg/100g

Tabla 6: Composición nutricional del falso fruto o pedúnculo. Fuente: Galdámez 2004.

Característica química	Proporción
Agua	85-90 %
°Brix	11
pH	4.2
Acidez total	0.36%
Carbohidratos	7-13% de los cuales son azúcares reductores: 6.5-7.9%
Grasas	0.05-0.5 %
Proteínas	0.7-0.9%
Minerales	0.2% de los cuales: Calcio: 14.5 mg/100g Fosforo: 33mg/100g Hierro: 0.36mg/100g
Vitaminas	Vitamina C: 186/249 mg /100g
Taninos	0.35%

1.8 Principales usos y productos del marañón

Se pueden obtener diferentes productos del árbol de marañón, sin olvidar que el principal es la almendra. A continuación, se detallan los posibles productos:

- Corteza y hojas: utilizada en medicina botánica.
- Madera: Como leña, proveniente de las podas y recepas (eliminación de la copa y parte del tronco del árbol, dejando la parte basal como fuente de propagación de brotes.).
- Almendra: Consumida al natural después de tostada o frita. Utilizada en repostería para hacer confites, turrone y chocolates; en la industria panadera para pasteles, panes y galletas; acompañante de vinos; en la fabricación de helados y mezclas de cereales para desayunos; para preparación de delicias culinarias, siendo recomendada en algunos casos como dieta alimenticia. Molida, provee la pasta de marañón o mantequilla. Tiene uso industrial en la fabricación de cosméticos, resinas, barnices y tintes, entre otros.
- Falso Fruto: Tiene un alto contenido de vitamina C. Se consume como fruta fresca o postre, se usa para la elaboración de refrescos, jugo de marañón, néctar, concentrado, marañón en almíbar, vino, vinagre, dulce de marañón, jalea, salsa, harina, marañón pasa y otros.



Figura 9: Marañón deshidratado o marañón pasa. Fuente: Galdámez 2004.

- **Cáscara:** Se encuentra alrededor de la almendra. De ella se extrae el aceite o resina llamado LCNM (líquido de cáscara de nuez de marañón) o CNSL (CashewNut Shell Liquid). Es un fenol natural con propiedades de resistencia al calor y de impermeabilidad. Se usa en medicina y tiene aplicaciones en las industrias de plásticos y resinas debido a su contenido fenólico. Además, se utiliza en la fabricación de aislantes, plásticos, guarniciones de frenos y embragues. Es un producto muy corrosivo.

1.9 Ámbito mundial de la nuez de marañón

¿Porqué producir nuez de marañón? Se estima que por lo menos 60% de nueces de marañón se consumen como nueces saladas, compiten principalmente con otras nueces. El precio de las nueces de marañón es mucho más alto que el precio de cacahuetes o de otros productos relacionados, así que esas ventas se deben basar en una preferencia fuerte del gusto por el consumidor. (Azam-Ali, 2000).

Según MAG (2002), el mercado de las nueces de marañón ha crecido por diversos factores como: los cambios en los hábitos alimenticios y el desarrollo de los mercados saludables; el estilo de vida agitado; la preferencia hacia comidas rápidas; la diversificación de la forma de consumo de las nueces, así como el desarrollo de la industria de alimentos listo para comer ha provocado una tendencia al consumo de comidas rápidas y nutritivas.

Azam-Ali (2000), razones porque comercializar la nuez de marañón en pequeña escala:

- La nuez de marañón es un producto de lujo con un índice creciente en ventas del 7% anual.

- Hay potencial de explotar subproductos de la nuez de marañón tales como: mantequilla de la nuez, nueces quebradas, aceite para los propósitos industriales y medicinales y jugo de la manzana del falso fruto.

La nuez de marañón tiene el potencial de aumentar las ganancias de productores pobres, creando oportunidades de empleo durante la cosecha, el procesamiento y aumentar exportaciones. Sin embargo, se necesita considerar: productos de alta calidad, para competir directamente en el mercado mundial, altos niveles de estándares de calidad; La explotación de subproductos requiere nueva tecnología, que puede ser costosa o difícil obtener; Los volúmenes de la producción de marañón deben ser suficientes para asegurar una fuente constante de materia prima (Azam-Ali, 2000).

1.10 Impacto ambiental

La producción intensiva del cultivo de marañón y sus productos derivados se pretende que el impacto ambiental sea más positivo que negativos. A continuación, se describen tanto los aspectos positivos como los negativos que se originaran a partir del establecimiento de plantaciones de marañón y la ubicación de plantas procesadoras de marañón en el medio ambiente.

Entre los aspectos positivos encontramos un mejoramiento de microclima en la zona cultivada, fijación de CO₂, recargas Hídricas (debido a la cobertura de las hojas se forma un colchón que funciona como almacenador de agua), incorporación de materia orgánica al suelo recuperando la microbiología del suelo, disminución de la erosión de suelos, disminución del impacto de los vientos fuertes, generación de leña como producto de las podas, áreas cultivadas menos vulnerables a los incendios provocados por el hombre y creación de hábitat para la flora y fauna

Entre los aspectos negativos se puede mencionar que los cultivos intensivos, sin importar su tipo generan en la zona lo que se conoce como el monocultivo (generando condiciones para la proliferación de plagas y enfermedades y agotamiento de nutrientes del suelo) este impacto puede minimizarse al utilizar distanciamientos de siembra dimensionados con el propósito de cultivar otros tipos de cultivos de ciclos cortos; se necesitan grandes áreas de suelos para su establecimiento; emisiones de CO₂; y ruido.



Figura 10: Cerro el Divisadero, propiedad de la cooperativa ACOPASMA de R.L. sembrado en su totalidad con marañón Trinidad. Fuente: Galdámez 2004.

1.10.1 Impacto Social - Ambiental

Todo país debe de tener un desarrollo agrícola fuerte ya que el sector agrícola representa la base de la productividad de su pueblo. Los proyectos de naturaleza agrícola suelen tener efectos muy positivos para el país tanto en lo económico como en lo social pero debido a que los nuevos proyectos

orientados al sector agrícola son en gran parte la industrialización de sus productos se debe de hacer un análisis más profundo acerca de las repercusiones socioeconómicas y ambientales para prevenir algún daño permanente.

1.10.2 Impacto Social - Económico

El proyecto agroindustrial del marañón presenta números muy positivos de rentabilidad en el área centroamericana para los agricultores, instituciones de créditos y para la empresa industrial. En la Figura 11 se muestran las exportaciones de principales frutas entre los de 2010 y 2013, lo que se traduce en divisas importantes para el país y en trabajos para muchas familias de la zona rural en especial.

Nuestro país tiene un alto margen de tierras sin utilizar y muchas de ellas se encuentran en áreas de alta pobreza y poca inversión. Los agricultores se verán beneficiados con este proyecto ya que el volumen de producción de la planta demandará grandes cantidades de marañón. Esto creará oportunidades de utilización de los terrenos y la creación de nuevas sociedades productivas en nuestro país. Las instituciones crediticias se verán beneficiadas con la creación de nuevas sociedades productivas ya que se verán alimentadas por nuevos créditos que ayudarán al crecimiento agrícola. La inversión y mantenimiento del cultivo de marañón es bajo y por ende muy atractivo para incursionar y con el crecimiento productivo de la planta tanto la valorización de los terrenos como la rentabilidad del cultivo se verá incrementado.

A su vez estas nuevas sociedades productivas afectaran directamente a la creación de empleos. La mano de obra vera cierto incremento de creación de empleos que solo crecerá a medida que la industria se vea en necesidad de crecer para bastecer su demanda. El cultivo dará nuevos trabajos a agricultores

del área, así como la planta procesadora de semilla dará y creará nuevos empleos cada vez que crezca y se desarrolle.



Figura 11: Exportaciones de principales frutas. Fuente: BCR/SIMAG.

CAPÍTULO II: PROCESO PRODUCTIVO DEL MARAÑÓN

2.1 Planteamiento del problema

La industria del sector del marañón en El Salvador aún está en proceso de desarrollo. Hoy en día, únicamente se tienen dos fábricas procesadoras de nuez de marañón, siendo una de ellas la empresa APRAINORES, la cual inició con un proceso de transformación de la nuez de forma artesanal, llegando a

convertirse en una industria semi artesanal a baja escala³; y por otro lado, podemos encontrar empresas como Bazzini, la cual únicamente se encarga de procesar la almendra dándole un valor agregado en el proceso.

La nuez de marañón tiene una gran demanda, no sólo en los mercados nacionales, sino también en los internacionales; tal es el caso de APRAINORES, que, con la implementación de mejoras en su proceso de industrialización de la nuez, ha logrado abrir mercado a nivel internacional, en países como: Estados Unidos, Alemania y Francia.

En este apartado, el propósito es describir la secuencia de procesos que se siguen para el procesamiento del marañón, hasta obtener el producto terminado. Podemos encontrar un número importante de productos que se pueden obtener del marañón, pero este estudio se centrará únicamente en la obtención de la nuez. En la Figura 12, se muestra el proceso sistemático que se sigue desde la recolección del fruto del marañón hasta la obtención de la nuez o almendra preparada.

³Datos obtenidos con entrevistas, realizada a la gerencia de APRAINORES el día 15 de abril de 2015.

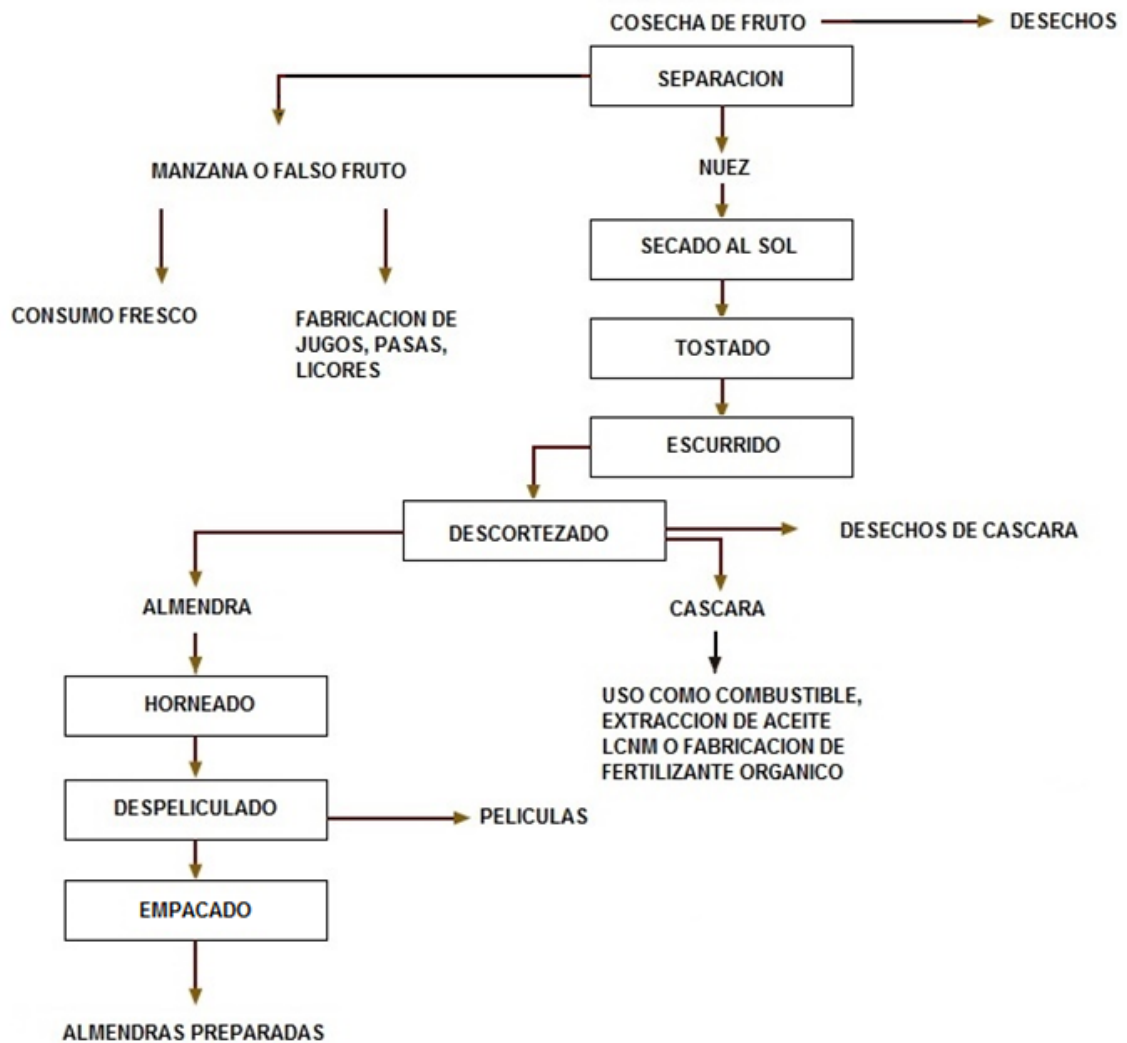


Figura 12: Fases para el procesamiento del marañón. Fuente: APRAINORES.

2.2 Cosecha del fruto de marañón

Según la FAO, la cosecha es la separación de la planta madre de la porción vegetal de interés comercial, que pueden ser frutos como tomate, pimiento, manzana, kiwis, etc. y en nuestro caso el marañón; raíces como remolacha, zanahoria y otras; hojas, como espinaca, acelga; bulbos como cebolla o ajo; tubérculos como papa; tallos como el espárrago; pecíolos como el apio; inflorescencias como el brócoli o coliflor, etc. La cosecha es el fin de la

etapa del cultivo y el inicio de la preparación o acondicionamiento para el mercado.

La fase de producción de marañón en nuestro medio, inicia en el mes de octubre con la floración; la formación de fruto inicia en noviembre con un 2%, posteriormente continua en diciembre con 10%, en enero con 15%, en febrero con 20%, en marzo con 30%, y finaliza en abril con 23%.

El rendimiento de producción se relaciona con la capacidad genética de producción de la variedad seleccionada, forma de siembra, manejo y fertilidad del suelo, condiciones agroclimáticas existentes y el manejo del cultivo. Pero en especial el rendimiento depende de la edad del árbol de marañón, como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7: Producción por Edad del Cultivo de Marañón en la Hacienda Tierra Blanca (San Miguel). Fuente: Portillo 1982.

Edad (años)	Producción de nuez (Kg/Ha)
14	1,168.83
8	909.09
7	584.42
6	324.68
5	194.81
4	116.88
3	51.95

La producción de marañón, a nivel comercial, inicia en el cuarto año y continúa incrementándose hasta el décimo año. La producción puede mantenerse estable durante la vida económica del árbol, que oscila entre 25 y 50 años, según las condiciones medioambientales y de manejo.

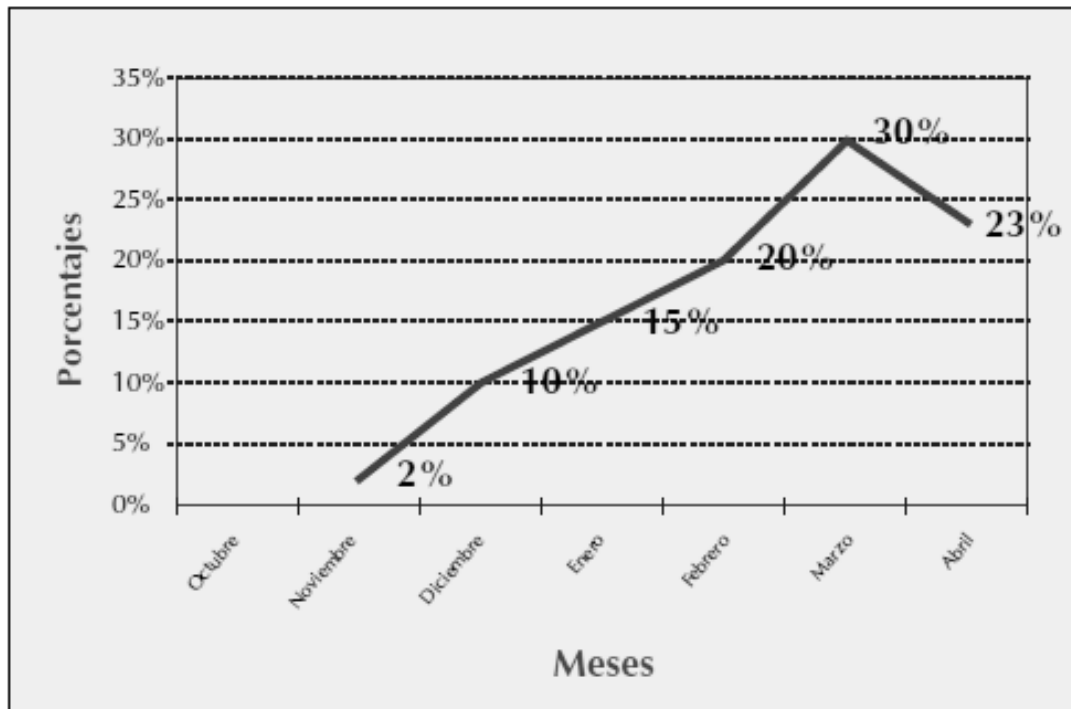


Figura 13: Desarrollo de la producción del marañón. Fuente: Galdámez 2004.

La práctica de recolección de cosecha requiere habilidades y esfuerzos de las personas que la realizan, quienes deben usar extensores con redes de retención para el fruto, y deben subirse al árbol para recolectar los frutos que no alcanza con el extensor, evitando con esto las reventaduras y pérdida de jugo, además se evita que se ensucie o contamine con residuos de tierra. Esta práctica debe costearse en cada plantación por las propias condiciones de manejo y rendimiento de quienes cosechan.



a)

b)

Figura 14: Cosecha del marañón, a) Extensión con retención para el fruto y, b) Jaba plástica para la recolección.

Dependiendo de los usos que se le vaya a dar al fruto, deberá esperarse la maduración, desprendimiento y caída del fruto al suelo de forma natural si únicamente se utilizará la semilla, posteriormente, la semilla es recolectada manualmente, separándola del falso fruto o manzana, dejando esta última en el suelo.

Si se va a recolectar el falso fruto, este es recolectado directamente del árbol, se colocan en jvas plásticas para su traslado al centro de recepción. Luego se separa la semilla del falso fruto del marañón. La separación se realiza haciendo un giro suave de la semilla con las manos o utilizando un cordel para estrangular el punto de unión entre semilla y falso fruto para evitar rasgaduras. Después se selecciona y se clasifica el falso fruto por tamaño y color, eliminando el fruto dañado. La semilla separada recibirá el proceso normal de asoleo y clasificación. El falso fruto se coloca nuevamente en jvas plásticas para su entrega, siempre con la posición de la ubicación de la semilla hacia arriba, no estibando más de 2 hileras de fruto por java. Para este caso el período entre la recolección de frutos y la entrega al comprador, no debe de exceder de 6 horas.

2.3 Secado al sol de la semilla de marañón

La semilla se puede considerar como una estructura compuesta por sustancias complejas tales como carbohidratos, proteínas y aceites, con algo de agua. La cantidad de agua puede ser aumentada o extraída.

Si una semilla se coloca en agua, la absorberá, incrementando así su contenido de humedad; si se extrae del agua, la semilla se secará, de este modo el agua se evaporará y el contenido de humedad disminuirá.

Las moléculas de agua están permanentemente en estado de vibración. Si están localizadas cerca de la superficie de la semilla, podrán escapar ocasionalmente en el aire; esto es, evaporación. De forma similar, las moléculas de vapor de agua en el aire se encuentran vibrando, algunas de ellas entran en contacto con la semilla y entran en ella; esto es, absorción. Estos dos procesos, evaporación y absorción, funcionan continuamente. Cuando la evaporación supera la absorción, la semilla se seca; cuando la absorción excede la evaporación, la semilla incrementa su contenido de humedad. En una condición intermedia, la evaporación y absorción son iguales y el contenido de humedad de la semilla se dice que está en equilibrio con la humedad del aire. En otras palabras, el proceso de secado de la semilla de marañón está limitado por humedad relativa presente en el aire circundante.

El contenido de humedad se expresa como el peso del agua contenida como un porcentaje del peso total de la semilla antes del secado.

$$\% \text{ Contenido de humedad de la semilla} = \frac{\text{peso del agua}}{\text{peso de la muestra antes del secado}} \times 100$$

Ecuación 1: Porcentaje de humedad de la semilla.

Gráficamente el proceso de secado se puede representar mediante la grafica siguiente:

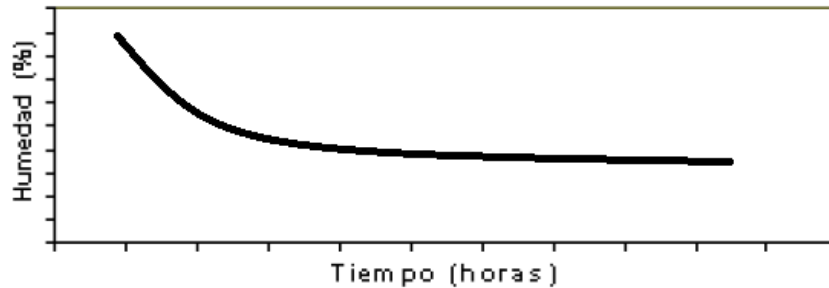


Figura 15: Curva de secado al sol para la semilla de marañón.

Una vez la semilla es recolectada de las plantaciones, se coloca en sacos para trasladarla a los patios de asoleo.

Los patios de asoleo, deben ser de preferencia de cemento o ladrillo, sino se cuenta con este tipo de infraestructura, pueden prepararse patios en área a nivel con materiales resistentes a la exposición solar y al volteo de la semilla. Simultáneamente se clasifica la semilla por medios manuales y visuales, separando las semillas dañadas y vanas. Esta actividad de asoleo es de aproximadamente de 3 a 4 días. Este momento se aprovecha para eliminar restos de pedúnculos, piedras y otros antes de envasarse.



Figura 16: Pre-secado al sol de las semillas de marañón. Fuente propia.

El almacenamiento de la semilla posterior del secado al sol se realiza en sacos de fibras naturales. Este tipo de tejidos permiten aireación y liberación de humedad generada por la semilla.

2.4 Cocción o tostado de la semilla de marañón

Durante esta etapa de cocinado o pre-cocinado de la fruta, la cascara de la semilla de marañón sufre un endurecimiento y fragilizado superficial. Además, la película que separa la nuez de la cascara es separada, lo cual se puede lograr debido a que el agua contenida en la semilla es evaporada, obteniendo una expansión de la cascara y una compresión en la nuez.

El proceso cocinado de la semilla de marañón, se realiza por la aplicación de calor, dicho proceso puede diferir entre productores, con relación a la demanda y a los recursos disponibles que estos tengan. Para ejemplificar

dichos procesos, se separará el proceso de cocción para dos casos: artesanal e industrial.

2.4.1 Proceso de cocción artesanal

En un proceso tradicional de cocción artesanal de semilla de marañón, este se caracteriza por ser un giro netamente familiar y relativamente, con poca demanda.

Según sea la demanda de producto, el fruto recolectado es cocinado al aire libre, algunas veces sin ningún tratamiento previo, utilizando leña y depósitos metálicos drenados en el fondo para facilitar la evacuación del aceite producido durante la cocción de dicho fruto⁴. El tiempo de cocción dura aproximadamente 10 minutos.

Luego las semillas se dejan enfriar a temperatura ambiente, después de esta etapa, están listas para la operación de descortezado o descascarado.



Figura 17: Cocción de la semilla de marañón de forma artesanal. Fuente propia.

⁴En algunos países, este método ha sido prohibido, debido a que el humo que emana es muy dañino para la salud.

2.4.2 Proceso de cocción industrial

En un proceso de cocción industrial de semilla de marañón, este se caracteriza por manejar grandes cantidades de materia prima y mucha demanda; los mercados pueden ser nacionales y/o internacionales.

Para dicho proceso, se puede encontrar dos diferentes formas de llevarlo a cabo, uno es utilizando aceite vegetal caliente en cocinas de acero inoxidable accionado por gas propano, el otro es utilizando vapor de agua generado en calderas.

2.4.2.1 Aceite vegetal



Figura 18: Cocina de acero inoxidable utilizada anteriormente por APRAINORES para la cocción de semilla de marañón. Fuente: Cortez 2009.

Mediante este método, un lote de alrededor de 50 libras, son sumergidas en aceite vegetal caliente a 200 °C por un tiempo de 2 ½ minutos, se ablandan las semillas, utilizando para ello dos cocinas de acero inoxidable accionado por gas propano. Encargándose dos personas de dicha operación.

Posterior al cocinado el contenido de lote es vertido en un depósito de madera donde se mezcla con aserrín para que este absorba el exceso de aceite vegetal. Luego se procede a sacudir con tamiz el fruto con el aserrín con el fin de eliminar este último (el aserrín es reutilizado hasta un máximo de tres veces), dejando las semillas limpias y vertiéndolas en la pila de enfriamiento donde se deja reposar, hasta alcanzar la temperatura ambiente y pasar a la siguiente etapa de producción.

Este método tiene altos costos de operación y baja producción, debido a que el aceite vegetal se hace necesario renovarlo con frecuencia para garantizar la inocuidad del producto y la producción se ve afectada por el número de cocinas disponibles en la planta.

2.4.2.2 Vapor de agua

Mediante este método, son utilizados generadores de vapor, el vapor es inyectado directamente a la cámara que contiene la semilla, llevándose a cabo una cocción en una atmósfera húmeda, regulando la temperatura y tiempo de cocción de la semilla. Estas variables dependerán de la experiencia del procesador y del equipo utilizado. Como ejemplo se puede mencionar que un generador de vapor que trabaja a 2 Atm (15 PSI g), requiere un periodo de tiempo de 50 minutos para cocer 363 kg (800 lb) de semilla de marañón.



Figura 19: Semillas de marañón cocinadas con vapor. Fuente Propia.

Al finalizar el cocimiento, las semillas son colocadas en patios techados con drenajes para su enfriamiento y secado. Esta tarea requiere de un período de 12 a 24 horas de reposo antes de pasar a la siguiente etapa.

2.4.3 Generadores de vapor

Los generadores de vapor o calderas son instalaciones industriales que, aplicando el calor de un combustible sólido, líquido o gaseoso, vaporizan un fluido caloportador (por lo general agua) para aplicaciones en la industria.

Los generadores de vapor o calderas son equipos cuyo objetivo es generar agua caliente para calefacción y uso general, o generar vapor para planta de fuerza, procesos industriales o calefacción.

Hasta principios del siglo XIX se usaron calderas para teñir ropas, producir vapor para limpieza, etc., hasta que Dionisio Papín creó una pequeña caldera llamada "marmita". Se usó vapor para intentar mover la primera

máquina homónima, la cual no funcionaba durante mucho tiempo ya que utilizaba vapor húmedo (de baja temperatura) y al calentarse ésta dejaba de producir trabajo útil.

La máquina elemental de vapor fue inventada por Dionisio Papín en 1769 y desarrollada posteriormente por James Watt en 1776. Inicialmente fueron empleadas como máquinas para accionar bombas de agua, de cilindros verticales. Ella fue la impulsora de la revolución industrial, la cual comenzó en ese siglo y continúa en el nuestro.

Máquinas de vapor alternativas de variada construcción han sido usadas durante muchos años como agente motor, pero han ido perdiendo gradualmente terreno frente a las turbinas. Entre sus desventajas encontramos la baja velocidad y (como consecuencia directa) el mayor peso por Kw de potencia, necesidad de un mayor espacio para su instalación e inadaptabilidad para usar vapor a alta temperatura.

Funcionan mediante la transferencia de calor, producida generalmente al quemarse un combustible, al agua contenida o circulando dentro de un recipiente metálico. En toda caldera se distinguen dos zonas importantes.

Zona de liberación de calor o cámara de combustión: Es el lugar donde se quema el combustible. Puede ser interior o exterior con respecto al recipiente metálico.

Interior: la cámara de combustión se encuentra dentro del recipiente metálico o rodeado de paredes refrigeradas por agua.

Exterior: cámara de combustión constituida fuera del recipiente metálico. Está parcialmente rodeado o sin paredes refrigeradas por agua.

La transferencia de calor en esta zona se realiza principalmente por radiación (llama-agua).

Zona de tubos: es la zona donde los productos de la combustión (gases o humos) transfieren calor al agua principalmente por convección (gases-aguas). Esta constitutiva por tubos, dentro de los cuales pueden circular los humos o el agua.

2.4.3.1 Fluido caloportador: El Agua

El agua es un fluido caloportador, refrigerante, con capacidad de cambiar de fase, y manométrico. El agua es el fluido de trabajo del motor solar que mantiene vivo el planeta. La molécula de agua está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. Pese a su aparente simplicidad este líquido que tan bien conocemos es complejo y tiene un comportamiento caprichoso. El agua está dotada de unas excepcionales propiedades físico - químicas que constituyen su especificidad.

El gráfico de la Figura 20, se muestra la relación entre el volumen del agua en función de la temperatura. Como puede verse, en este rango de temperatura las cosas ocurren de un modo distinto. Al reducirse su temperatura de 4 a 0° C, el volumen del agua se incrementa en vez de reducirse, con lo cual se reduce su densidad.

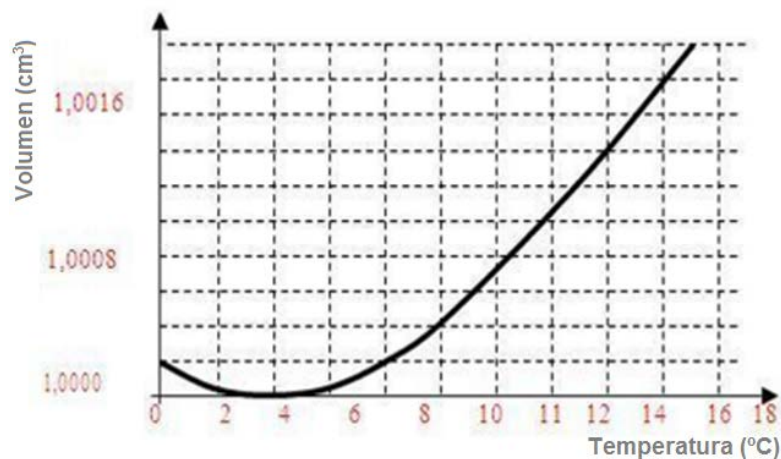


Figura 20: Comportamiento del agua al alcanzar los 4°C. Fuente: google.com.

El agua se puede presentar en diferentes estados de agregación, o fases. A grandes rasgos, se pueden diferenciar tres fases: sólido, líquido y gas.

Esta sustancia se encuentra en una u otra fase según a qué condiciones de temperatura y presión se encuentre. Por ejemplo, todos sabemos que a presión atmosférica, el agua es líquida entre 0°C y 100°C, sólida por debajo de los 0°C y gaseosa por encima de los 100°C. La temperatura a la que se producen estas transiciones de fase cambia al variar la presión. Esto se suele representar en el diagrama de fases que podemos contemplar en un diagrama P-T.

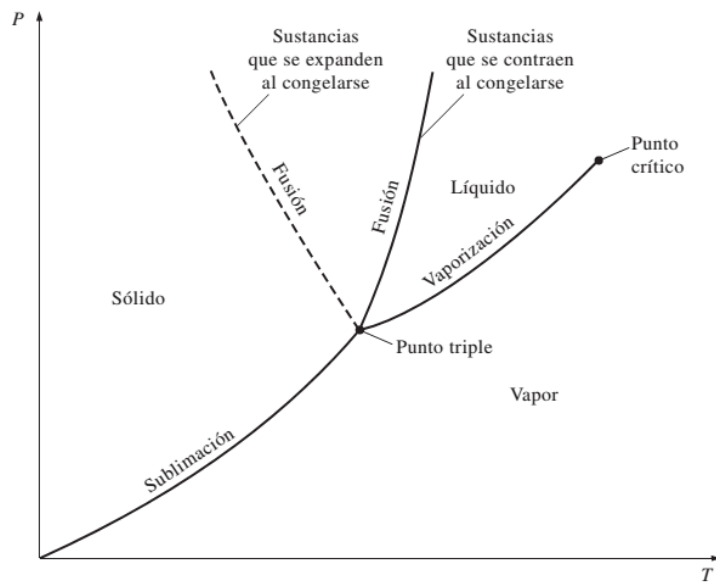


Figura 21: Diagrama P-T de sustancias puras. Fuente: Cengel/Boles 2009.

Si representamos en una gráfica como varía el volumen de una cierta cantidad de agua al aumentar la temperatura (diagrama T-v) a una presión constante obtenemos tres tramos (sin consideramos la presencia del hielo).

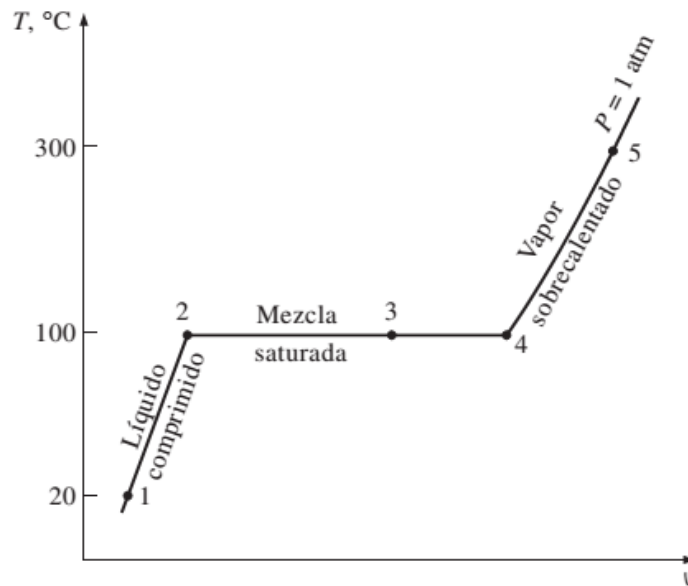


Figura 22: Diagrama T-v para el proceso de calentamiento de agua a presión constante. Fuente: Cengel/Boles 2009.

Para temperaturas por debajo de la línea de saturación, tenemos líquido comprimido y el volumen varía muy ligeramente por efecto de la temperatura. Hay dilatación volumétrica, pero esta es pequeña. Esto se representa por una línea que es casi vertical.

Cuando se alcanza la temperatura de saturación (o de ebullición) el agua comienza a convertirse en vapor. Puesto que el vapor es mucho menos denso que el agua (la densidad del vapor de agua a 1 atm y 100°C es de 0.6kg/m³, mientras que la densidad del agua es 960kg/m³, del orden de 2000 veces la del vapor), el volumen aumenta al producirse el cambio de fase. Durante este proceso no se modifica la temperatura. Varía la cantidad de agua y de vapor, pero siguen en equilibrio térmico. El tramo correspondiente en la gráfica es una línea horizontal.

Tabla 8: Presión de saturación a diferentes temperaturas. Fuente: Cengel/Boles 2009.

Temperatura, $T, ^\circ\text{C}$	Presión de saturación, $P_{\text{sat}}, \text{kPa}$
-10	0.26
-5	0.40
0	0.61
5	0.87
10	1.23
15	1.71
20	2.34
25	3.17
30	4.25
40	7.39
50	12.35
100	101.4
150	476.2
200	1 555
250	3 976
300	8 588

Llega un momento en que toda el agua se convierte en vapor. Tenemos vapor sobrecalentado. Para que el vapor de agua pueda tratarse como un gas ideal es necesario que su temperatura sea muy alta o su presión muy baja. No obstante, la ecuación del gas ideal sirve para dar una estimación de los resultados.

Para que pueda darse el proceso de 1 – 5 en la figura 22 es necesario agregar energía en forma de calor. Al proceso 1 – 2 y de 4 – 5 hay que agregar calor sensible y de 2 – 4 calor latente.

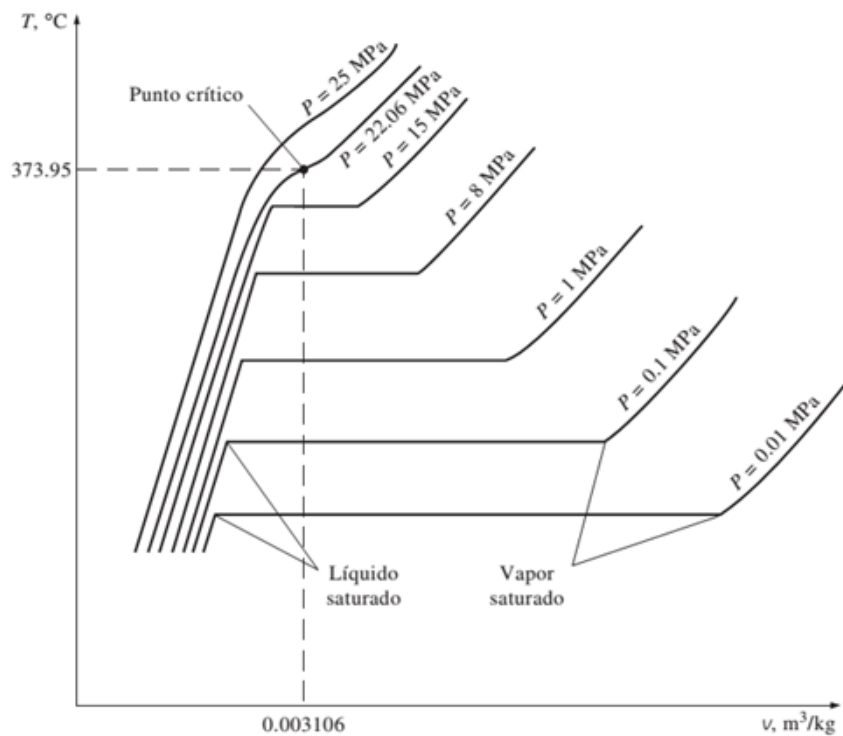


Figura 23: Diagrama T-v para el agua de procesos de cambio de fase a presión constante a diferentes presiones. Fuente: Cengel/Boles 2009.

La Figura 23 presenta misma gráfica de la Figura 22, pero para una presión superior obtenemos una nueva isobara por encima de la que teníamos, ya que la temperatura de saturación aumenta con la presión. Vemos que es menor la diferencia entre los volúmenes ocupados por el agua saturada (a punto de entrar en ebullición) y el vapor saturado (cuando justo toda el agua se ha convertido en vapor). Los dos puntos se van acercando hasta que se llega al llamado punto crítico, a partir del cual el agua se convierte en vapor sin que haya un cambio de fase, sino una variación continua.

2.4.3.2 Clasificación de generadores de vapor

Según la presión de trabajo.

- Baja presión: de 0 - 2.5 Kg/cm²
- Media presión: de 2.5 - 10 Kg/ cm²
- Alta presión: de 10 - 220 Kg/ cm²
- Supercríticas: más de 220 Kg/ cm²

Según se generación.

- De agua caliente
- De vapor saturado (húmedo o seco)
- De vapor recalentado (sobrecalentado)

Según la circulación de agua dentro de la caldera

- Circulación natural: el agua se mueve por efecto térmico
- Circulación forzada: el agua se hace circular mediante bombas.

Según la circulación del agua y los gases calientes en la zona de tubos de las calderas. Según esto se tienen 2 tipos generales de calderas

- Pirotubulares o de tubos de humo: En estas calderas los humos pasan por dentro de los tubos cediendo su calor al agua que los rodea.
- Acuotubulares o de tubos de agua: El agua circula por dentro de los tubos, captando calor de los gases calientes que pasan por el exterior. Permiten generar grandes cantidades de vapor sobrecalentado a alta presión y alta temperatura, se usa en plantas térmicas para generar potencia mediante turbinas.

Según el tipo de combustible usado

- Combustibles sólidos

- a) Carbón de piedra
- b) Carboncillo
- c) Leña
- d) Basuras o desperdicio domestico
- Combustibles líquidos
 - a) Petróleos
 - b) Kerosén
 - c) Alquitrán combustible
- Combustibles gaseosos
 - a) Gas licuado (de petróleo)
 - b) Gas de alumbrado (de carbón).

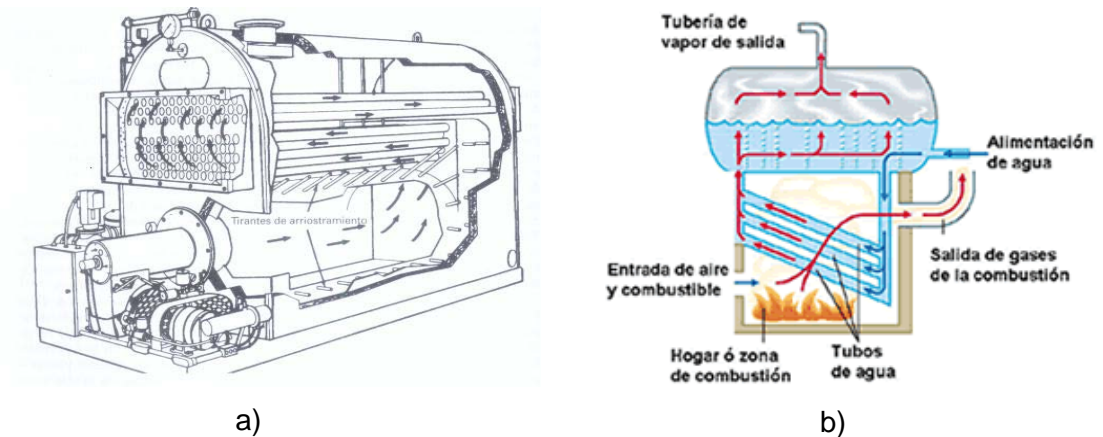


Figura 24: Generadores de vapor, a) Calderas Piro-tubulares y b) Caldera acuotubulares.
Fuente: google.com.

2.4.3.3 Partes principales de un generador de vapor

HOGAR: Fogón o caja de fuego y corresponde a la parte en que se quema el combustible. Se divide en puerta del hogar y cenicero. Las calderas pueden instalarse con Hogares para combustibles sólidos, líquidos o gaseosos, todo dependerá del proyecto del equipo y de la selección del combustible a utilizar.

Emparrillado: tiene por objeto servir de sostén al lecho de combustible y permitir el paso del aire para la combustión.

Altar: Es un muro de ladrillo refractario que descansa en una estructura metálica que va a continuación de la parrilla.

Conductos de humo: es aquella parte de la caldera por donde circulan los humos o los gases calientes que se han producido en la combustión.

Cajas de humo: Corresponde al espacio de la caldera que desempeña la función de caja colectora de los humos después de haber pasado por todos los conductos antes de salir por la chimenea.

Chimenea: sirve para dar la salida a los gases de la combustión, los cuales deben ser evacuados a una altura suficiente para evitar perjuicios y molestias al vecindario. También para producir el tiro necesario para que la combustión se efectuara en buenas condiciones y en modo continuo.

Mampostería: Construcción de ladrillo refractarios y ladrillos comunes que tienen como objeto cubrir la caldera para evitar desprendimiento de calor al exterior.

Cámara de agua: Volumen de la caldera que está ocupada por el agua y tiene como límite inferior un cierto nivel mínimo, del que no debe descender nunca el agua durante su funcionamiento.

Cámara de vapor: Es aquella parte de la caldera que queda sobre el nivel superior del agua (volumen ocupado por el vapor considerando el nivel máximo admisible de agua).

Cámara de alimentación de agua: Es el espacio comprendido entre los niveles máximos y mínimos del agua.

Tapas de registro de inspección o lavado: tapas que tienen por objeto permitir inspeccionar ocularmente el interior de las calderas o lavarlas si es

necesario para extraer, en forma mecánica o manual, los lodos que se hayan acumulado y que no hayan salido por las purgas.

Puertas de hombre: puertas cuyo tamaño es suficiente para permitir el paso de un hombre para inspeccionar interiormente una caldera y limpiarla si es necesario (pueden tener una o más puertas de hombre según su tamaño y del equipo).

2.4.3.4 El Autoclave

Un autoclave es un recipiente de presión metálico con paredes gruesas y un cierre hermético que permite trabajar a alta presión (60 psi g como máximo) para realizar una reacción industrial, una cocción o una esterilización con vapor de agua. Su construcción debe ser tal que resista la presión y temperatura desarrollada en su interior. La olla de presión tiene el perfecto principio del autoclave.

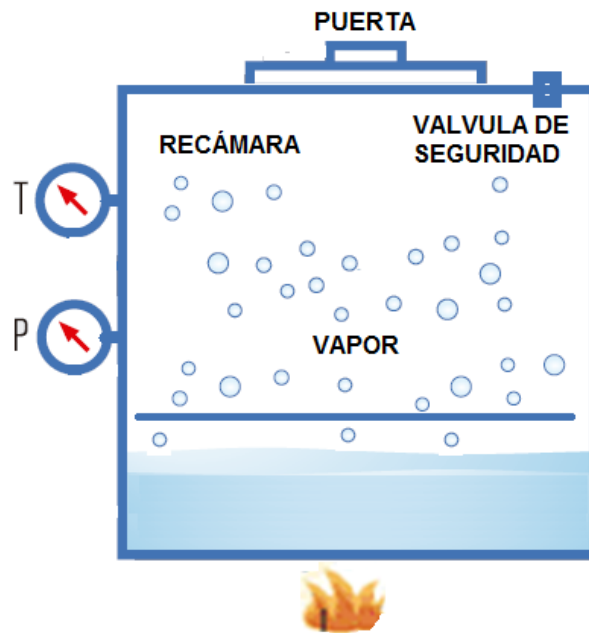


Figura 25: Esquema de un autoclave. Fuente propia.

Los autoclaves funcionan permitiendo la entrada o generación de vapor de agua pero restringiendo su salida, hasta obtener una presión interna por encima de la presión atmosférica, lo cual provoca que el punto de ebullición del agua aumente proporcionalmente, logrando temperatura superiores a los 100° Celsius en el vapor generado.

El hecho de contener fluido a alta presión implica que los autoclaves deben ser de manufactura sólida, usualmente en metal, y que se procure construirlos totalmente herméticos. Los autoclaves suelen estar provistos de manómetros, termómetros y válvulas de seguridad, que permiten verificar el funcionamiento y seguridad del aparato.

Los combustibles utilizados son muy variados, en general, sólidos, líquidos y gaseosos. Cada uno requerirá una tecnología apropiada para poder quemarlos de la mejor manera. Para generar el vapor, el combustible utilizado en este rubro es la misma cascara de las semillas de marañón, lo que es beneficioso en términos económicos. Es decir, los autoclaves en este sector económico utilizan combustible sólido.



Figura 26: Autoclave propiedad de APROINORES. Fuente propia.

2.5 Extracción de la nuez de marañón

Cuando termina la etapa de cocinado o pre-cocido y la fruta esta a temperatura ambiente, pasa a la operación de descortezado o descascarado.

En el país existen al menos dos maneras que los productores utilizan para realizar la extracción de la almendra.

Los pequeños y micro productores realizan esta actividad sobre mesas de concreto, sobre piedras de tamaño moderado o sobre yunques, y consiste en golpear las semillas manualmente con una piedra redondeada o martillo para obtenerla, utilizando ceniza y/o guantes de látex para evitar que los aceites contenidos en la semilla dañe las manos del trabajador.



a)



b)

Figura 27: Utilización de objetos contundentes para la extracción de almendras. Fuente: Cortez 2009.

Los productores con más recursos realizan esta actividad con máquinas manuales importadas por lo general de Brasil, dichas máquinas poseen cuchillas calibradas al tamaño de la semilla, montadas en mesas apropiadas. Bajo este sistema se requieren de dos personas, una corta y la otra separa y extrae la

almendra. Es una actividad delicada, y el personal deberá protegerse las manos para evitar quemaduras por el aceite de la cáscara. Con esta metodología los productores obtienen mejores ingresos, ya que con el uso de este tipo de máquina se obtiene hasta el 95% de nuez entera.



Figura 28: Máquina manual descortezadora de semilla de marañón. Fuente: Galdámez 2004.

2.6 Horneado de la almendra

Esta operación permite disminuir la humedad de la almendra, facilitando la separación de la película que la recubre. Para esta actividad, se utilizan hornos especiales con regulación de su temperatura y tiempo. La temperatura es de 60° a 90°centígrados y por un período de 3 a 8 horas.



Figura 29: Proceso de horneado de almendras. Fuente: Galdámez 2004.

2.7 Despeliculado y clasificación de la nuez

Luego de la operación de horneado, y posterior enfriamiento de la almendrase procede a separar la película que la recubre. Se puede hacer uso de cilindros preparados especialmente para la actividad y disminuir el tiempo y costo, pero teniendo la desventaja de incrementar el porcentaje de almendra quebrada. Otro de método es el manual, que consiste en separar la película de la almendra suavemente mediante raspadura con una navaja.



Figura 30: Proceso de despeliculado. Fuente: Galdámez 2004.

Posterior al despeliculado las nueces pasan a ser clasificadas, normalmente se realiza por:

- Por su tamaño, en grande, mediana y pequeña.
- Por su color, en blancas y doradas.
- Por su fraccionamiento, en enteras (W), mitades (S) y pedazos (P).

El mercado es quien regula estas características, asignándole códigos específicos a cada una de ellas (ver anexo A). Como ejemplo el código W 240, que indica:

- W: Blancas enteras.
- 240: Entre 220 y 240 unidades por libra.

2.8 Almacenaje de producto terminado

Especialmente para la exportación, se requiere de empaques al vacío en bolsas de material a base de polipropileno, aluminio, u otros. La presentación dependerá de las exigencias del comprador o del mercado destino, que pueden ser en bolsas de 25 lb o 50 lb, re-empacadas en cajas de cartón debidamente identificadas, con fechas de proceso, marca, procedencia y sobre todo código del producto (W 240).

El almacenamiento debe de reunir condiciones de higiene y temperaturas controladas para preservar la calidad de la almendra. De prolongarse el almacenamiento, deberá chequearse la pérdida del proceso al vacío.



Figura 31: Empaque de nueces de marañón. Fuente: Galdámez 2004.

2.9 Análisis del proceso productivo

En este numeral, se ejemplificará como se distribuye normalmente la carga de trabajo en una planta procesadora de semilla de marañón⁵.

La operación de tostado, es realizada por dos personas, que cosen 32 quintales por día en el autoclave.

En la operación de descortezado implica 26 quintales de producción diaria, por lo cual existe una capacidad ociosa o holgura de 6 quintales. En este proceso, según el productor, se genera la menor producción diaria, lo que limita la capacidad instalada en planta. El cuello de botella es generado en el descortezado por los siguientes problemas en las etapas del proceso

1. Hay que realizar una preselección antes de las semillas para arrancar con el proceso que se divide en.
 - a. Descortezado de semilla media o promedio que representa un 70% de las semillas.
 - b. Descortezado de semillas grandes que representa el 10% de las semillas.
 - c. Descortezado de semillas pequeñas que representan el 20% de la carga.
2. Proceso es restringido por la experiencia del operario.
3. Desperdicio de materia prima por desajustes en las cuchillas en proceso.
4. Bajo rendimiento de los operarios por las condiciones extremas del proceso.
5. Limitado a un quintal procesado de nueces cocidas por operario en la jornada de trabajo.

⁵Datos obtenidos con entrevistas, realizada a la gerencia de APRAINORES el día 15 de abril de 2015.

Operación de despeliculado representa 25 personas, pero supe la carga que es enviada desde la línea de descortezado, que se refiere al desalojo de la película protectora de la nuez, que es retirada manualmente con unas navajas, representando un aprovechamiento del 66% de la capacidad instalada en planta. Mientras son clasificadas por un grupo de 15 operarios que seleccionan las semillas de alta calidad y las de media calidad. Por último, empaçado por un operario.

Tabla 9: Descripción de planta. Fuente: APRAINORES.

OPERACIÓN	Nº PERSONAS
Cocinado	2
Descortezado	26
Horneado	2
Despeliculado	25
Clasificado	15
Empacado	1
Supervisor	1
Administración y limpieza	9
Total	80

2.10 Análisis FODA

En este apartado se utilizará el análisis F.O.D.A. para analizar las causas internas y externas a la problemática en estudio, a través de la interpretación de la información recolectada en las entrevistas realizadas con productores y recolección de información bibliográfica.

Fortaleza:

- Calidad de los productos.
- Fidelidad de clientes.
- Experiencia sobre la actividad económica que realizan.
- Disponibilidad de materia prima.
- Recurso humano no calificado para todos los procesos.

Oportunidades:

- Nuevos mercados.
- Acceso a créditos.
- Precio de venta.
- Demanda del producto.
- Crecimiento continuo en el consumo de nueces saladas a nivel nacional e internacional.

Debilidades:

- Producción baja.
- Disponibilidad del recurso humano.
- Costos de producción.
- Ausencia de tecnología.
- Falta de capital para realizar operaciones.
- Conocimiento y experiencia en el mercado.

Amenazas:

- Altas tasas de interés del sector financiero.
- Incidencia de la delincuencia en la zona de producción.

2.11 Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)

Los consumidores exigen, cada vez, más atributos de calidad en los productos que adquieren. La inocuidad de los alimentos es una característica de calidad esencial, por lo cual existen normas en el ámbito nacional e internacional, que consideran formas de asegurarla. Dada esta situación, todo aquel que esté interesado en participar del mercado Global debe contar con las BPM.

Las Buenas Prácticas de Manufactura son una herramienta básica para la obtención de productos seguros para el consumo humano, que se centralizan en la higiene y forma de manipulación.

Son útiles para el diseño y funcionamiento de los establecimientos, y para el desarrollo de procesos y productos relacionados con la alimentación. Contribuyen al aseguramiento de una producción de alimentos seguros, saludables e inocuos para el consumo humano. Se asocian con el Control a través de inspecciones del establecimiento.

A continuación, se presenta un manual de buenas prácticas de manufactura con las recomendaciones que deben tomarse en cuenta para cada una de las áreas de la planta de producción, y es una guía general sobre los manuales requeridos para las buenas prácticas de manufactura en una empresa de alimentos. En este apartado se establece una serie de normas o disposiciones de acatamiento obligatorio que forman los lineamientos de buenas prácticas de manufactura que se deben seguir en una empresa.

Todo el personal que labora en para la empresa deberá conocer, entender y cumplir estas disposiciones con el fin de que la nuez de marañón que se procesa y comercializa, sea sana, segura y cumpla con las expectativas de calidad que los clientes esperan.

2.11.1 Comisión de calidad

Para garantizar en cumplimiento de las normas y obligaciones, deberá formarse una comisión de calidad, con personal de la planta, que vele porque estas disposiciones se cumplan.

Dicha comisión será responsable de establecer las políticas que se aplicarán para la higiene del personal y proporcionar los medios para que se lleve a cabo.

La comisión de calidad de la organización delegará en forma escrita, todo lo relacionado con el control de higiene del personal, especificando deberes y responsabilidades en este apartado.

La comisión de calidad de la organización deberá asignar a una persona como encargada del programa de higiene del personal (PHP), esta persona tendrá la autoridad para solicitar la colaboración del personal y para ejercer la supervisión de las medidas de control.

2.11.2 Encargado de PHP

El encargado del PHP deberá velar por el cumplimiento de las medidas estipuladas en este apartado y sus áreas de responsabilidad son las siguientes.

- Vigilar el cumplimiento de lo estipulado sobre control de enfermedades en los empleados. Se deben llevar registros.
- Vigilar hábitos de higiene en los empleados.
- Vigilar estado general de limpieza en la planta.
- Vigilar estado y limpieza de los uniformes.
- Vigilar estado de las facilidades de higiene para los empleados, reportar y coordinar reparación de cualquier anomalía que se presente.
- Aplicar las sanciones definidas por la comisión de calidad de la organización, en caso que no haya cumplimiento de lo estipulado.
- Documentar diariamente el cumplimiento o cualquier anomalía que se presente en base a lo estipulado en este apartado.
- Inducir a cada nuevo empleado en las prácticas de higiene que debe cumplir, según sea la función que se le asigne.

2.11.3 Disposiciones generales

Personal: toda persona que ingrese a trabajar en la empresa y entre en contacto con las materias primas, producto terminado o materiales de empaque, equipos y utensilios, debe practicar y observar las medidas de higiene que a continuación se describen.

Control de enfermedades: la empresa deberá procurar que el personal se someta a exámenes médicos en el unidad de Salud más cercana, por lo menos una vez al año. Los resultados de dichos exámenes deberán registrarse y archivarse. En caso de que el empleado presente algún padecimiento respiratorio (resfriado, sinusitis, amigdalitis, alteraciones bronquiales, entre otras) y padecimientos intestinales como la diarrea o vómitos, deberá informarlo a su jefe inmediato.

Si el empleado ha sufrido algún tipo de lesión como cortadas, erupciones en la piel, quemaduras y otras alteraciones, éstas deberán ser comunicadas al jefe inmediato. Ninguna persona que sufra de heridas o lesiones deberá seguir manipulando productos ni superficies en contacto con los alimentos mientras la herida no haya sido completamente protegida mediante vendajes impermeables. Además, en el caso de que las lesiones sean en las manos deberán utilizarse guantes.

Las personas que sufran cualquiera de los padecimientos señalados anteriormente deberán ser retiradas del proceso o reubicadas en puestos donde no estén en contacto con los productos, material de empaque o superficies en contacto con los alimentos.

En todos los casos, la ocurrencia del padecimiento o lesión deberá registrarse en la hoja de control de enfermedades (ver Anexo B).

Uniformes: el uniforme deberá traerse al trabajo dentro de una bolsa plástica limpia.

Gabachas: las gabachas que se utilizan deben preferiblemente ser de color claro y estar limpias al comienzo del día y mantenerse en estas condiciones. Las gabachas deberán lavarse diariamente y esto deberá hacerlo cada persona en su propia casa.

Las gabachas deberán mantenerse en buen estado; sin presentar desgarres, falta de cierres, partes descosidas o presencia de huecos. En las gabachas no se permiten bolsas que estén situadas más arriba de la cintura, para prevenir que los artículos que puedan encontrarse en ellas caigan accidentalmente en las nueces.

Cuando por el trabajo que se realiza, se espera que los uniformes, gabachas o ropa exterior se ensucien rápidamente, entonces se recomienda que se utilicen sobre estos, delantales plásticos para aumentar la protección contra la contaminación del producto.

Estos delantales plásticos deberán lavarse diariamente al finalizar el turno, por ningún motivo deberán lavarse en el suelo y una vez limpios deberán colocarse en un lugar específico mientras no se estén ocupando.

Cobertor para cabeza: todo el personal que ingrese al área de proceso deberá cubrir su cabeza con una redecilla o gorra. El cabello deberá usarse de preferencia corto. Las personas que usan el cabello largo deberán sujetarlo de tal modo que el mismo no se salga de la redecilla o gorra.

Cubre bocas o mascarillas: todo el personal que entre en contacto con las nueces, material de empaque o superficies en contacto con las nueces debe cubrirse la boca y la nariz con un cubre bocas o mascarilla con el fin de evitar la contaminación.

Guantes: para manipular las nueces se requiere de guantes; éstos deben estar en buenas condiciones, limpios y desinfectados, los mismos pueden ser de látex (hule) o vinil. El uso de guantes no eximirá al empleado de la obligación de lavarse las manos cuidadosamente.

Zapatos: solo se permite el uso de zapatos cerrados y de suela antideslizante, de preferencia botas. Los mismos deberán mantenerse limpios y en buenas condiciones.

2.11.3.1 Limpieza personal

Todo el personal debe practicar los siguientes hábitos de higiene personal: Darse un baño diario, en la mañana, antes de ir al trabajo. Usar desodorante y talco. Lavarse frecuentemente el cabello y peinarlo. Lavarse los dientes. Cambiarse diariamente la ropa interior. Rasurarse diariamente. Las uñas deberán usarse cortas, limpias y sin esmalte. Las barbas y / o pelo facial largo, quedan estrictamente prohibidos para el personal.

Se permite el uso de bigote siempre que se cumplan las condiciones de no ser más ancho que alrededor del borde de la boca, no debe extenderse más allá de los lados de la boca.

Se permite el uso de patillas siempre que estén recortas y que no se extiendan más allá de la parte inferior de la oreja.

Todo el personal debe lavarse correctamente las manos, antes de iniciar labores, antes de manipular los productos, antes y después de comer, después de ir al servicio sanitario, después de toser, estornudar o tocarse la nariz, después de fumar, después de manipular la basura. La forma correcta de lavarse las manos se describe a continuación:

1. Humedezca sus manos con agua.
2. Cúbralas con jabón desinfectante.
3. Frote sus manos entre sí, efectuando movimientos circulares por 15 a 20 Segundos.
4. Frote bien sus dedos y limpie bien las uñas, debajo y alrededor de éstas con la ayuda de un cepillo.
5. Lave la parte de los brazos que está al descubierto y en contacto con los alimentos, frotando repetidamente.
6. Enjuague sus manos y brazos con suficiente agua.
7. Escurra el agua residual.
8. Seque las manos y los brazos con toallas desechables o secador de manos.

2.11.3.2 Conducta personal

En las zonas donde se manipulen las nueces está prohibido todo acto que pueda resultar en contaminación de éstas. El personal debe evitar practicar actos que no son sanitarios tales como:

- Rascarse la cabeza u otras partes del cuerpo
- Tocarse la frente
- Introducir los dedos en las orejas, nariz y boca
- Arreglarse el cabello, jalarse los bigotes
- Exprimir espinillas y otras prácticas inadecuadas y antihigiénicas tales como escupir.

Si por alguna razón la persona incurre en algunos de los actos señalados anteriormente, debe lavarse inmediatamente las manos.

El personal antes de toser o estornudar deberá alejarse de inmediato de las nueces que está manipulando, cubrirse la boca y después lavarse las manos con jabón desinfectante, para prevenir la contaminación bacteriana.

Es prohibido meter los dedos o las manos en las nueces si éstas no se encuentran limpias o cubiertas con guantes, con el fin de no contaminarlas.

Para prevenir la posibilidad de que ciertos artículos caigan en las nueces, no se debe permitir llevar en los uniformes: lapiceros, lápices, anteojos, monedas, etc., particularmente de la cintura para arriba.

Dentro del área de proceso queda terminantemente prohibido fumar, ingerir alimentos, bebidas, golosinas (chicle, confites), escupir.

No se permite introducir alimentos o bebidas a la planta, excepto en las áreas autorizadas para este propósito (comedor).

Los almuerzos o meriendas deben guardarse en los lugares destinados para tal fin, y además deben estar contenidos en cajas, bolsas (papel o plástico) o recipientes.

No utilizar joyas: aretes, cadenas, anillos, pulseras, collares, relojes, etc. dentro de la planta debido a que las joyas no pueden ser adecuadamente desinfectadas ya que las bacterias se pueden esconder dentro y debajo de las

mismas y existe el peligro de que partes de las joyas se desprendan y caigan en las nueces.

Queda prohibido el uso de maquillaje

Las áreas de trabajo deben mantenerse limpias todo el tiempo, no se debe colocar ropa sucia, materias primas, envases, utensilios o herramientas en las superficies de trabajo donde puedan contaminar nueces.

Dentro de la planta, se deberá regular el tránsito de personas ajenas al proceso mediante el uso de algún tipo de barrera. Con respecto a los visitantes, se tomarán precauciones para impedir que estos, contaminen las nueces en las zonas donde se procede a la manipulación de éstas. Para esto los visitantes utilizarán cobertores para el cabello.

Tanto los empleados del área administrativa como los visitantes deberán ajustarse a las normas de buenas prácticas de manufactura antes de entrar al área de proceso.

La responsabilidad del cumplimiento, por parte del personal, de todos los requisitos señalados anteriormente deberá asignarse específicamente al encargado del PHP.

El encargado del PHP, deberá supervisar diariamente el cumplimiento de las disposiciones de higiene personal y llenar la hoja de registro correspondiente (ver Anexo C).

Todas las disposiciones anteriores pueden recordarse al personal mediante la colocación de rótulos colocados estratégicamente en ciertos lugares de la planta de proceso.

Es esencial que todos los empleados estén conscientes de las buenas prácticas de manufactura y las técnicas a emplear para proteger las nueces de la contaminación bacteriana mientras se trabaja en las operaciones de la planta.

CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE DISEÑO

3.1 Planteamiento del problema

Una de las principales cualidades del marañón es su fácil adaptación, es por eso que actualmente se puede encontrar distribuido en muchas partes del globo terráqueo, tal si fuese originario de esas zonas, como ejemplo se pueden mencionar los más importantes a la India y Mozambique, entre otros; recordando que es Brasil de donde es originario. En El Salvador se cuenta con áreas extensas de tierra, las que se consideran aptas para el cultivo comercial del marañón, las cuales poseen una porción considerable de no ser aptas para la generalidad de cultivos tradicionales de ciclo corto, por carecer de agua o por efectos de erosión; sin embargo, el marañón se adapta a esas características de los suelos salvadoreño, cualidad importante y aprovechable, ya que el marañón completaría una obra de protección de los suelos, en lo social como fuente de trabajo y además una industria con mercado nacional e internacional.

La almendra o nuez de la semilla del marañón tiene forma arriñonada, está recubierta por una membrana fina adherida a ella, la cual es fácilmente removible luego de un tratamiento con calor, y protegida por una cascara lisa de una dureza considerable, además que esta cascara es rica en aceite, el cual es altamente irritante lo que dificulta su manejo (si existe contacto sobre la piel, mucosas, ojos y demás partes del cuerpo humano puede producir irritación, hinchazón e incluso severas quemaduras). Por lo cual, la extracción de su nuez por medios manuales o mecánicos presenta alto grado de dificultad, ya que se corre riesgo de destruirla completa o parcialmente, debido también, a la forma irregular de la semilla y holgura que se encuentra entre la cascara y la nuez es pequeña para realizar cualquier tipo de operación con esta.

En adelante, se describirá la secuencia de procesos para el diseño de un dispositivo electromecánico, que se encargue de extraer la nuez de la semilla

del marañón de forma continua y automática, y con mínimo de nuez dañada o destruida, con lo que se pretende oxigenar y dar nuevas oportunidades a la industria del procesamiento del marañón.

3.2 Fuerza de corte

Las semillas de marañón pueden ser abiertas aplicando los diferentes procedimientos descritos en el capítulo II, ya sea una fuerza de impacto o una fuerza de cizallamiento. Siendo este último procedimiento el de interés para el diseño del dispositivo de extracción de la nuez del marañón.

La fuerza de cizallamiento se aplica cuando la semilla es presionada contra un par de cuchillas, para luego ser rotada una de las cuchillas, manteniendo fija la otra, con este movimiento se logra dividir la cascara en dos partes, manteniendo intacta la nuez.

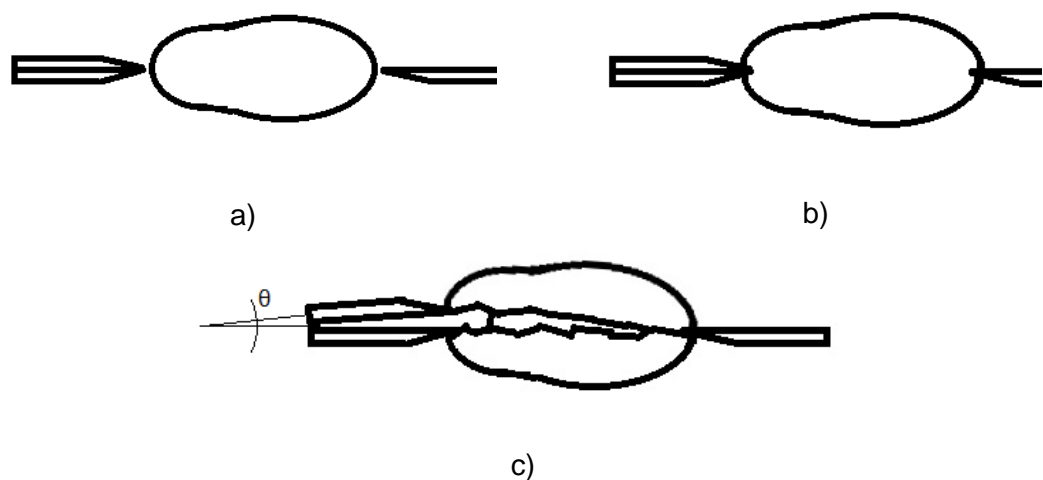


Figura 32: Proceso de separación de la nuez de marañón aplicando fuerza de cizallamiento, a) Semilla sin presión, b) Cuchillas aplicando presión a la semilla, y c) Una de las cuchillas es rotada con ángulo pequeño (alrededor de 5 grados), obteniendo la separación requerida entre la cascara y la nuez. Fuente: propia.

Para poder realizar el diseño se hace necesario conocer los parámetros funcionales, por lo cual, a través ensayos realizados se logro determinar la fuerza de corte para la semilla de marañón, el procedimiento que se siguió para realizar los ensayos es:

- a) Ubicar la semilla de marañón entre las dos cuchillas.



a)



b)

Figura 33: Dispositivo diseñado para calcular la fuerza de corte de la semilla de marañón. Fuente: propia.

- b) Una persona aplica fuerza al brazo del dispositivo fabricado, de tal manera que la semilla de marañón atravesase las cuchillas, pudiendo verificar con una balanza o dinamómetro la fuerza necesaria para realizar el procedimiento.

En base a una máquina manual, pero conservando el mismo principio de funcionamiento, se obtuvieron las siguientes fuerzas asociadas al corte para semillas promedio (tamaño mediano a extra mediano):

Tabla 10: Valores experimentales de la carga para el corte de las semillas de marañón.
Fuente: propia.

Núm. de Iteraciones	Carga F (Lb)
1	48
2	46
3	48
4	44
5	24
6	40
7	30
8	48
9	36
10	44

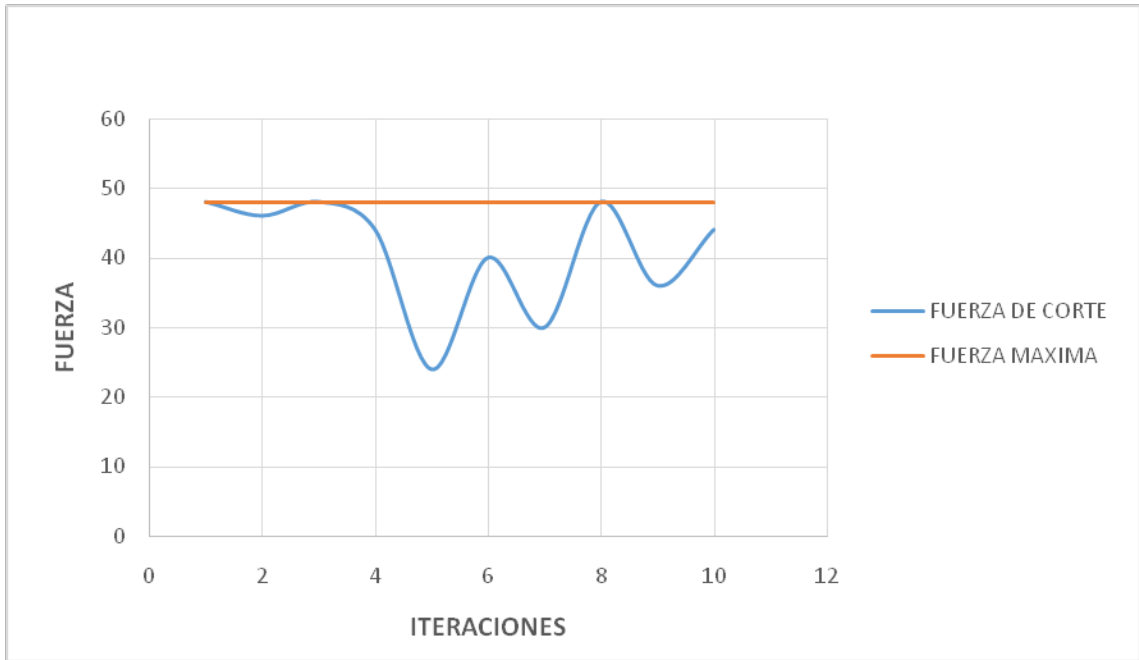
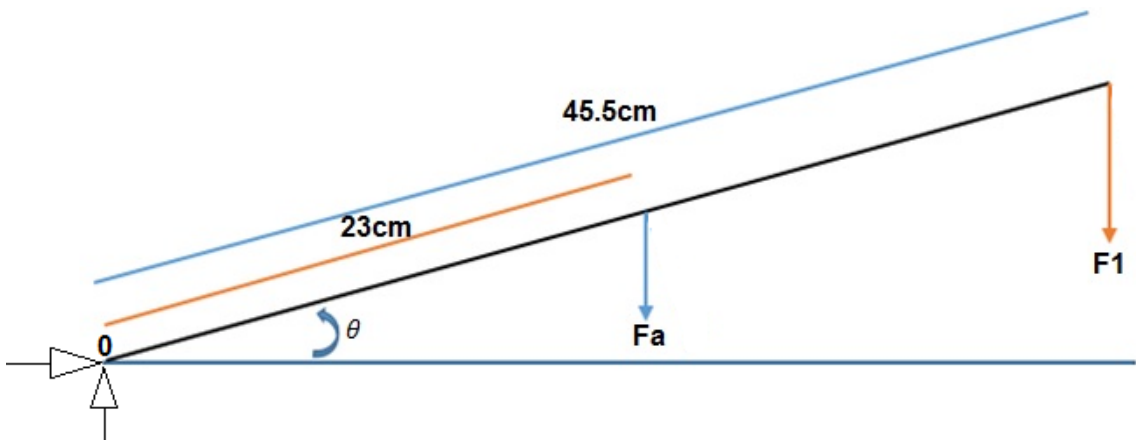


Figura 34: Grafica Fuerza vs. Iteraciones en ensayo de fuerza de corte. Fuente propia.

Según la figura 34, la máxima fuerza de corte obtenida con el aparato manual construido es de 48 lb. Dicha fuerza es el parámetro que se utilizará en el diseño para evitar fallas.

De la fuerza de corte anterior en la palanca de la máquina se procese al cálculo de la fuerza neta que se aplica a la semilla.

DCL de la palanca:



Donde Fuerza de palanca $F_1 = 48 \text{ lb}$.

$$\theta = 20^\circ$$

$$F_1 = 48 \text{ lb}$$

Aplicando sumatoria de momentos al DCL, tenemos que:

$$\begin{aligned} \curvearrowright \quad \Sigma M_0 &= 0 \\ -F_2(45.5 \text{ cm}) + F(23 \text{ cm}) &= 0 \end{aligned}$$

$$F_a = \frac{(48 \text{ lb})(45.5 \text{ cm})}{23 \text{ cm}}$$

$$F_a = 94,9573 \text{ lb}$$

Factor de seguridad por atascamiento $n=1.2$

$$F_c = n(F_a) = 1.2(94,9573) = 113.9 \text{ lb}$$

Fuerza de corte para las semillas es de 113 libras

En newton

$$F_c = 113(4,448) = 502,62$$

$$\underline{F_c = 502,62 \text{ N}}$$

Cálculo del torque de trabajo:

Teniendo la carga aplicada en el eje de trabajo de la máquina, tenemos que, el torque de trabajo generado por la aplicación de la carga F_c y con un brazo de palanca de 85 mm al punto P, tal como se ilustra en la figura 35, se obtiene:

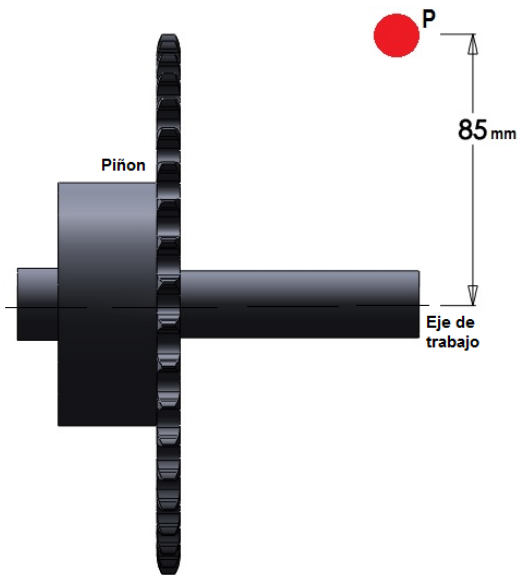


Figura 35: Esquema de punto de aplicación de la fuerza de corte sobre eje de trabajo.
Fuente: propia.

La fuerza es de 502.62 N

$$T = F (0.085 \text{ m}) = 502.62(0.085\text{m}) = 42.7227 \text{ N.m}$$

$$T = 42.7227 \text{ N.m torque para un trasportador}$$

Como son dos trasportadores que trabajan el torque se multiplica por dos.

Torque de trabajo de maquinaria de corte.

$$2T = 2 \cdot 42.7227 \text{ N.m} = 85.4454 \text{ N.m}$$

$$T = 85.4454 \text{ N.m}$$

Torque del distribuidor (alimentador):

El distribuidor o alimentador es la parte de la máquina encargada de recibir la materia prima (semillas de marañón secadas con vapor) por parte del

operario en una tolva. Para que con el movimiento que le suministra el motor eléctrico, se inyecten las semillas hasta el transportador donde serán cortadas.

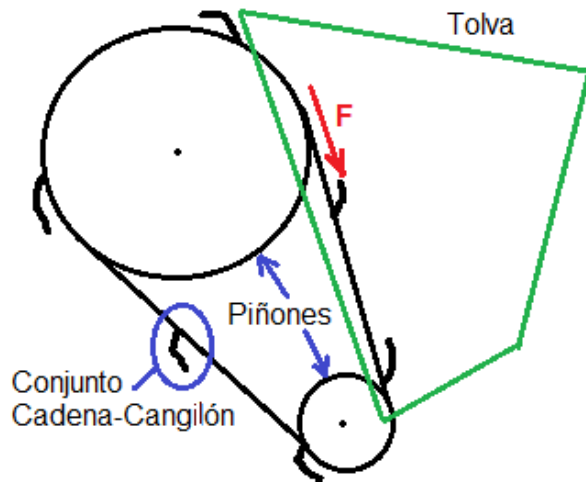


Figura 36: Esquema del distribuidor. Fuente propia.

Asumiendo una fuerza de 4 libras en la periferia del distribuidor se tiene el torque siguiente.

$$T = (4lb)(4.448)(0.1524 \text{ m}) = 2.7115 \text{ N.m}$$

$$T = 2.7115 \text{ N.m}$$

3.3 Selección de modelo para el dispositivo

Dentro de las especificaciones, el dispositivo deberá de ser capaz de procesar 30 semillas por minuto en cada juego de cuchillas. Estará provisto de dos juegos de cuchillas. Para hacer un total de 60 semillas por minuto y considerando que una libra de semilla de marañón equivale en promedio a 60 semillas, tenemos que la producción por hora será de:

$$\frac{60 \frac{\text{semillas}}{\text{minuto}}}{60 \frac{\text{semillas}}{\text{libra}}} \cdot \frac{60 \text{ minutos}}{1 \text{ hora}} = 60 \text{ lb/h} = 27.22 \text{ kg/h}$$

El dispositivo está clasificado como de mediana producción (27.22 kg/h), y condiciones normales con la capacidad, según APRAINORES un operario es capaz de procesar como máximo 100 lb de semilla por jornada de ocho horas, por lo que el dispositivo cubriría el trabajo de 4.80 operarios manuales.

La transmisión estará dividida en tres partes admisión de potencia (P1), eje de trabajo (P2) y eje dispensador (P3), ver Figura 37. La potencia será administrada mediante un motor eléctrico conectado al eje de un reductor de velocidad. Desde este punto se transferirá potencia mediante bandas a dos poleas que transferirán potencia hasta un dispensador de semillas ubicado por debajo de la tolva de alimentación y hasta un mecanismo eje – piñón – cadena – cuchilla encargado de la extracción de la nuez.

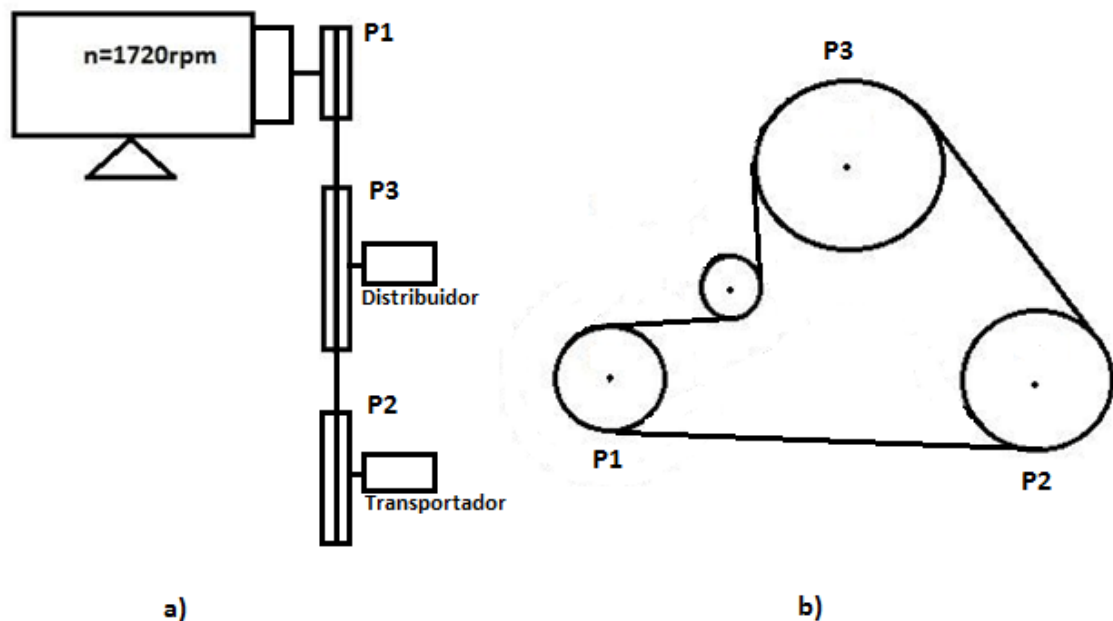


Figura 37: Esquema de la transmisión, a) Vista superior, y b) Vista lateral. Fuente propia.

3.4 Variables de diseño

Las variables de de diseño involucradas en la aplicación de la extracción de la nuez de marañón, se tomará como parámetros críticos la velocidad de operación y fuerza de corte, que son los puntos importantes para obtener un buen procesamiento de la semilla de marañón.

Para el diseño del dispositivo se ha tomado como su valor nominal de operación de 60 semillas por minuto, distribuidas en dos herramientas de corte (30 semillas por minuto cada una) y para la fuerza de corte el valor máximo presentado en la sección 3.2 es de 60 Lbs. Los datos del dispositivo se resumen en la tabla 11.

Tabla 11: Resumen de datos del mecanismo. Fuente propia.

Polea	Φ (pulg)	n (rpm)	V_t (ft/min)	Pot. (hp)	T (lb.in)
P1	3	50.00	39.27	1-0.95 HP	1260.5-1197.5
P2	7	21.40	39.27	0.6-0.5 HP	1260.5-1050.4
P3	14	10.70	39.27	0.15-0.10 HP	630.25-420.17

3.5 Fuerza ejercida por las guillotinas

Dentro del transportador, la fuerza es aplicada mediante dos cadenas unidas con platinas seccionadas, en un total de 502.62 N por juego de cuchillas, encargadas de hacer pasar las semillas a través de este, en las cuales se ubican las cuchillas para realizar la extracción de la nuez de marañón, ver Figura 38.

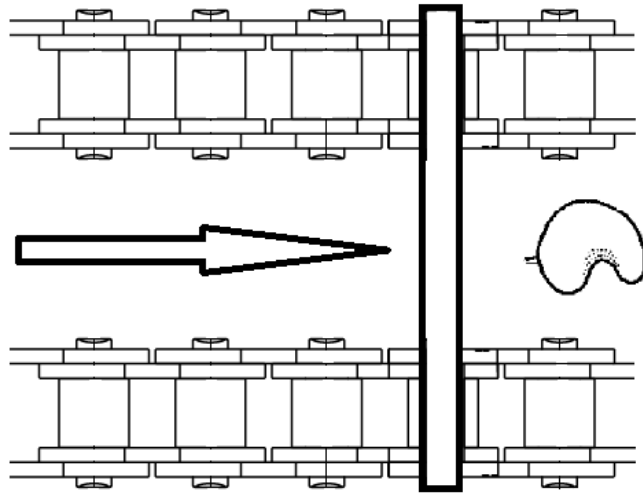
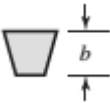


Figura 38: Esquema de desplazamiento de sistema cadena, platina y semilla. Manteniendo fija la herramienta de corte. Fuente: propia.

3.6 Selección de Bandas

Tabla 12: Especificaciones de banda tipo V.

Tipo de banda	Figura	Unión	Intervalo de tamaños	Distancia entre centros
Tipo V		Ninguna	$b = \begin{cases} 0.31 \text{ a } 0.91 \text{ pulg} \\ 8 \text{ a } 19 \text{ mm} \end{cases}$	Limitada

$$n_1 = 50 \text{ rpm}$$

$$n_2 = 21 \text{ rpm}$$

Polea menor

$$D_1 = 3 \text{ pulg}$$

$$D_2 = \frac{n_1 D_1}{n_2} = \frac{(50 \text{ rpm})(3 \text{ pulg})}{21 \text{ rpm}}$$

$$D_2 = 7 \text{ in} = 177.8 \text{ mm}$$

Potencia de entrada

$$T = 42.72 \text{ N.m}$$

$$T_T = 2T$$

$$T_T = 2(42.721 \text{ N.m})$$

$$T_T = 85.442 \text{ N.m}$$

$$Pot_{ent} = 0.4418 \text{ hp}$$

$$\theta = 150^\circ$$

Velocidad tangencial

$$V_t = \frac{\pi D_1 n}{12}$$

$$V_t = \frac{\pi(3\text{pulg})(50\text{rpm})}{12} = 39.27 \text{ ft/min}$$

Tabla 13: Calculo de potencia por banda. Fuente Shigley.

V(velocidad <i>ft/min</i>)	P
39.27	P_x
1000	1.07
2000	1.58

$$P_x = P_b = 0.5749 \text{ hp}$$

Según la geometría de la banda.

$$L = 90 \text{ pulg}$$

Tabla 14: Factores de corrección del Angulo de contacto. Fuente Shigley.

θ (ángulo de contacto)	K_1 (factor de corrección)
151	0.93
150	K_1
145	0.91

$$K_1 = 0.9266$$

Factores de corrección de la longitud.

Datos según tabla 17-14 de Shigley 8va edición

Banda tipo B

$$K_2 = 0.95$$

Calculo de potencia corregida

$$P_c = K_1 K_2 P_b$$

$$P_c = (0.9266)(0.95)(0.5749) = 0.5061 \text{ hp}$$

Factor de seguridad o factor de diseño

Choque ligero

Par de torsión normal

Datos según tabla 17-15 de Shigley 8va edición

$$K_s = 1.2$$

$$P_d = K_s P_n$$

$$P_d = (1.2)(0.4418 \text{ hp}) = 0.53016 \text{ hp}$$

$$P_d = 0.5302 \text{ hp}$$

Calculo del número de Bandas.

$$N_b \geq \frac{P_d}{P_c}$$

$$N_b \geq \frac{0.53016 \text{ hp}}{0.5061 \text{ hp}} = 1.048$$

$$N_b = 1.0$$

Calculo de Fuerza considerando 1 banda.

Datos según tabla 17-16 de Shigley 8va edición

Banda tipo B

$$K_c = 0.965$$

$$K_b = 576$$

$$\Delta F = F_1 - F_2$$

$$F_c = K_c \left(\frac{V}{1000} \right)^2$$

$$F_c = (0.965) \left(\frac{54.97}{1000} \right)^2 = 0.0029 \text{ lb}$$

$$\Delta F = \frac{63025 \left(\frac{P_d}{N_b} \right)}{n \left(\frac{d}{2} \right)}$$

$$\Delta F = \frac{63025 \left(\frac{0.5302}{1} \right)}{(39.27) \left(\frac{3}{2} \right)}$$

$$\Delta F = 567.28 \text{ lb}$$

$$\theta = 150^\circ = 2.61799 \text{ rad}$$

$$F_1 = F_c + \frac{\Delta F e^{\mu\theta}}{e^{\mu\theta} - 1}$$

$$F_1 = 0.00291 + \frac{(567.28)e^{0.5123(2.6179)}}{e^{0.5123(2.6179)} - 1}$$

$$F_1 = 392,00089 \text{ lb} \approx 392 \text{ lb}$$

$$F_2 = F_1 - \Delta F$$

$$F_2 = 392 \text{ lb} - 289.473 \text{ lb} = 102.527 \text{ lb}$$

$$F_i = \frac{F_1 + F_2}{2} - F_c$$

$$F_i = \frac{392 + 102.527}{2} - 0.0029$$

$$F_i = 247.261 \text{ lb}$$

Factor de seguridad para una banda.

$$n_{FS} = \frac{P_C N_b}{P_n K_s}$$

$$n_{FS} = \frac{(0.5175)(1)}{(0.4418)(1.2)} = 0.9761 \approx 1$$

$$K_b = 576$$

$$F_{b1} = \frac{K_b}{4.2} = \frac{576}{4.2} = 137.143 \text{ lb}$$

$$F_{b2} = \frac{K_b}{7} = \frac{576}{7} = 82.283 \text{ lb}$$

$$T_1 = F_1 + F_{b1}$$

$$T_1 = 392 \text{ lb} + 137.143 \text{ lb} = 529,143 \text{ lb}$$

$$T_2 = F_1 + F_{b2}$$

$$T_1 = 392 \text{ lb} + 82.283 \text{ lb} = 474.283 \text{ lb}$$

Datos según tabla 17-17 de Shigley 8va edición

$$K = 1193$$

$$b = 10.926$$

$$N_p = \left[\left(\frac{K}{T_1} \right)^{-b} + \left(\frac{K}{T_2} \right)^{-b} \right]^{-1}$$

$$N_p = \left[\left(\frac{1193 \text{ lb}}{529,143 \text{ lb}} \right)^{-10.926} + \left(\frac{1193 \text{ lb}}{474.283 \text{ lb}} \right)^{-10.926} \right]^{-1}$$

$$N_p = 5531.7094 \text{ Pasadas}$$

$$t = \frac{N_p L_p}{720V}$$

$$t = \frac{(5531.7094)(62)}{(720)(54.97)}$$

$$t = 8.6654 \text{ horas falla}$$

En el caso de dos bandas.

$$N_b = 2$$

$$F_c = 0.0029 \text{ lb}$$

$$\Delta F = \frac{63025 \left(\frac{P_d}{N_b} \right)}{n \left(\frac{d}{2} \right)}$$

$$\Delta F = \frac{63025 \left(\frac{0.5302}{2} \right)}{(54.97) \left(\frac{4.2}{2} \right)}$$

$$\Delta F = 144.7363 \text{ lb}$$

$$F_1 = F_c + \frac{\Delta F e^{\mu\theta}}{e^{\mu\theta} - 1}$$

$$F_1 = 0.00291 + \frac{(144.7363) e^{0.5123(2.6179)}}{e^{0.5123(2.6179)} - 1}$$

$$F_1 = 195.9987 \text{ lb} \approx 196 \text{ lb}$$

$$F_2 = F_1 - \Delta F$$

$$F_2 = 196 \text{ lb} - 144.7363 \text{ lb} = 51.2637 \text{ lb}$$

$$F_i = \frac{F_1 + F_2}{2} - F_c$$

$$F_i = \frac{196 \text{ lb} + 51.2637 \text{ lb}}{2} - 0.0029$$

$$F_i = 123.63 \text{ lb}$$

Factor de seguridad.

$$n_{FS} = \frac{P_c N_b}{P_n K_s}$$

$$n_{FS} = \frac{(0.5175)(2)}{(0.4418)(1.2)} = 1.9522$$

$$F_{b1} = \frac{K_b}{4.2} = \frac{576}{4.2} = 137.143 \text{ lb}$$

$$F_{b2} = \frac{K_b}{7} = \frac{576}{7} = 82.283 \text{ lb}$$

$$T_1 = F_1 + F_{b1}$$

$$T_1 = 196 \text{ lb} + 137.14 \text{ lb} = 333.143 \text{ lb}$$

$$T_2 = F_1 + F_{b2}$$

$$T_1 = 196 \text{ lb} + 82.28 \text{ lb} = 278.28 \text{ lb}$$

Datos según tabla 17-17 de Shigley 8va edición

$$K = 1193$$

$$b = 10.926$$

$$N_p = \left[\left(\frac{K}{T_1} \right)^{-b} + \left(\frac{K}{T_2} \right)^{-b} \right]^{-b}$$

$$N_p = \left[\left(\frac{1193}{333.143 \text{ lb}} \right)^{-10.926} + \left(\frac{1193}{278.28 \text{ lb}} \right)^{-10.926} \right]^{-1}$$

$$N_p = 991295.9288 \text{ Pasadas}$$

$$t = \frac{N_p L_p}{720V}$$

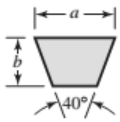
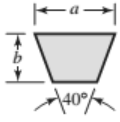
$$t = \frac{(991295.9288)(62)}{(720)(54.97)}$$

$$t = 1552.896 \text{ horas}$$

$$t = \frac{1552.896 \text{ horas}}{24 \text{ horas}} = 64.7031 \text{ dias} = \frac{64.7031 \text{ dias}}{30 \text{ dias}} =$$

$$2.15677 \times 3 = 6.470 = 6.47 \text{ meses}$$

Tabla 15: Resumen datos de banda.

Tipo de banda	Figura	Sección de la banda	Ancho (a) Pulgadas	Espesor (b) Pulgadas	Diámetro mínimo de polea en Pulgadas	Intervalo de potencias en Hp para una o varias bandas.
Tipo V		B	21/32	7/16	5.4	1-10
Tipo de banda	Figura	Sección de la banda	Ancho (a) mm	Espesor (b) mm	Diámetro mínimo de polea en mm	Intervalo de potencias en Hp para una o varias bandas.
Tipo V		B	16.66875	11.1125	137.16	1-10

$$F = F_1 + F_2$$

$$F = 196lb + 51.26 lb = 247.26 lb \quad F_{Eje} = 2(F) = 2(247.26 lb) = 494.52 lb$$

$$F_{Eje} = 495 lb \text{ con factor de sobre carga de 1.21 queda}$$

$$F_{Eje} = 599 lb \approx 600 lb \text{ considerando el factor de seguridad}$$

$$F = 600 lb = 2668.8 N$$

3.7 Diseño de ejes

Un eje es un elemento rotatorio, por lo general, de sección transversal circular, que se emplea para transmitir potencia o movimiento. Constituye el punto de rotación u oscilación de elementos como engranes, poleas, volantes de inercia, manivelas, ruedas dentadas o catarinas y miembros similares y, además, controla los geometría de su movimiento.

3.7.1 Diseño de eje de trabajo (P2)

Este eje es el encargado de proporcionar la potencia a los transportadores. Los planos del diseño de este apartado, pueden encontrarse en Anexos F: Plano 2.

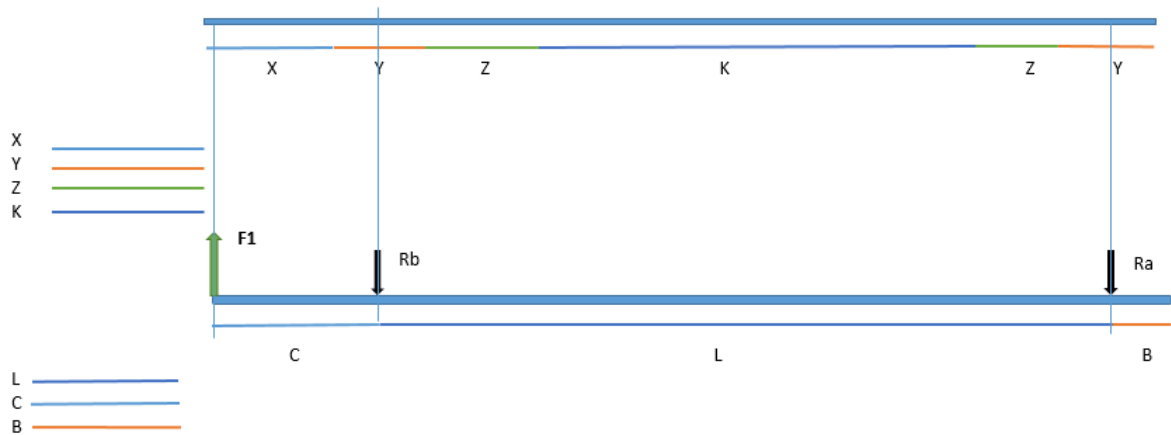


Figura 39: Distribución de fuerzas plano XY eje de trabajo.

$$X = 0.07 \text{ m}; Y = 0.04 \text{ m}; Z = 0.05 \text{ m}; K = 0.2 \text{ m};$$

$$L = 0.09 \text{ m}; C = 0.34 \text{ m}; B = 0.02 \text{ m};$$

$$\sum M_B = 0$$

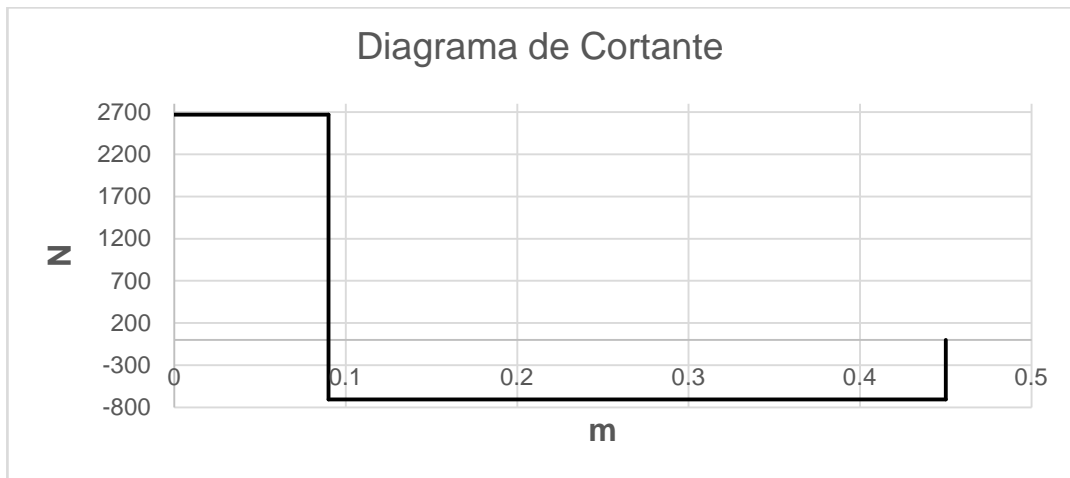
$$-2668.8(0.09) + R_A(0.34) = 0$$

$$R_{AZ} = 706.44 \text{ N}$$

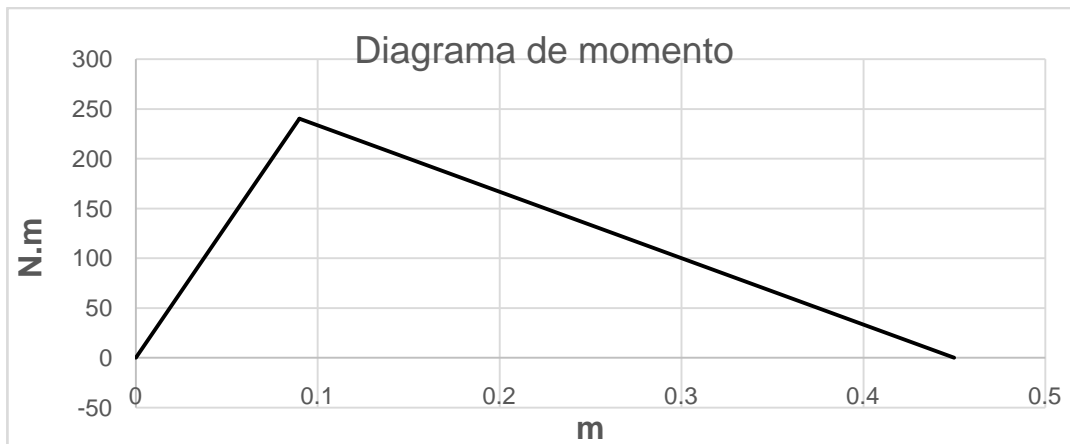
$$\sum F_y = 0$$

$$706.44 \text{ N} + 2668.8 \text{ N} + R_B = 0$$

$$R_{BZ} = 3375.24 \text{ N}$$



a)



b)

Figura 40: Diagrama cortante y de momento para el eje de trabajo plano XY.

$$M_1 = 186.82 \text{ N.m}$$

$$M_2 = 240.19 \text{ N.m}$$

$$M_3 = 226.06 \text{ N.m}$$

$$M_4 = 208.40 \text{ N.m}$$

$$M_5 = 190.74 \text{ N.m}$$

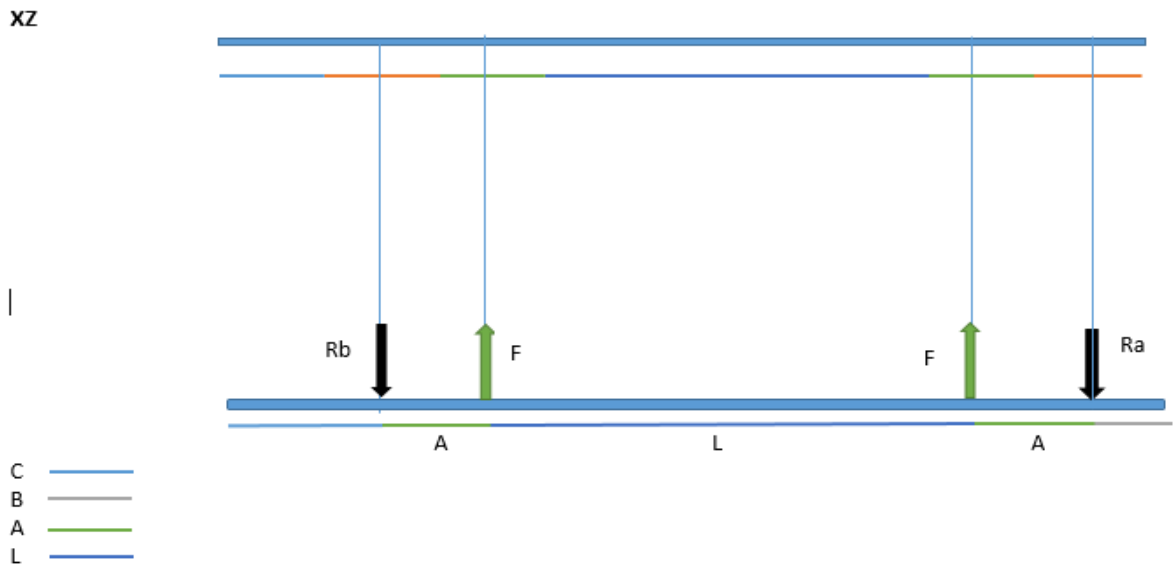


Figura 41: Distribución de fuerzas plano XZ eje de trabajo.

$$X = 0.07 \text{ m}; Y = 0.04 \text{ m}; Z = 0.05 \text{ m}; K = 0.2 \text{ m};$$

$$A = 0.045 \text{ m}; L = 0.25 \text{ m}; B = 0.02 \text{ m}; C = 0.09 \text{ m};$$

$$\sum M_B = 0$$

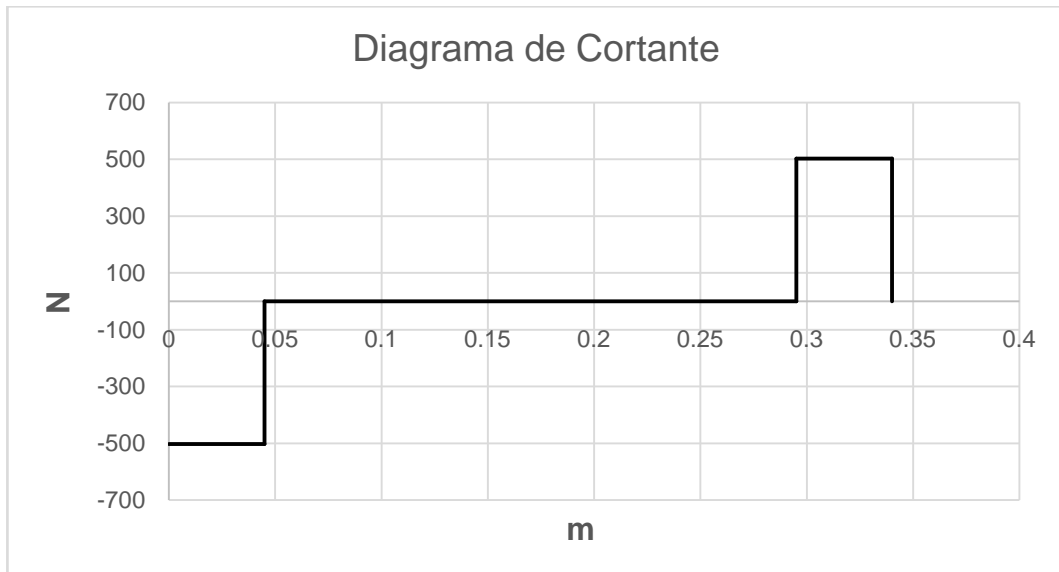
$$(502.6)(0.045) + R_A(0.34) + (502.6)(0.295) = 0$$

$$R_A = 502.60 \text{ N}$$

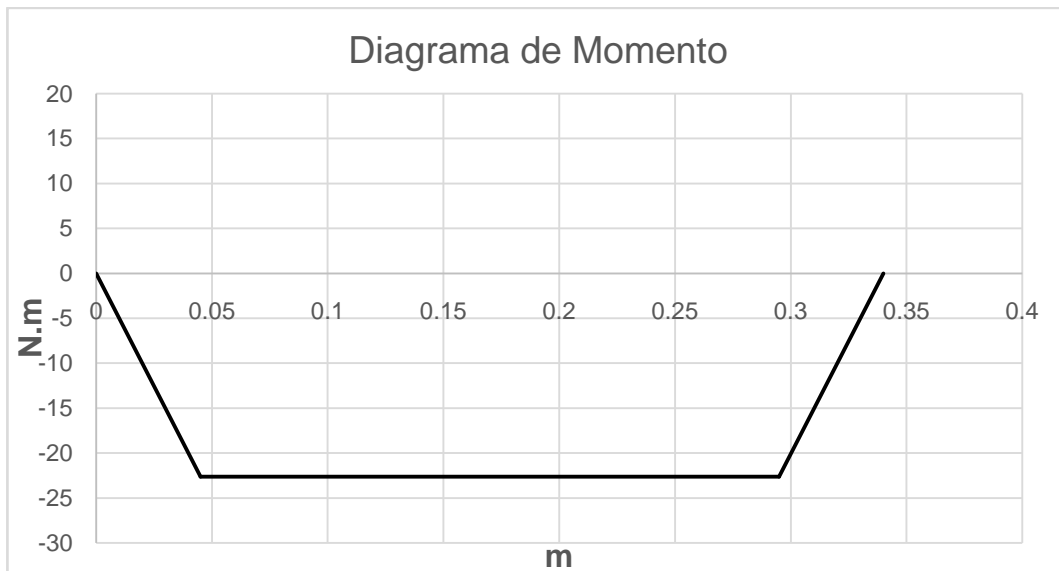
$$\sum F_y = 0$$

$$502.60 N + 502.60 N - 502.60 N + R_B = 0$$

$$R_B = 502.60 N$$



a)



b)

Figura 42: Diagrama cortante y de momento para el eje de trabajo plano XZ.

$$M_1 = 0.00 \text{ N.m}$$

$$M_2 = 0.00 \text{ N.m}$$

$$M_3 = 10.05 \text{ N.m}$$

$$M_4 = 22.67 \text{ N.m}$$

$$M_5 = 22.67 \text{ N.m}$$

Tabla 16: Momentos en los planos eje de trabajo.

Momentos (N.m)	Plano X-Y	Plano X-Z
M_1	0.00	186.82
M_2	0.00	240.19
M_3	10.05	226.06
M_4	22.67	208.40
M_5	22.67	190.74

Momentos Resultantes:

$$M_1 = \sqrt{0^2 + 186.816^2} = 186.816 \text{ N.m}$$

$$M_2 = \sqrt{0^2 + 240.192^2} = 240.192 \text{ N.m}$$

$$M_3 = \sqrt{10.05^2 + 226.06^2} = 226.286 \text{ N.m}$$

$$M_4 = \sqrt{22.67^2 + 208.40^2} = 209.626 \text{ N.m}$$

$$M_5 = \sqrt{22.67^2 + 190.74^2} = 192.077 \text{ N.m}$$

Tabla 17: Momentos totales eje de trabajo.

Momentos (N.m)	Total (N.m)
M_1	186.816
M_2	240.192
M_3	226.286
M_4	209.626
M_5	192.077

Calculo de Cojinete.

$$R_B \begin{cases} R_{BY} = 502.60 \text{ N} \\ R_{BZ} = 3375.24 \text{ N} \end{cases}$$

$$R_A \begin{cases} R_{AY} = 502.60 \text{ N} \\ R_{AZ} = 706.44 \text{ N} \end{cases}$$

$$R_B = F_{RC} = \sqrt{502.60^2 + 3375.24^2} = 3412.4624 \text{ N critica}$$

$$R_A = F_{RC} = \sqrt{502.60^2 + 706.44^2} = 866.99 \text{ N no critica}$$

$$F_c = VF_{RC}$$

Donde $V = 1$ si la pista interna gira.

$$F_c = (1)(3412.4624\text{N}) = 3412.4624 \text{ N}$$

Carga dinámica

$$C = F_c \left(\frac{L_d}{10^6} \right)^{\frac{1}{k}}$$

$L_{10} = 11500$, Para elevadores ventiladores industriales, engranes de uso múltiple.

$$n = 30 \text{ rpm}$$

$$L_d = L_{10}(n)(60)$$

$$L_d = (11500)(30)(60) = 20.7 \times 10^6$$

Para cojinete de bolas $k = 3$

$$C = (3412.4624) \left(\frac{20.7 \times 10^6}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$C = 9369.6777 \text{ N} = 2106.4923 \text{ lb}$$

Se selecciona cojinete 6205 con siguientes características

$$d = 25 \text{ mm}$$

$$D = 52 \text{ mm}$$

$$B = 15 \text{ mm}$$

Análisis de Esfuerzos.

$$M_1 = 186.816 \text{ N.m}$$

$$M_2 = 240.192 \text{ N.m}$$

$$M_3 = 226.286 \text{ N.m}$$

$$M_4 = 209.626 \text{ N.m}$$

$$M_5 = 192.077 \text{ N.m}$$

Calculo de concentrador de esfuerzo K_{F1} .

$$\frac{r}{d} = \frac{0.04d}{d} = 0.04$$

$$\frac{D}{d} = \frac{1.1d}{d} = 1.1$$

$$K_{t1} = 2$$

$$K_{F1} = 1 + q(K_{t1} - 1)$$

Donde $q = 0.85$ para flexión.

$$K_{F1} = 1 + (0.85)(2 - 1)$$

$$K_{F1} = 1.85$$

Calculo de esfuerzo σ_1 .

$$\sigma_1 = \frac{32MK_{F1}}{\pi d^3}$$

$$\sigma_1 = \frac{32(186.816)(1.85)}{\pi d^3}$$

$$\sigma_1 = \frac{3520.3504}{d^3}$$

Calculo de concentrador de esfuerzo K_{F2}

Como no hay sensibilidad a la muesca $K_{F2} = 1$.

Calculo de esfuerzo σ_2 .

$$\sigma_2 = \frac{32MK_{F2}}{\pi(1.1d)^3}$$

$$\sigma_2 = \frac{32(240.192)}{\pi(1.1d)^3}$$

$$\sigma_2 = \frac{1838.1484}{d^3}$$

Calculo de concentrador de esfuerzo K_{F3}

$$\frac{r}{d} = \frac{0.04d}{d} = 0.04$$

$$\frac{D}{d} = \frac{1.2d}{1.1d} = 1.09$$

$$K_{t3} = 2$$

$$K_{F3} = 1 + q(K_{t3} - 1)$$

Donde $q = 0.85$ para flexión.

$$K_{F3} = 1 + (0.85)(2 - 1)$$

$$K_{F3} = 1.85$$

Calculo de esfuerzo σ_3 .

$$\sigma_3 = \frac{32MK_{F3}}{\pi(1.1d)^3}$$

$$\sigma_3 = \frac{32(226.286)(1.85)}{\pi(1.1d)^3}$$

$$\sigma_3 = \frac{3203.7028}{d^3}$$

Calculo de concentrador de esfuerzo K_{F4}

Muesca en la ranura de la Catarina equivalente a la de un engrane.

Considerando patín de trineo $K_{t4} = 1.3$

$$K_{F4} = 1 + q(K_{t4} - 1)$$

$$K_{F4} = 1 + (0.85)(1.3 - 1)$$

$$K_{F4} = 1.255$$

Calculo de esfuerzo σ_4 .

$$\sigma_4 = \frac{32MK_{F4}}{\pi(1.2d)^3}$$

$$\sigma_4 = \frac{32(209.62)(1.255)}{\pi(1.2d)^3}$$

$$\sigma_4 = \frac{1550.71}{d^3}$$

Calculo de concentrador de esfuerzo 5

$$\frac{r}{d} = \frac{0.04d}{d} = 0.04$$

$$\frac{D}{d} = \frac{1.3d}{1.2d} = 1.0833$$

$$K_{t5} = 2$$

$$K_{F5} = 1 + q(K_{t5} - 1)$$

Donde $q = 0.85$ para flexión.

$$K_{F5} = 1 + (0.85)(2 - 1)$$

$$K_{F5} = 1.85$$

Calculo de esfuerzo σ_5 .

$$\sigma_5 = \frac{32MK_{F5}}{\pi(1.2d)^3}$$

$$\sigma_5 = \frac{32(192.077)(1.85)}{\pi(1.2d)^3}$$

$$\sigma_5 = \frac{2094.6113}{d^3}$$

Calculo de concentrador de esfuerzo K_{F6}

$$T = 42.72 \text{ N.m}$$

$$T_T = 2T$$

$$T_T = 2(42.721 \text{ N.m})$$

$$T_T = 85.442 \text{ N.m}$$

$$\frac{r}{d} = \frac{0.04d}{d} = 0.04$$

$$\frac{D}{d} = \frac{1.1d}{d} = 1.1$$

$$K_{t6} = 1.35$$

$$K_{F6} = 1 + q(K_{t6} - 1)$$

Donde $q = 0.86$ para torsión.

$$K_{F6} = 1 + (0.86)(1.35 - 1)$$

$$K_{F6} = 1.301$$

Esfuerzo de torsión τ .

$$\tau_1 = \frac{16TK_{F6}}{\pi d^3}$$

$$\tau_1 = \frac{16(85.442)(1.301)}{\pi d^3}$$

$$\tau_1 = \frac{566.1334}{d^3}$$

Esfuerzo medio.

$$\tau_1 = \tau_m = \frac{566.1334}{d^3}$$

Esfuerzo equivalente medio.

$$\sigma_{em} = \frac{\sigma_m}{2} + [\sigma_m^2 + \tau_m^2]^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma_{em} = \frac{0}{2} + \left[\left(\frac{0}{2} \right)^2 + \left(\frac{566.1334}{d^3} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma_{em} = \frac{566.1334}{d^3} \rightarrow \text{critico}$$

$$\sigma_{ea} = \frac{3520.3504}{d^3} \rightarrow \text{critico}$$

Límite de Fatiga.

$$S_n = \frac{k_a k_b k_c k_d k_e S_n'}{k_f}$$

El diseño está calculado en base a un acero 1045

$$S_u = 570 \text{ Mpa}$$

Máquina do o laminado en frio K_a .

$$K_a = a S_u^b$$

$$a = 4.51 \quad b = -0.265$$

$$K_a = 4.51(570)^{-0.265} = 0.839208$$

Factor de tamaño K_b .

$$K_b = \left(\frac{d}{7.62} \right)^{-0.107} = 1.24 d^{-0.107}$$

Factor de carga K_c

Para carga a flexión

$$K_c = 1$$

Factor de temperatura.

Para temperatura ambiente $K_d = 1$

Factor de confiabilidad.

$$K_e = 1$$

$$K_c = K_d = K_e = K_f = 1.0$$

$$s_n' = 0.5Su$$

$$s_n' = 0.5(570) = 285$$

$$S_n = \frac{k_a k_b k_c k_d k_e s_n'}{k_f}$$

$$S_n = \frac{0.839208(1.24d^{-0.107})(1)(1)(1)(1)(285)}{1}$$

$$S_n = \frac{296.576107}{d^{0.107}}$$

Aplicando la teoría de falla.

$$\frac{\sigma_{ea}}{S_n} + \frac{\sigma_{em}}{Su} = \frac{1}{n}$$

$$\frac{\frac{3520.3504}{d^3}}{\frac{296.576107 \times 10^6}{d^{0.107}}} + \frac{\frac{566.1334}{d^3}}{570 \times 10^6} = \frac{1}{n}$$

$$1.1d = 25 \text{ mm}$$

$$d = 22.73 \approx 23 \text{ mm}$$

$$\frac{3520.3504(0.02273)^{0.107}}{296.576107 \times 10^6 (0.02273)^3} + \frac{566.1334}{570 \times 10^6 (0.02273)^3} = \frac{1}{n}$$

$$n = 1.3178$$

3.7.2 Diseño de eje secundario

Este eje es conducido por el eje de trabajo. Los planos del diseño de este apartado, pueden encontrarse en Anexos F: Plano 3.

PLANO XY

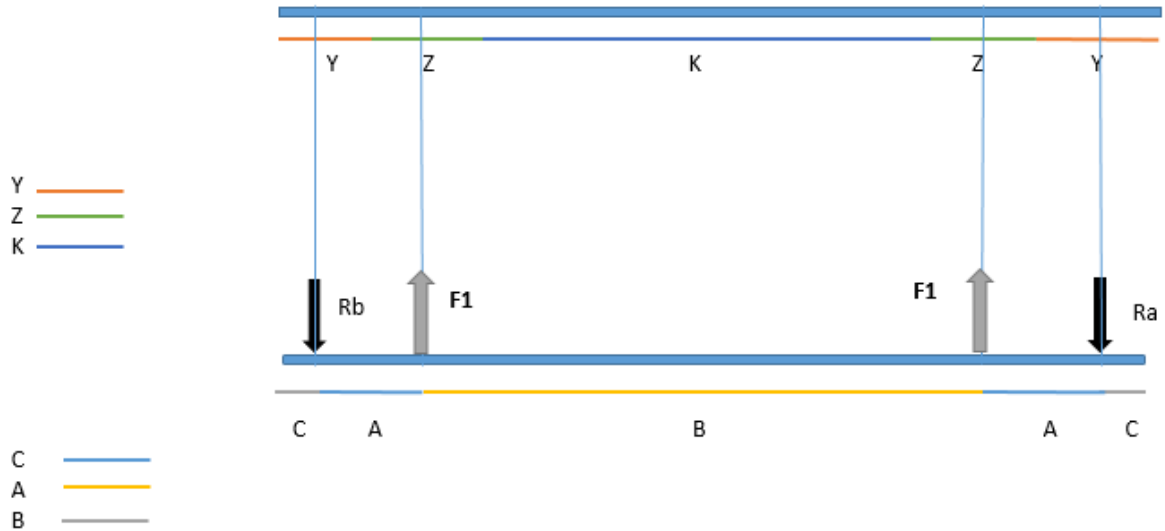


Figura 43: Distribución de fuerzas plano XY eje de secundario.

$$Y = 0.04 \text{ m}; \quad Z = 0.05 \text{ m}; \quad K = 0.2 \text{ m};$$

$$A = 0.045 \text{ m}; \quad B = 0.25 \text{ m}; \quad C = 0.02 \text{ m};$$

$$\sum M_B = 0$$

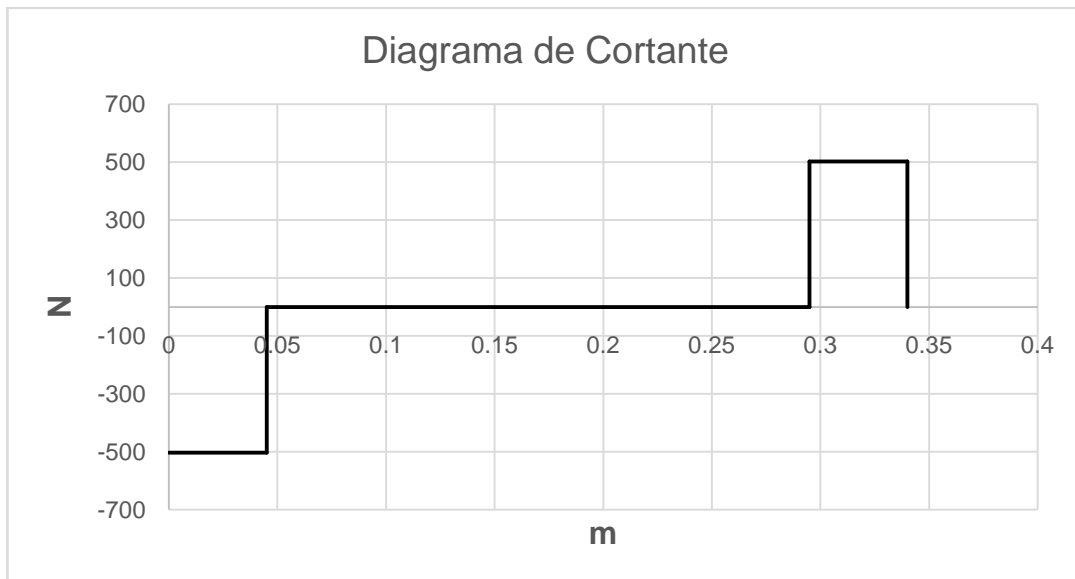
$$(502.6)(0.045) + R_A(0.34) + (502.6)(0.295) = 0$$

$$R_A = 502.60 \text{ N}$$

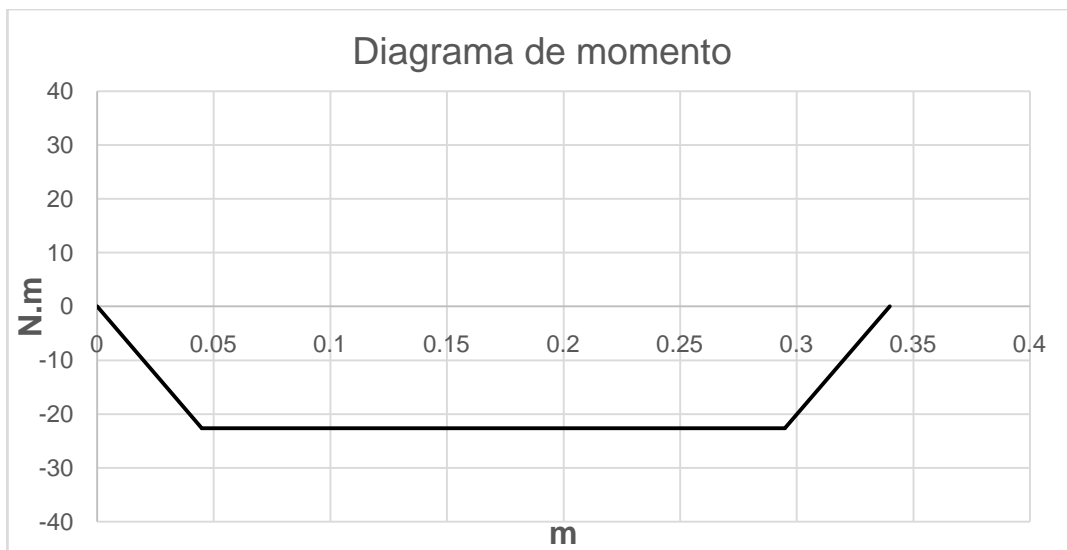
$$\sum F_y = 0$$

$$502.60 \text{ N} + 502.60 \text{ N} - 502.60 \text{ N} + R_B = 0$$

$$R_B = 502.60 \text{ N}$$



a)



b)

Figura 44: Diagrama cortante y de momento para el eje de secundario plano XY.

$$M_1 = 10.052 \text{ N.m}$$

$$M_2 = 22.617 \text{ N.m}$$

$$M_3 = 22.617 \text{ N.m}$$

$$M_4 = 22.617 \text{ N.m}$$

Plano X-Z no hay cargas.

Calculo de Cojinetes.

$$R_B \begin{cases} R_{BY} = 502.60 \text{ N} \\ R_{BZ} = 0 \text{ N} \end{cases}$$

$$R_A \begin{cases} R_{AY} = 502.60 \text{ N} \\ R_{AZ} = 0 \text{ N} \end{cases}$$

$$R_B = F_{RC} = \sqrt{502.60^2 + 0^2} = 502.60 \text{ N critica}$$

$$R_A = F_{RC} = \sqrt{502.60^2 + 0^2} = 502.60 \text{ N critica}$$

$$R_A = R_B = F_{RC} = 502.6 \text{ N}$$

$$F_c = VF_{RC}$$

Donde $V = 1$ Si la pista interna gira.

$$F_c = (1)(502.6 \text{ N}) = 502.6 \text{ N}$$

Carga dinámica

$$C = F_c \left(\frac{L_d}{10^6} \right)^{\frac{1}{k}}$$

$L_{10} = 11500$ Para elevadores ventiladores industriales, engranes de uso múltiple

$$n = 30 \text{ rpm}$$

$$L_d = L_{10}(n)(60)$$

$$L_d = (11500)(30)(60) = 20.7 \times 10^6$$

Para cojinete de bolas $k = 3$

$$C = (502.6) \left(\frac{20.7 \times 10^6}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$C = 1380.0006 \text{ N} = 310.2519 \text{ lb}$$

Se selecciona cojinete 6204 con siguientes características

$$F = 2210 \text{ lb}$$

$$d = 20 \text{ mm}$$

$$D = 47 \text{ mm}$$

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

La carga máxima que soporta el cojinete es de 2210 lb y estará sometido a una carga de 310.2519 lb lo cual cumple el cojinete.

Análisis de Esfuerzos.

$$M_1 = 10.052 \text{ N.m}$$

$$M_2 = 22.617 \text{ N.m}$$

$$M_3 = 22.617 \text{ N.m}$$

$$M_4 = 22.617 \text{ N.m}$$

Calculo de concentrador de esfuerzo K_{F1} .

$$\frac{r}{d} = \frac{0.04d}{d} = 0.04$$

$$\frac{D}{d} = \frac{1.1d}{d} = 1.1$$

$$K_{t1} = 2$$

$$K_{F1} = 1 + q(K_{t1} - 1)$$

Donde $q = 0.85$ para flexión.

$$K_{F1} = 1 + (0.85)(2 - 1)$$

$$K_{F1} = 1.85$$

Calculo de esfuerzo σ_1 .

$$\sigma_1 = \frac{32MK_{F1}}{\pi d^3}$$

$$\sigma_1 = \frac{32(10.052)(1.85)}{\pi d^3}$$

$$\sigma_1 = \frac{189.4193}{d^3}$$

Calculo de concentrador de esfuerzo K_{F2}

Como no hay sensibilidad a la muesca $K_{F2} = 1$.

Calculo de esfuerzo σ_2 .

$$\sigma_2 = \frac{32MK_{F2}}{\pi(1.1d)^3}$$

$$\sigma_2 = \frac{32(22.617)(1)}{\pi(1.1d)^3}$$

$$\sigma_2 = \frac{173.0840}{d^3}$$

Calculo de concentrador de esfuerzo K_{F3}

$$\frac{r}{d} = \frac{0.04d}{d} = 0.04$$

$$\frac{D}{d} = \frac{1.2d}{1.1d} = 1.09$$

$$K_{t3} = 2$$

$$K_{F3} = 1 + q(K_{t3} - 1)$$

Donde $q = 0.85$ para flexión.

$$K_{F3} = 1 + (0.85)(2 - 1)$$

$$K_{F3} = 1.85$$

Calculo de esfuerzo σ_3 .

$$\sigma_3 = \frac{32MK_{F3}}{\pi(1.1d)^3}$$

$$\sigma_3 = \frac{32(22.617)(1.85)}{\pi(1.1d)^3}$$

$$\sigma_3 = \frac{320.2054}{d^3}$$

Calculo de concentrador de esfuerzo K_{F4}

Muesca en la ranura de la Catarina equivalente a la de un engrane.

Considerando patín de trineo $K_{t4} = 1.3$

$$K_{F4} = 1 + q(K_{t4} - 1)$$

$$K_{F4} = 1 + (0.85)(1.3 - 1)$$

$$K_{F4} = 1.255$$

Calculo de esfuerzo σ_4 .

$$\sigma_4 = \frac{32MK_{F4}}{\pi(1.2d)^3}$$

$$\sigma_4 = \frac{32(22.617)(1.255)}{\pi(1.2d)^3}$$

$$\sigma_4 = \frac{217.2204}{d^3}$$

Calculo de concentrador de esfuerzo K_{F5}

$$T = 42.72 \text{ N.m}$$

$$T_T = 2T$$

$$T_T = 2(42.721 \text{ N.m})$$

$$T_T = 85.442 \text{ N.m}$$

$$\frac{r}{d} = \frac{0.04d}{d} = 0.04$$

$$\frac{D}{d} = \frac{1.1d}{d} = 1.1$$

$$K_{t5} = 1.35$$

$$K_{F5} = 1 + q(K_{t5} - 1)$$

Donde $q = 0.86$ para torsión.

$$K_{F5} = 1 + (0.86)(1.35 - 1)$$

$$K_{F5} = 1.301$$

Esfuerzo de torsión τ .

$$\tau_1 = \frac{16TK_{F5}}{\pi d^3}$$

$$\tau_1 = \frac{16(85.442)(1.301)}{\pi d^3}$$

$$\tau_1 = \frac{566.1334}{d^3}$$

Esfuerzo medio.

$$\tau_1 = \tau_m = \frac{566.1334}{d^3}$$

Esfuerzo equivalente medio.

$$\sigma_{em} = \frac{\sigma_m}{2} + [\sigma_m^2 + \tau_m^2]^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma_{em} = \frac{0}{2} + \left[\left(\frac{0}{2} \right)^2 + \left(\frac{566.1334}{d^3} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma_{em} = \frac{566.1334}{d^3} \rightarrow \text{critico}$$

$$\sigma_1 = \frac{189.4193}{d^3}$$

$$\sigma_2 = \frac{173.0840}{d^3}$$

$$\sigma_3 = \sigma_{ea} = \frac{320.2054}{d^3} \rightarrow \text{critico}$$

$$\sigma_4 = \frac{217.2204}{d^3}$$

Límite de Fatiga.

$$S_n = \frac{k_a k_b k_c k_d k_e S_n'}{k_f}$$

El diseño está calculado en base a un acero 1045

$$S_u = 570 \text{ Mpa}$$

Máquina do o laminado en frío K_a .

$$K_a = a S_u^b$$

$$a = 4.51 \quad b = -0.265$$

$$K_a = 4.51(570)^{-0.265} = 0.839208$$

Factor de tamaño K_b .

$$K_b = \left(\frac{d}{7.62} \right)^{-0.107} = 1.24 d^{-0.107}$$

Factor de carga K_c

Para carga a flexión

$$K_c = 1$$

Factor de temperatura.

Para temperatura ambiente $K_d = 1$

Factor de confiabilidad.

$$K_e = 1$$

$$K_c = K_d = K_e = K_f = 1.0$$

$$s_n' = 0.5Su$$

$$s_n' = 0.5(570) = 285$$

$$S_n = \frac{k_a k_b k_c k_d k_e s_n'}{k_f}$$

$$S_n = \frac{0.839208(1.24d^{-0.107})(1)(1)(1)(1)(285)}{1}$$

$$S_n = \frac{296.576107}{d^{0.107}}$$

Aplicando la teoría de falla.

$$\frac{\sigma_{ea}}{S_n} + \frac{\sigma_{em}}{Su} = \frac{1}{n}$$

$$\frac{\frac{320.2054}{d^3}}{\frac{296.576107 \times 10^6}{d^{0.107}}} + \frac{\frac{566.1334}{d^3}}{570 \times 10^6} = \frac{1}{n}$$

$d = 20 \text{ mm segun cojinete}$

$$\frac{320.2054(0.02)^{0.107}}{296.576107 \times 10^6 (0.02)^3} + \frac{566.1334}{570 \times 10^6 (0.02)^3} = \frac{1}{n}$$

$$n = 4.6959$$

3.7.3 Diseño de eje del distribuidor (P3)

Este eje es el encargado de alimentar la máquina semilla por semilla. Los planos del diseño de esta sección, pueden encontrarse en Anexos F: Plano 4.

PLANO XZ

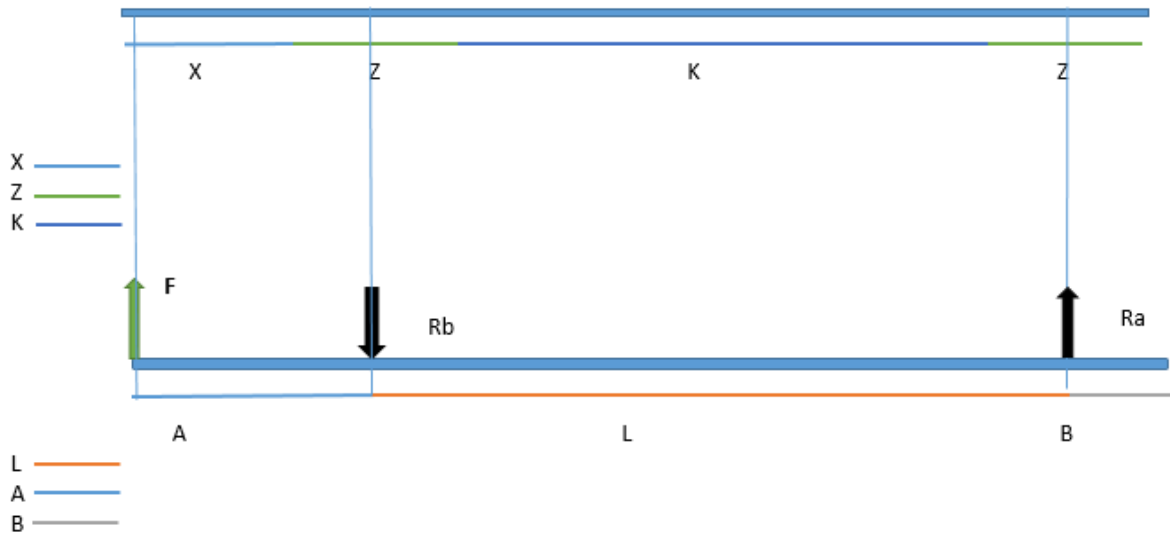


Figura 45: Distribución de fuerzas plano XZ eje del distribuidor.

$$X = 0.07 \text{ m}; Z = 0.04 \text{ m}; K = 0.30 \text{ m};$$

$$A = 0.09 \text{ m}; L = 0.34 \text{ m}; B = 0.02 \text{ m};$$

$$\sum M_B = 0$$

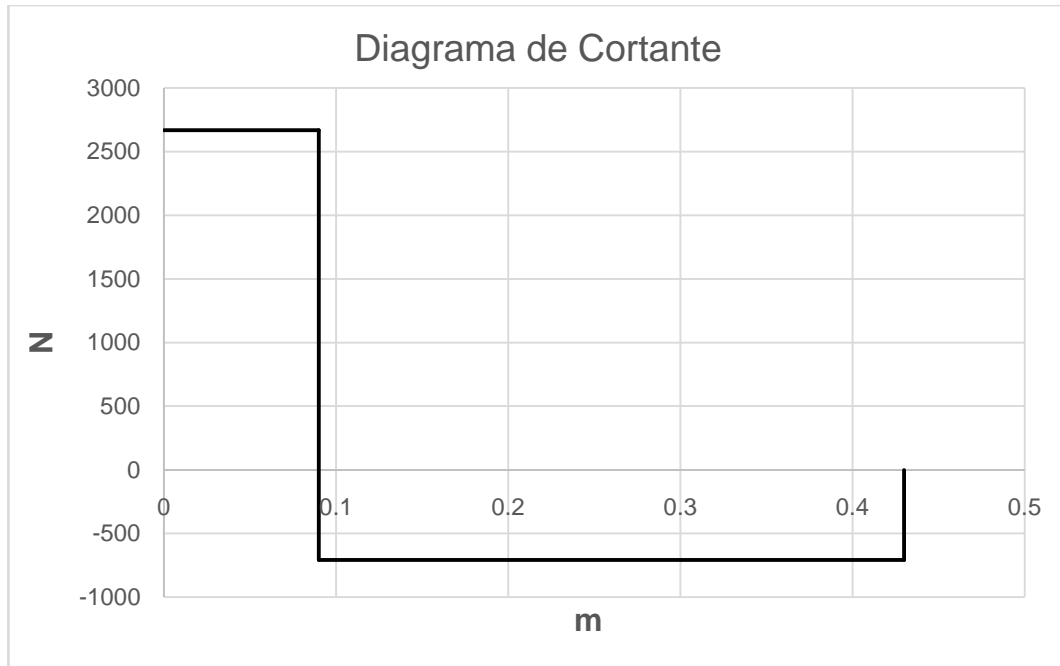
$$-(2668.8N)(0.09) + R_A(0.34) = 0$$

$$R_A = 706.4471 \text{ N}$$

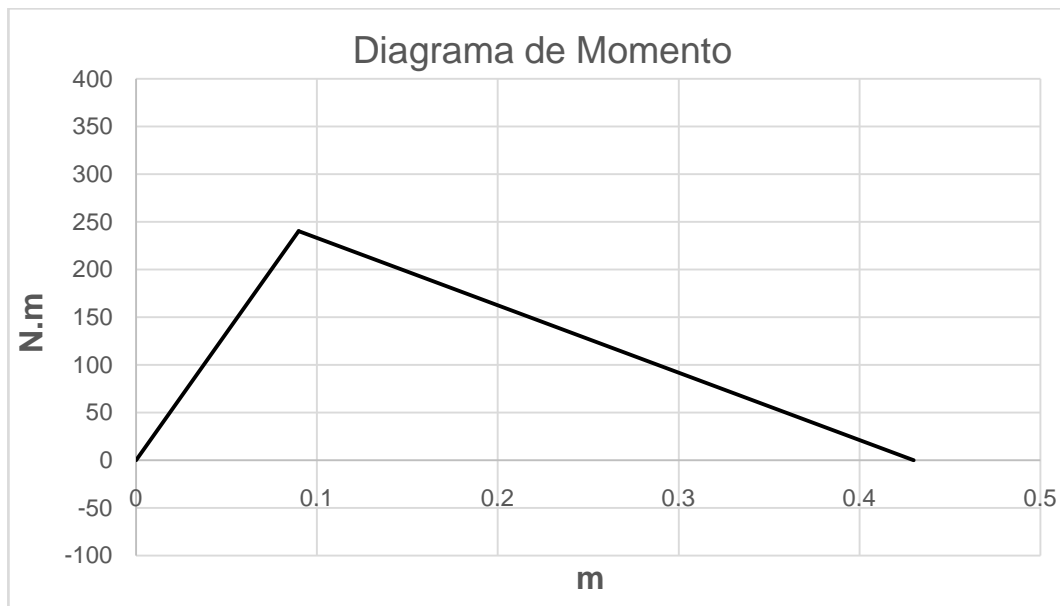
$$\sum F_y = 0$$

$$706.4471 N + 2668.8 N - R_B = 0$$

$$R_B = 3375.2471 N$$



a)



b)

Figura 46: Diagrama cortante y de momento para el eje de distribuidor plano XZ.

$$M_1 = 186.816 \text{ N.m}$$

$$M_2 = 240.192 \text{ N.m}$$

$$M_3 = 226.063 \text{ N.m}$$

$$M_4 = 120.096 \text{ N.m}$$

PLANO X-Y

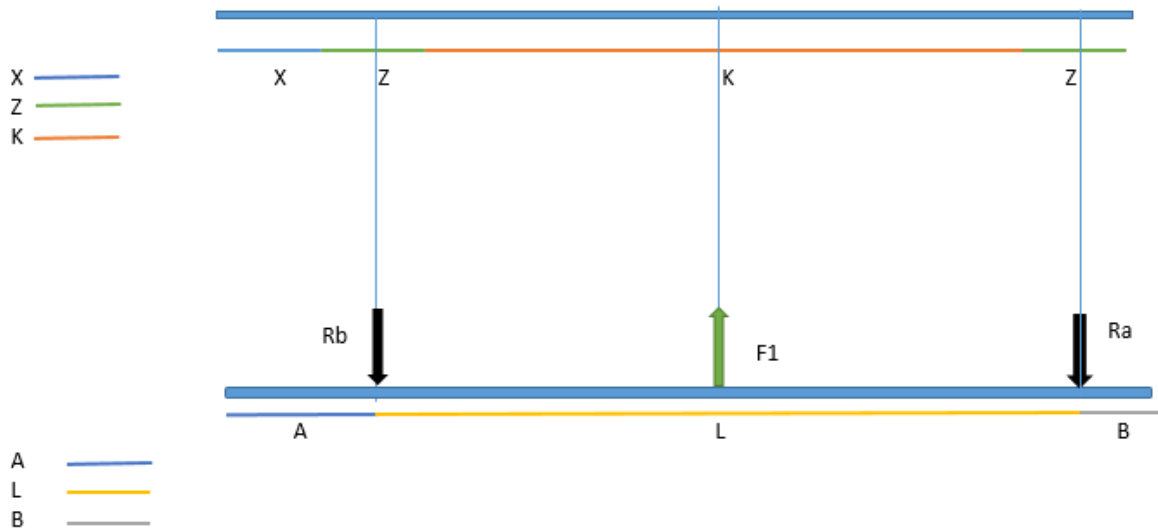


Figura 47: Distribución de fuerzas plano XY eje del distribuidor.

$$X = 0.07 \text{ m}; Z = 0.04 \text{ m}; K = 0.30 \text{ m};$$

$$A = 0.09 \text{ m}; L = 0.34 \text{ m}; B = 0.02 \text{ m};$$

$$\sum M_B = 0$$

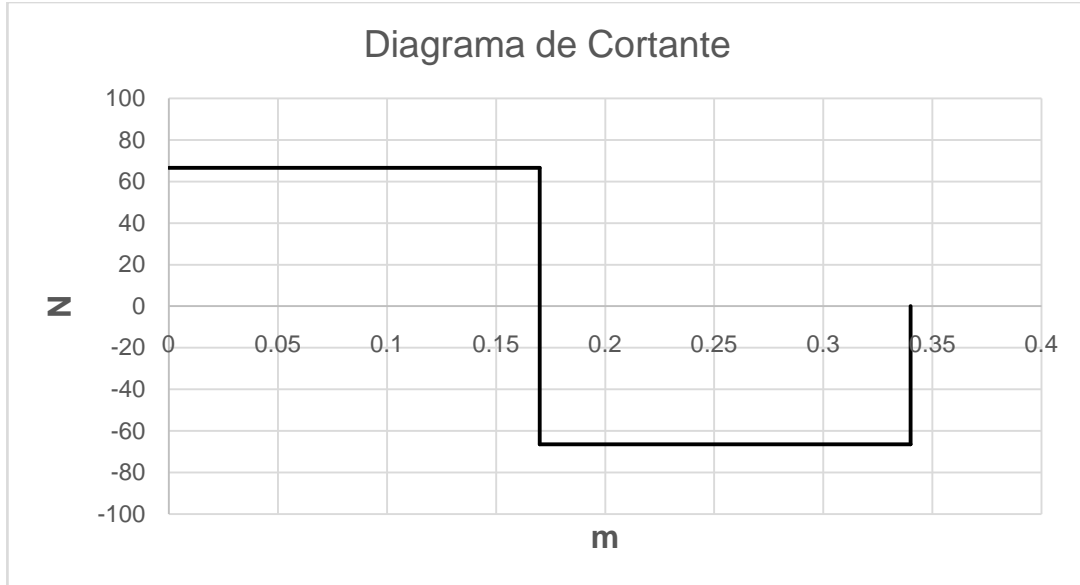
$$-(133 \text{ N})(0.17) + R_A(0.34) = 0$$

$$R_A = 66.5 \text{ N}$$

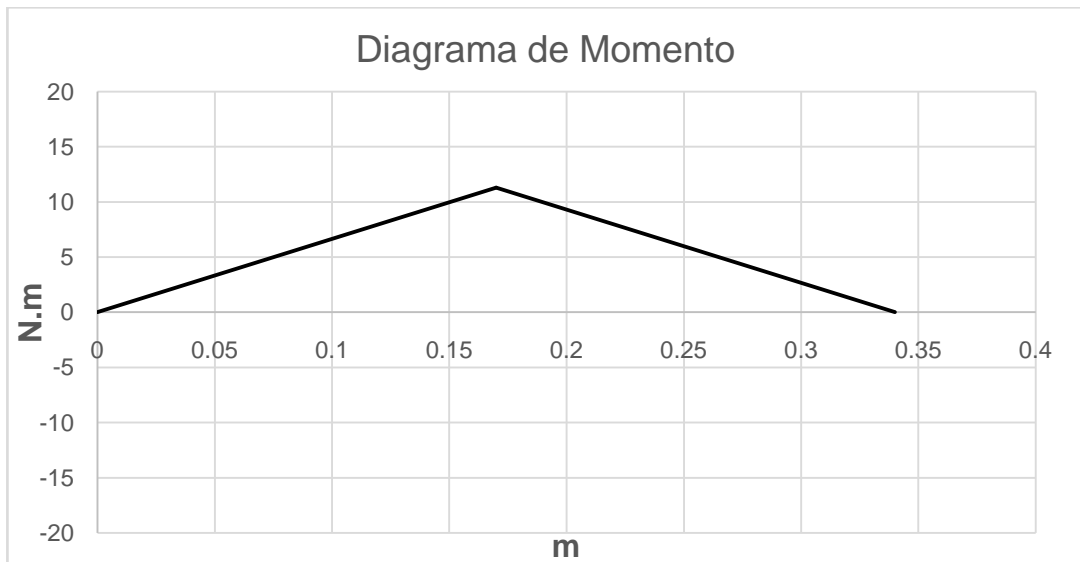
$$\sum F_y = 0$$

$$-133.0 N + 66.5 N + R_B = 0$$

$$R_B = 66.5 N$$



a)



b)

Figura 48: Diagrama cortante y de momento para el eje de distribuidor plano XY.

$$M_1 = 0.00 N.m$$

$$M_2 = 0.00 \text{ N.m}$$

$$M_3 = 1.330 \text{ N.m}$$

$$M_4 = 11.305 \text{ N.m}$$

Tabla 18: Momentos en los planos eje de distribuidor.

Momentos (N.m)	Plano X-Y	Plano X-Z
M_1	0.00	186.816
M_2	0.00	240.192
M_3	1.330	226.063
M_4	11.305	120.096

Momentos Resultantes.

$$M_1 = \sqrt{0^2 + 186.816^2} = 186.816 \text{ N.m}$$

$$M_2 = \sqrt{0^2 + 240.192^2} = 240.192 \text{ N.m}$$

$$M_3 = \sqrt{1.330^2 + 223.03^2} = 226.067 \text{ N.m}$$

$$M_4 = \sqrt{11.305^2 + 120.096^2} = 120.627 \text{ N.m}$$

Calculo de Cojinete.

$$R_B \begin{cases} R_{BY} = 66.50 \text{ N} \\ R_{BZ} = 3375,2471 \text{ N} \end{cases}$$

$$R_A \begin{cases} R_{AY} = 66.50 \text{ N} \\ R_{AZ} = 709,5700 \text{ N} \end{cases}$$

$$R_B = F_{RC} = \sqrt{66.50^2 + 3375,2471^2} = 3375.9021 \text{ N}$$

$$F_c = V F_{RC}$$

Donde $V = 1$ si la pista interna gira.

$$F_c = (1)(3375.9021 \text{ N}) = 3375.9021 \text{ N}$$

Carga dinámica

$$C = F_c \left(\frac{L_d}{10^6} \right)^{\frac{1}{k}}$$

$L_{10} = 11500$ Para elevadores ventiladores industriales, engranes de uso múltiple

$$n = 15 \text{ rpm}$$

$$L_d = L_{10}(n)(60)$$

$$L_d = (11500)(15)(60) = 10.35 \times 10^6$$

Para cojinete de bolas $k = 3$

$$C = (3375.9021 \text{ N}) \left(\frac{10.35 \times 10^6}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$C = 7357.0430 \text{ N} = 1654,0115 \text{ lb}$$

Se selecciona cojinete 6205 con siguientes características

El cojinete soporta una carga máxima de 2410 lb y la que soporta es de 1654.0115 lb cumple el 6205.

$$d = 25 \text{ mm}$$

$$D = 52 \text{ mm}$$

$$B = 15 \text{ mm}$$

Calculo de concentrador de esfuerzo K_{F1} .

$$\frac{r}{d} = \frac{0.04d}{d} = 0.04$$

$$\frac{D}{d} = \frac{1.1d}{d} = 1.1$$

$$K_{t1} = 2$$

$$K_{F1} = 1 + q(K_{t1} - 1)$$

Donde $q = 0.85$ para flexión.

$$K_{F1} = 1 + (0.85)(2 - 1)$$

$$K_{F1} = 1.85$$

Calculo de esfuerzo σ_1 .

$$\sigma_1 = \frac{32MK_{F1}}{\pi d^3}$$

$$\sigma_1 = \frac{32(186.816)(1.85)}{\pi d^3}$$

$$\sigma_1 = \frac{3520.3504}{d^3}$$

Calculo de concentrador de esfuerzo K_{F2}

Como no hay sensibilidad a la muesca $K_{F2} = 1$.

Calculo de esfuerzo σ_2 .

$$\sigma_2 = \frac{32MK_{F2}}{\pi(1.1d)^3}$$

$$\sigma_2 = \frac{32(240.192)(1)}{\pi(1.1d)^3}$$

$$\sigma_2 = \frac{1838.1484}{d^3}$$

Calculo de concentrador de esfuerzo K_{F3}

$$\frac{r}{d} = \frac{0.04d}{d} = 0.04$$

$$\frac{D}{d} = \frac{1.2d}{1.1d} = 1.09$$

$$K_{t3} = 2$$

$$K_{F3} = 1 + q(K_{t3} - 1)$$

Donde $q = 0.85$ para flexión.

$$K_{F3} = 1 + (0.85)(2 - 1)$$

$$K_{F3} = 1.85$$

Calculo de esfuerzo σ_3 .

$$\sigma_3 = \frac{32MK_{F3}}{\pi(1.1d)^3}$$

$$\sigma_3 = \frac{32(226.067)(1.85)}{\pi(1.1d)^3}$$

$$\sigma_3 = \frac{3200.5966}{d^3}$$

Calculo de concentrador de esfuerzo K_{F4}

Como no hay sensibilidad a la muesca $K_{F4} = 1$.

Calculo de esfuerzo σ_4 .

$$\sigma_4 = \frac{32MK_{F2}}{\pi(1.1d)^3}$$

$$\sigma_2 = \frac{32(120.627)(1)}{\pi(1.2d)^3}$$

$$\sigma_4 = \frac{711.0512}{d^3}$$

Calculo de concentrador de esfuerzo K_{F5}

Asumiendo 4 libras en la periferia del distribuidor se tiene el torque siguiente.

$$T = (4lb)(4.448)(0.1524 m) = 2.7115 N.m$$

$$T = 2.7115 N.m$$

$$\frac{r}{d} = \frac{0.04d}{d} = 0.04$$

$$\frac{D}{d} = \frac{1.1d}{d} = 1.1$$

$$K_{t5} = 1.35$$

$$K_{F5} = 1 + q(K_{t5} - 1)$$

Donde $q = 0.86$ para torsión.

$$K_{F5} = 1 + (0.86)(1.35 - 1)$$

$$K_{F5} = 1.301$$

Esfuerzo de torsión τ .

$$\tau_1 = \frac{16TK_{F5}}{\pi d^3}$$

$$\tau_1 = \frac{16(2.7115)(1.301)}{\pi d^3}$$

$$\tau_1 = \frac{17.9662}{d^3}$$

Esfuerzo medio.

$$\tau_1 = \tau_m = \frac{17.9662}{d^3}$$

Esfuerzo equivalente medio.

$$\sigma_{em} = \frac{\sigma_m}{2} + [\sigma_m^2 + \tau_m^2]^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma_{em} = \frac{0}{2} + \left[\left(\frac{0}{2} \right)^2 + \left(\frac{17.9662}{d^3} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma_{em} = \frac{17.9662}{d^3}$$

Los esfuerzos críticos son.

$$\sigma_1 = \sigma_{ea} = \frac{3520.3504}{d^3} \rightarrow \text{critico}$$

$$\sigma_{em} = \frac{17.9662}{d^3} \rightarrow \text{critico}$$

Límite de Fatiga.

$$S_n = \frac{k_a k_b k_c k_d k_e S_n'}{k_f}$$

El diseño está calculado en base a un acero 1045

$$S_u = 570 \text{ Mpa}$$

Máquina do o laminado en frio K_a .

$$K_a = a S_u^b$$

$$a = 4.51 \quad b = -0.265$$

$$K_a = 4.51(570)^{-0.265} = 0.839208$$

Factor de tamaño K_b .

$$K_b = \left(\frac{d}{7.62} \right)^{-0.107} = 1.24 d^{-0.107}$$

Factor de carga K_c

Para carga a flexión

$$K_c = 1$$

Factor de temperatura.

Para temperatura ambiente $K_d = 1$

Factor de confiabilidad.

$$K_e = 1$$

$$K_c = K_d = K_e = K_f = 1.0$$

$$s_n' = 0.5Su$$

$$s_n' = 0.5(570) = 285$$

$$S_n = \frac{k_a k_b k_c k_d k_e s_n'}{k_f}$$

$$S_n = \frac{0.839208(1.24d^{-0.107})(1)(1)(1)(1)(285)}{1}$$

$$S_n = \frac{296.576107}{d^{0.107}}$$

Aplicando la teoría de falla.

$$\frac{\sigma_{ea}}{S_n} + \frac{\sigma_{em}}{Su} = \frac{1}{n}$$

$$\frac{\frac{3520.3504}{d^3}}{\frac{296.576107 \times 10^6}{d^{0.107}}} + \frac{\frac{17.9662}{d^3}}{570 \times 10^6} = \frac{1}{n}$$

$$d = 22.73 \text{ mm segun cojinete}$$

$$\frac{3520.3504(0.02273)^{0.107}}{296.576107 \times 10^6 (0.02273)^3} + \frac{17.9662}{570 \times 10^6 (0.02273)^3} = \frac{1}{n}$$

$$n = 1.47729$$

3.7.4 Selección de cuñeros

Cuñero o Chaveta son piezas de acero que reposan parcialmente sobre una encajadura del eje llamada caja de cuña, y que penetran el resto de su longitud dentro de un alojamiento del cubo llamada cuñera. Se utilizan para fijar al eje partes de máquinas, tales como engranes, poleas, manubrios o brazos

de cigüeñal etc. De tal forma que el movimiento de la pieza se transmita al eje o viceversa.

3.7.4.1 Cuñero de polea

Torque de entrada.

$$T_1 = 85.44 \text{ N.m}$$

Diámetro de sección del eje

$$d = 23 \text{ mm}$$

$$r = \frac{0.023}{2} = 0.0115 \text{ m}$$

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

$$F = \frac{85.44 \text{ N.m}}{0.0115 \text{ m}}$$

$$F = 5696 \text{ N}$$

Acero 1045 $S_y = 310 \text{ MPa}$

Asumiendo un factor de seguridad $n = 2$

$$\tau = \frac{F}{\frac{lt}{2}}$$

$$\frac{S_y}{n} = \frac{F}{\frac{lt}{2}}$$

$$t = 5 \text{ mm}$$

$$\frac{310 \times 10^6}{2} = \frac{5696}{\frac{l(0.005)}{2}}$$

$$l = 0.0147045 \text{ m} = 14.7045 \text{ mm} \rightarrow l = 14.7045 - 18 \text{ mm}$$

$$t \approx 5 \text{ mm}$$

3.7.4.2 Cuñero de piñón

Torque de entrada.

$$T_1 = 85.44 \text{ N.m}$$

Diámetro de sección del eje

Eje diseñado	Eje rectificado en base a equipos (norma ISO)
$d = 1.1 d$	$d = 1.143 d$
$d = 25 \text{ mm}$	$d = 25 \text{ mm}$
$d = 27.5 \text{ mm}$	$d = 28.575 \text{ mm}$

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

$$F = \frac{85.44 \text{ N.m}}{0.028575 \text{ m}}$$

$$F = 2990.0262 \text{ N}$$

Acero 1045 $S_y = 310 \text{ MPa}$

Asumiendo un factor de seguridad $n = 2$

$$\tau = \frac{F}{\frac{lt}{2}}$$

$$\frac{S_y}{n} = \frac{F}{\frac{lt}{2}}$$

$$t = 5 \text{ mm}$$

$$\frac{310 \times 10^6}{2} = \frac{2990.0262}{\frac{l(0.005)}{2}}$$

$$l = 0.00771619 \text{ m} = 7.71619 \text{ mm} \rightarrow l = 8 - 12 \text{ mm}$$

$$t \approx 5 \text{ mm}$$

3.7.5 Resumen diseño de ejes

Esta sección tiene como fin resumir los datos de diseños de los ejes de trabajo, secundario y de distribución. Incorporando la información de cuñeros y poleas según cada caso.

Tabla 19: Resumen de datos eje de trabajo. Fuente propia.

Diámetros				
Secciones	N°	Diseñado (mm)	Norma ANSI (pulg)	Norma ISO (mm)
S1 sección de polea	1	22.7272	0.906	23
S2 Sección de cojinetes	2	25	0.984	25
S3 Sección de catarinas	2	27.5	1.125	28.575
S4 Sección de trabajo	1	30.25	1.238	31.432
Longitud de secciones				
Secciones	N°	Diseñado (mm)	Norma ANSI (pulg)	Norma ISO (mm)
S1 sección de polea	1	70	2.756	70
S2 Sección de cojinetes	2	40	1.575	40
S3 Sección de catarinas	2	50	1.968	50
S4 Sección de trabajo	1	200	7.874	200

Cuñas				
S1 sección de polea				
Secciones	N°	Diseñado (mm)	Norma ANSI (pulg)	Norma ISO (mm)
Longitud (mm)		16	0.625	18
Espesor (mm)		5	0.250	5
Ancho (mm)		5	0.250	8
S3 Sección de piñones				
Secciones	N°	Diseñado (mm)	Norma ANSI (pulg)	Norma ISO (mm)
Longitud (mm)		12.5	0.625	18
Espesor (mm)		5	0.250	5
Ancho (mm)		5	0.250	8

Tabla 20: Resumen de datos eje secundario. Fuente propia.

Diámetros				
Secciones	N°	Diseñado (mm)	Norma ANSI (pulg)	Norma ISO (mm)
S1 Sección de cojinetes	2	20	0.78740	20
S2 Sección de catarinas	2	22	0.9375	23.8125
S3 Sección de trabajo	1	24	1.0629	27
Longitud de secciones				
Secciones	N°	Diseñado (mm)	Norma ANSI (pulg)	Norma ISO (mm)
S1 Sección de cojinetes	2	40	1.575	40
S2 Sección de catarinas	2	50	1.968	50
S3 Sección de trabajo	1	200	7.874	200

Cuñas				
S1 Sección de piñones				
Secciones	N°	Diseñado (mm)	Norma ANSI (pulg)	Norma ISO (mm)
Longitud (mm)		12.5	0.625	18
Espesor (mm)		5	0.250	5
Ancho (mm)		5	0.250	8

Tabla 21: Resumen de datos eje de distribución. Fuente propia.

Diámetros				
Secciones	N°	Diseñado (mm)	Norma ANSI (pulg)	Norma ISO (mm)
S1 sección de polea	1	22.7272	0.906	23
S2 Sección de cojinetes	2	25	0.984	25
S3 Sección de trabajo	1	27.5	1.125	28.575
Longitud de secciones				
Secciones	N°	Diseñado (mm)	Norma ANSI (pulg)	Norma ISO (mm)
S1 sección de polea	1	70	2.756	70
S2 Sección de cojinetes	2	40	1.575	40
S4 Sección de trabajo	1	302	11.889	302
Cuñas				
S1 sección de polea				
Secciones	N°	Diseñado (mm)	Norma ANSI (pulg)	Norma ISO (mm)
Longitud (mm)		16	0.625	18
Espesor (mm)		5	0.250	5
Ancho (mm)		5	0.250	8

3.8 Selección de piñones y cadenas

$$T = 85.44 \text{ N.m}$$

- 4 Piñones
- 2 Cadenas

$$P = T\omega$$

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

$$\omega = \frac{2\pi(30\text{rpm})}{60}$$

$$\omega = \pi \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$P = (85.44 \text{ N.m})(\pi)$$

$$P = 268.42 \text{ watt} = 0.26842 \text{ Kw}$$

$$\eta_t = 4 \text{ Catarinas } \times \text{ gastos de potencia}$$

$$\eta = 0.95$$

$$\eta_t = 0.95^4 = 0.814$$

$$\eta_t = \frac{P_{sal}}{P_{ent}}$$

$$P_{ent} = \frac{P_{sal}}{\eta_t}$$

$$P_{ent} = \frac{0.26842}{0.814} = 0.32 \text{ Kw}$$

$$P_{ent} = 0.329 \text{ Kw} = 0,4418 \text{ hp}$$

Como son 2 cadenas la potencia se consume en las 2.

$$P_{ent} = \frac{0.4418 \text{ hp}}{2} = 0.221 \text{ hp}$$

$$P_n = 0.221 \text{ hp}$$

Motor eléctrico, Moledoras de alimentos

Factor de servicio

$$K_s = 1.3$$

$$P_d = K_s P_n$$

$$P_d = (1.3)(0.221 \text{ hp}) = 0.2873 \text{ hp}$$

$$P_c = K_1 K_2 P_{cadena}$$

Factores de corrección para los dientes

$$K_1 = 2.15 \text{ (tabla 17 – 22 de shigley 8va edicion)}$$

Factor de cadena para (torones)

$$K_2 = 1.0 \text{ (tabla 17 – 23 de Shigley 8va edicion)}$$

$$N = 40 \text{ dientes}$$

Tabla 22: Potencia respecto a RPM de cadenas ANSI 40, 41 y 50. Fuente: Shigley.

RPM	40	41	50
30	0,24	0,128	0,472
50	0.37	0.20	0.72
100	0.69	0.38	1.34

Las potencias para las rpm de trabajo son:

$$P_c = K_1 K_2 P_{cadena}$$

$$N = 40 \text{ dientes}$$

$$K_1 = 2,51$$

Tomando en cuenta que la potencia corregida es aproximada igual a la potencia nominal o de diseño $P_d = P_C = 0,2873 \text{ hp}$

$$P_{Cadena} = \frac{P_C}{K_1 K_2}$$

$$P_{Cadena} = \frac{0.286}{(1)(2,51)} = 0.1139 \text{ hp (calculada)}$$

Cadena ANSI 40

$$P_{Cadena} = 0.24 \text{ hp} \rightarrow 40 \text{ dientes (propias de la cadena estandar)}$$

Comparando se puede ver que:

$$P_{Cadena} = 0.114 \text{ hp (cumple la cadena ANSI 40 para estas condiciones)}$$

$$D = \frac{P}{\sin \frac{180}{N}}$$

$$P = D \sin \frac{180}{N}$$

$$D = 16 \text{ cm} = 6.3 \text{ in}$$

Para $N = 40 \text{ dientes}$

$$P = (6.3) \sin \frac{180}{40}$$

$$P = 0.4942 \rightarrow \text{Cadena ANSI 40}$$

Tabla 23: Especificaciones de cadena ANSI 40.

Cadena ANSI 40		
Datos	ISO	ANSI
Paso	12,70	0,500
Ancho	7,94 (mm)	0,312 (pulg)
Resistencia mínima a la tensión	13920 (N)	3130 (lbf)
Peso promedio	6,13 (N/m)	0,42 (lbf/pie)
Diámetro de rodillo	7,92 (mm)	0,312 (pulg)
Espaciamiento de torones múltiples	14,38 (mm)	0,566 (pulg)
Cantidad	4	4
Numero de Dientes (piñón)	40	40
Lubricante	Tipo A	Tipo A

Selección de piñones

Piñones son seleccionados en base a la cadena y al eje donde irán montadas.

Tabla 24: Especificaciones piñones cadena ANSI 40.

ANSI Piloto Bore Piñones (construcción de acero C45 (AISI 1045))						
Dientes	Diámetro exterior	Diámetro de cubo	Ancho c	Espesor diente	Diámetro eje	Tipo
Piñón del eje de trabajo						
40	6,65	3,5	1,125	0,284	1,125	B
40	168,91	88,9	28,575	7,2136	28,575	B
Piñón del eje secundario						
40	6,65	3,5	1,125	0,284	0.9375	B
40	168,91	88,9	28,575	7,2136	23.8125	B

3.9 Selección de motor

3.9.1 Calculo de inercias

Inercias de elementos del Eje de trabajo

$$I_{E1} = \frac{\pi\gamma Lr^4}{2g} \text{ lb. pulg. s}^2$$

Donde

$g = \text{gravedad}, \gamma = \text{peso espezifico}, L = \text{longitud del elemento}.$

$r = \text{radio del elemento}.$

Considerando el eje solido de acero sin ningún cambio de sección para su inercia.

Peso específico del acero

$$\gamma = 0.282 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^3}$$

Diámetro de eje máximo.

$$d = 30.25 \text{ mm} \approx 1.1909 \text{ pulg}$$

Su radio es

$$r = 0.5954 \text{ pulg}$$

La longitud del eje es

$$L = 450 \text{ mm} = 17.7165 \text{ pulg}$$

Donde la gravedad

$$g = 386.4 \frac{\text{pulg}}{\text{s}^2}$$

Sustituyendo queda

$$I_{E1} = \frac{\pi(0.282 \frac{lb}{pulg^3})(17.7165pulg)(0.5954pulg)^4}{2(386.4 \frac{pulg}{s^2})}$$

$$I_{E1} = 0.002552 \text{ lb.pulg.s}^2$$

Inercias de piñón

Piñón

Inercia del piñón en base a métodos numéricos a la norma ANSI.

$$I_{p1} = 8.2359 \text{ lbm.pulg}^2$$

Convirtiendo.

$$I_{p1} = \frac{8.2359 \text{ lb.pulg}^2}{386.4 \frac{pulg}{s^2}} = 0.02131 \text{ lb.pulg.s}^2$$

$$I_{p1} = 0.02131 \text{ lb.pulg.s}^2$$

Como el piñón dos es igual su inercia queda.

$$I_{p2} = 0.02131 \text{ lb.pulg.s}^2$$

Inercia de la polea 2

Datos

$$\text{diametro} = 7 \text{ pulg}; r_0 = 3.5 \text{ pulg}$$

Espesor aproximado de la polea considerando el ancho de la banda.

$$b = (1.3125) + 0.75 = 2.0625 \approx 2.1 \text{ pulg}$$

$$\text{diametro de eje} = 0.906 \text{ pulg}; r_i = 0.453 \text{ pulg}$$

Considerando el material hierro fundido.

Peso específico del hierro fundido.

$$\gamma = 0.26 \frac{lb}{pulg^3}$$

$$I_{PL} = \frac{\pi\gamma b(r_0^4 - r_i^4)}{2g} lb.pulg.s^2$$

$$I_{PL} = \frac{\pi(0.26 \frac{lb}{pulg^3})(2.1pulg)(3.5^4 - 0.453^4)}{2(386.4 \frac{pulg}{s^2})} = 0.3330 lb.pulg.s^2$$

$$I_{PL} = 0.3330 lb.pulg.s^2$$

Sumatoria de las inercias.

$$I_1 = I_{E1} + I_{p1} + I_{p2} + I_{PL}$$

$$I_1 = 0.002552 lb.pulg.s^2 + 0.02131lb.pulg.s^2 + 0.02131lb.pulg.s^2 + 0.3330 lb.pulg.s^2$$

$$I_1 = 0.3781 lb.pulg.s^2$$

Inercias de elementos del Eje secundario

$$I_{E1} = \frac{\pi\gamma Lr^4}{2g} lb.pulg.s^2$$

Donde

$g =$ gravedad, $\gamma =$ peso espesifico, $L =$ longitud del elemento.

$r =$ radio del elemento.

Considerando el eje solido de acero sin ningún cambio de sección para su inercia.

Peso específico del acero

$$\gamma = 0.282 \frac{lb}{pulg^3}$$

Diámetro de eje máximo.

$$d = 27 \text{ mm} \approx 1.0629 \text{ pulg}$$

Su radio es

$$r = 0.5315 \text{ pulg}$$

La longitud del eje es

$$L = 380 \text{ mm} = 14.9606 \text{ pulg}$$

Donde la gravedad

$$g = 386.4 \frac{pulg}{s^2}$$

Sustituyendo queda

$$I_{E2} = \frac{\pi(0.282 \frac{lb}{pulg^3})(14.9606 \text{ pulg})(0.5315 \text{ pulg})^4}{2(386.4 \frac{pulg}{s^2})}$$

$$I_{E2} = 0.001369 \text{ lb.pulg.s}^2$$

Inercias de piñón

Inercia del piñón en base a métodos numéricos o a la norma ANSI.

$$I_{p1} = 8.2625 \text{ lbm.pulg}^2$$

Convirtiendo.

$$I_{p1} = \frac{8.2625 \text{ lb.pulg}^2}{386.4 \frac{pulg}{s^2}} = 0.02138 \text{ lb.pulg.s}^2$$

$$I_{p1} = 0.02138 \text{ lb.pulg.s}^2$$

Como el piñón dos es igual su inercia queda.

$$I_{p2} = 0.02138 \text{ lb.pulg.} \cdot s^2$$

Sumatoria de las inercias.

$$I_2 = I_{E2} + I_{p1} + I_{p2}$$

$$I_2 = 0.001369 \text{ lb.pulg.} \cdot s^2 + 0.02138 \text{ lb.pulg.} \cdot s^2 + 0.02138 \text{ lb.pulg.} \cdot s^2$$

$$I_2 = 0.04413 \text{ lb.pul.} \cdot s^2$$

Inercias de elementos del Eje de alimentación

$$I_{E1} = \frac{\pi \gamma L r^4}{2g} \text{ lb.pulg.} \cdot s^2$$

Donde

$g = \text{gravedad}, \gamma = \text{peso espezifico}, L = \text{longitud del elemento.}$

$r = \text{radio del elemento.}$

Considerando el eje solido de acero sin ningún cambio de sección para su inercia.

Peso específico del acero

$$\gamma = 0.282 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^3}$$

Diámetro de eje máximo.

$$d = 27.5 \text{ mm} \approx 1.125 \text{ pulg}$$

Su radio es

$$r = 0.5625 \text{ pulg}$$

La longitud del eje es

$$L = 452 \text{ mm} = 17.7952 \text{ pulg}$$

Donde la gravedad

$$g = 386.4 \frac{\text{pulg}}{\text{s}^2}$$

Sustituyendo queda

$$I_{E1} = \frac{\pi(0.282 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^3})(17.7952 \text{ pulg})(0.5625 \text{ pulg})^4}{2(386.4 \frac{\text{pulg}}{\text{s}^2})}$$

$$I_{E3} = 0.002042 \text{ lb. pulg. s}^2$$

Inercia del distribuidor

Inercia del distribuidor en base a métodos numéricos.

$$I_{d1} = 8.62 \text{ lb. pulg}^2$$

Convirtiendo.

$$I_{d1} = \frac{8.62 \text{ lb. pulg}^2}{386.4 \frac{\text{pulg}}{\text{s}^2}} = 0.02231 \text{ lb. pulg. s}^2$$

$$I_{d1} = 0.02231 \text{ lb. pulg. s}^2$$

Inercia de la polea 2

Datos

$$\text{diametro} = 14 \text{ pulg}; r_0 = 7 \text{ pulg}$$

Espesor aproximado de la polea considerando el ancho de la banda.

$$b = (1.3125) + 0.75 = 2.0625 \approx 2.1 \text{ pulg}$$

$$\text{diametro de eje} = 0.906 \text{ pulg}; r_i = 0.453 \text{ pulg}$$

Considerando el material hierro fundido.

Peso específico del hierro fundido.

$$\gamma = 0.26 \frac{lb}{pulg^3}$$

$$I_{PL1} = \frac{\pi \gamma b (r_0^4 - r_i^4)}{2g} lb.pulg.s^2$$

$$I_{PL1} = \frac{\pi(0.26 \frac{lb}{pulg^3})(2.1pulg)(7^4 - 0.453^4)}{2(386.4 \frac{pulg}{s^2})} = lb.pulg.s^2$$

$$I_{PL1} = 5.3292 lb.pulg.s^2$$

La inercia de la polea considerada como sólida.

$$I_{PL1} = 5.3292 lb.pulg.s^2$$

Considerando la resta de la porción de los rayos aproximado un 50 % de material total.

$$I_{PL1} = 5.3292 lb.pulg.s^2(0.50) = 2.6646 lb.pulg.s^2$$

$$I_{PL1} = 2.6646 lb.pulg.s^2$$

Sumatoria de las inercias.

$$I_3 = I_{E3} + I_{PL1} + I_{d1}$$

$$I_3 = 0.002042 lb.pulg.s^2 + 2.6646 lb.pulg.s^2 + 0.02231 lb.pulg.s^2$$

$$I_3 = 2.688952 lb.pulg.s^2$$

$$I_x = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I_x = 0.3781 lb.pulg.s^2 + 0.04413 lb.pulg.s^2 + 2.688952 lb.pulg.s^2$$

$$I_x = 3.11075 lb.pulg.s^2$$

Inercia del reductor de velocidad

Considerando un 20% de la sumatoria de las inercias queda.

$$I_4 = 0.2I_x$$

$$I_x = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I_4 = 0.3781 \text{ lb. pulg. s}^2 + 0.04413 \text{ lb. pulg. s}^2 + 2.688952 \text{ lb. pulg. s}^2$$

$$I_4 = 3.11075 \text{ lb. pulg. s}^2$$

$$I_4 = 0.2(3.11075 \text{ lb. pulg. s}^2) = 0.62213 \text{ lb. pulg. s}^2$$

Inercia equivalente de la máquina

$$I_e = \frac{I_1 \left(\frac{n_1}{n_m}\right)^2}{\eta_1 \eta_2 \eta_3} + \frac{I_2 \left(\frac{n_2}{n_m}\right)^2}{\eta_1 \eta_2} + \frac{I_3 \left(\frac{n_3}{n_m}\right)^2}{\eta_1 \eta_4} + \frac{I_4 \left(\frac{n_3}{n_m}\right)^2}{\eta_1} + I_5$$

Donde

Eficiencias

$$\eta_1 = 0.90 \text{ reductor de velocidad}$$

$$\eta_2 = 0.95 \times 0.95 \times 0.90 = 0.81225 \text{ elemetos del eje primario}$$

$$\eta_3 = 0.95 \times 0.95 = 0.905 \text{ elemetos del eje secundario}$$

$$\eta_4 = 0.85 \text{ eje del distribuidor .}$$

Relaciones de velocidad

$$n_1 = 30 \text{ rpm}, n_2 = 30 \text{ rpm}, n_3 = 15 \text{ rpm}, n_4 = 50 \text{ rpm}$$

$$n_m = 1750 \text{ rpm}$$

$$\frac{n_1}{n_m} = \frac{30}{1750} = \frac{3}{175} = \frac{n_2}{n_m}$$

$$\frac{n_3}{n_m} = \frac{15}{1750} = \frac{3}{350}$$

$$\frac{n_4}{n_m} = \frac{50}{1750} = \frac{1}{35}$$

$$I_e = \frac{0.3781 \left(\frac{3}{175}\right)^2}{(0.90)(0.812)(0.905)} + \frac{0.04413 \left(\frac{3}{175}\right)^2}{(0.90)(0.812)} + \frac{2.6889 \left(\frac{3}{350}\right)^2}{(0.90)(0.85)} + \frac{0.62213 \left(\frac{1}{35}\right)^2}{(0.90)} + 0$$

$$I_e = 0.001008 \text{ lb.pulg. s}^2$$

3.9.2 Calculo del torque nominal

$$T_{nom} = \frac{\left(\frac{n_{eje 1}}{n_m}\right)}{\eta_1 \eta_3} T_{carga 1} + \frac{\left(\frac{n_{eje 3}}{n_m}\right)}{\eta_2} (T_{carga 2})$$

El torque de la carga 1 es

$$T_1 = 85.442 \text{ N.m}$$

Por el factor de atascamiento.

$$f_s = 1.3$$

$$T_1 = 1.3(85.442) = 111.074 \text{ N.m}$$

Convirtiendo N.m a lb. Pie

Factor

libra-pie = 1.36 newton-metro

$$T_1 = \frac{111.074 \text{ N.m}}{1.36} = 81.6725 \text{ lb.pie}$$

El torque de la carga 2 es.

$$T_2 = 2.7115 \text{ N.m}$$

Factor de carga del distribuidor.

$$f_c = 2$$

$$T_2 = 2.7115 \text{ N.m}(2) = 5.423 \text{ N.m}$$

Convirtiendo N.m a lb. Pie

$$T_2 = \frac{5.423 \text{ N.m}}{1.36} = 3.9875 \text{ lb.pie}$$

Eficiencias

$$\eta_1 = 0.95^4 = 0.8145$$

$$\eta_3 = 0.85$$

$$\eta_2 = 0.85$$

Velocidades

$$\frac{n_{Eje 1}}{n_r} = \frac{30}{50} = \frac{3}{5}$$

$$\frac{n_{eje 3}}{n_r} = \frac{15}{50} = \frac{3}{10}$$

$$T_{nom} = \frac{\left(\frac{3}{5}\right)}{0.8145(0.85)} (81.6725 \text{ lb.pie}) + \frac{\left(\frac{3}{10}\right)}{0.85} (3.9875 \text{ lb.pie})$$

$$T_{nom} = 72.1884 \text{ lb.pie lo que entrega el reductor de velocidad}$$

Torque nominal del motor

$$T_{nom} = \frac{\left(\frac{n_r}{n_m}\right)}{\eta_r} T_{reductor}$$

Eficiencia del reductor

$$\eta_r = 0.90$$

$$T_{nom} = \frac{\left(\frac{50}{1750}\right)}{0.90} (72.1884)$$

$$T_{nom} = 2.2917 \text{ lb. pie}$$

3.9.3 Torque de arranque del motor

$$T_{arr} = \frac{I_e \Delta\omega}{\Delta t} + T_{nom}$$

Donde la inercia equivalente es:

$$I_e = 0.001008 \text{ lb. pulg. s}^2$$

$$\Delta\omega = \frac{2\pi n_m}{60} = \frac{2\pi(1750)}{60} = 183.2595 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$T_{nom} = 2.2917 \text{ lb. pie}(12) = 27.5004 \text{ lb. pulg.}$$

Considerando un tiempo de arranque de 0.15 segundos.

$$T_{arr} = \frac{0.001008 \text{ lb. pulg. s}^2 \left(183.2595 \frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)}{0.15} + 27.5004 \text{ lb. pulg.}$$

$$T_{arr} = 28.7319 \text{ lb. in} = 2.3943 \text{ lb. pie}$$

$$T_{arr} = 2.3943 \text{ lb. pie}$$

$$T_{arr} = 2.3943 \text{ lb. pie}(1.36) = 3.2562 \text{ N. m}$$

Calculo de potencia de pico.

$$P = T_{arr} \omega$$

$$\omega = 183.2595 \frac{rad}{s}$$

$$P = 3.2562 N.m \left(183.2595 \frac{rad}{s} \right) = 596.7383 W$$

$$P \approx 600W = 0.6W = \frac{0.6}{0.746} = 0.8042 Hp$$

Potencia del motor 1 Hp

En base a norma NEMA 56 motores 1RF3

Motores monofásicos jaula de ardilla a prueba de goteo; aislamiento clase B; 4 polos; 1720 rpm.

Tensión nominal Volt	Corriente nominal A	Factor de servicio	Corriente a F.S A	Peso neto Kg	Long. L mm
Arranque por capacitor, base rígida, con balero (Uso General)					
127/220	13.8/7.2	1.15	15.2/8.3	14.3	313

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS ECONÓMICO

4.1 Planteamiento del problema

La inversión es un tema fundamental en cualquier proyecto, por esta razón se hace necesario hacer un estudio económico para conocer las variables involucradas en dicho proyecto para que el inversor tenga un parámetro de cuánto y el tiempo necesario para el cual su inversión retornará.

En este apartado se define la inversión monetaria que corresponden a todos los aspectos necesarios para poner en marcha la máquina extractora de la semilla de marañón, desde el punto de vista de las inversiones en infraestructura, construcción y costos de operación; con respecto al tiempo de retorno de dicha inversión.

4.2 Inversión inicial

En la ejecución de esta investigación, se hace necesario hacer un presupuesto de la inversión inicial, por lo que en este numeral se tratara esta temática, enfocado a la puesta en marcha del dispositivo extractor de la semilla de marañón. Además de mencionar a los actores involucrados para su ejecución, para esto han participado las siguientes personas: Estudiantes de Ingeniería mecánica, encargado de la dirección y evaluación del proyecto Ing. Gustavo Salomón Torres; así como de las personas facilitadoras de la información y la gerencia de la cooperativa APRAINORES.

4.2.1 Ingeniería del proyecto

Para el diseño y ejecución de esta investigación se han empleado 3 personas y 1 consultor. Pero debido al carácter social de la Universidad de El Salvador, este apartado no se tomará en cuenta en los cálculos económicos y financieros en posteriores secciones.

Tabla 25: Sueldos para la ingeniería del proyecto. Fuente Propia.

Concepto	Núm. personas	Sueldo base (\$)	Sueldo (\$)
Encargados de Diseño	3	1500	4500.00
Consultorías	1	1000	1000.00
Total	4		5500.00

4.2.2 Relación de salarios

Partimos del sueldo base mensual de cada una de las personas que han intervenido en la investigación, para calcular el sueldo base diario respectivo. A éste habrá que añadir las obligaciones sociales e impuestos según el caso.

Tabla 26: Sueldos de las personas que han intervenido en el proyecto (todas las cantidades en dólares). Fuente propia.

Concepto	Sueldo base (\$)
Encargados del desarrollo y supervisión	200.00
Mano de obra	500.00
Total	700.00

4.2.3 Coste de materiales

Para la ejecución de esta investigación se han empleado materiales de uso industrial. También se incluyen los gastos de material fungible y de oficina. Los costes referentes a los materiales utilizados se reflejan en la tabla 27.

4.2.4 Presupuesto de ejecución material

El presupuesto de ejecución material se calcula basándose en los costes de salarios y los costes materiales. Para obtener el costo total del proyecto, a la sumatoria de costos de salarios y materiales se le aplicara un 10% para imprevistos durante su ejecución. Los datos se muestran en la tabla 28.

Como se mencionó en sección 4.2.1, se excluyen los costos sobre la ingeniería del proyecto, por el carácter de servicio social que representa la Universidad de El Salvador.

Tabla 27: Coste de materiales. Fuente propia.

	Cantidad	Unidad	Precio (\$)	Total (\$)
Motor WEG 1HP	1	Pz	224.35	224.35
Reductor RED BONFIGLIOLI 1-1.5 HP	1	Pz	607.62	607.62
Polea de aluminio 14, 5, 4 X2B	1	Pz	136.92	136.92
Polea hierro 8X2B	1	Pz	54.00	54.00
Chumacera banco 25mm	8	Pz	6.50	52.00
Fabricación de transportadores acero inox	4	Pz	225.00	900.00
SPROCKET Catarina ANSI 40	4	Pz	20.75	83.00
Cadena ANSI 40	8	Pie	6.25	50.00
Aditamentos de Cadenas ANSI 40	8	Pz	5.75	46.00
Candado simple ANSI 40	6	Pz	4.75	28.50
Fabricación de Ejes trabajo	2	Pz	60.00	120.00
Fabricación de eje dispensador	1	Pz	80.00	80.00
Fabricación de cuchillas acero inox	1	Kit	138.04	138.04
Fabricación de cuchillas acero 1020	1	Kit	88.52	88.52
Fabricación de reguladores	1	Kit	107.40	107.40
Estructura metálica	1	Pz	250.00	250.00
Material de pintura	1	Pz	30.00	30.00
Transporte	9	Pz	10.00	90.00
Material fungible y de oficina	1	Pz	30.00	30.00
Material de Estructura (pernos, soldaduras, tuerca y arandelas)	1	Pz	50.00	50.00
Fajas tipo V	4	Pz	6.00	24.00
Sub-Total				3,185.25
IVA 13%				414.75
Total				3,600.00

Tabla 28: Presupuesto de ejecución del proyecto. Fuente propia.

Concepto	Importe (\$)
Coste total de materiales	3600.00
Coste total de salarios	700.00
Sub - Total	4300.00
Improvistos (10%)	430.00
Total presupuesto de ejecución	4730.00

4.3 Costos de operación

En este apartado se encuentran todos aquellos costos asociados directamente con poner en marcha el equipo. Los costos estarán basados jornadas laborales de 8 horas y con 26 días laborados por mes. Los datos que se muestran a continuación, están basados en entrevistas e investigaciones propias, las cuales no reflejan la realidad específica de un productor.

4.3.1 Costo de mano de obra

Aquí se considera como mano de obra a todo obrero que realiza la labor de separar la cascara de la semilla de marañón. Con fines de comparar los métodos de extracción, se hará un desglose de costos de mano de obra para los métodos manual y mecánico. Recordando que con el método manual, un obrero gana \$12.00 por quintal de semilla procesada y que el equipo procesará 4.8 quintales de semilla, tenemos:

Tabla 29: Resumen de datos para métodos manual y mecánico. Fuente propia.

Método	Materia prima diaria (lb)	Numero empleados	Días laborados	Costo Unitario	Costo Mensual
Manual	480	4.8	26	\$ 12.00	\$ 1,497.60
Mecánico	480	2	26	\$ 10.00	\$ 520.00

Con lo anterior, se observa una reducción de costos asociados a mano de obra para la extracción de la semilla de marañón mediante el método mecánico de \$790.40.

4.3.2 Costo de energía eléctrica

El equipo estará provisto por un motor eléctrico de 1 hp (0.7457 kW), entonces el consumo de energía eléctrica en una jornada cotidiana de 8 horas está dada por la relación:

$$\text{Consumo de energía eléctrica} = 0.7457 \text{ kW} \cdot 8 \text{ horas} = 5.9656 \text{ kWh}$$

$$\text{Precio de suministro de energía eléctrica}^6 \$0.120086$$

Entonces el incremento máximo mensual en la factura de energía eléctrica será de:

$$\text{Consumo mensual de energía eléctrica} = 5.9656 \text{ kWh} \cdot \$0.120086 \cdot 26 \text{ dias}$$

$$\underline{\text{Consumo mensual de energía eléctrica} = \$18.63}$$

⁶ Pliego Tarifario a partir del 15 de enero de 2016. Fuente: siget.gob.sv, consultado el 20 de enero de 2016

4.3.3 Costo de mantenimiento

El costo de mantenimiento del primer año será de \$250, incrementándose 5% por el número de años de servicio del equipo.

Tabla 30: Costos de mantenimiento anual. Fuente propia

Concepto	Sueldo base (\$)
Mantenimiento/cambio cuchillas	150.00
Pintura	15.00
Fajas	30.00
Lubricantes	35.00
Otros (detergentes, solventes, lijas, etc.)	20.00
Total	250.00

4.4 Ingresos

En este apartado, se refleja la cantidad de efectivo que se recupera de la venta de producto terminado respecto a los 4.8 quintales (480 lb) que se está procesando para el estudio de la máquina extractora de la semilla de marañón, considerando lo siguiente:

- La semilla tiene un rendimiento del 20% de semilla respecto de la nuez o producto terminado.
- Del producto terminado se obtiene el 95% de nuez entera a un precio de venta de US\$6.00 y el resto 5% a precio de US\$3.5.
- El total de días laborados en el mes es de 26.

Tabla 31: Resumen de ingresos mensuales de procesamiento con máquina. Fuente propia.

Cantidad de materia prima: 480lb	lb	Precio unitario	Ingreso
Nuez entera (95%)	91.20	\$6.00	\$ 547.20
Nuez quebrada (5%)	4.80	\$3.50	\$ 16.80
Total diario			\$ 564.00
Total mensual			\$ 14,664.00

4.5 Flujo de efectivo

Teniendo los ingresos por ventas de producto terminado y los costos asociados a la producción, se construye la tabla de flujo de efectivo, el cual consiste en una escala de tiempo que puede ser años, meses, trimestres, semestres, etc. Sobre el cual se coloca cantidades de dinero que pueden representar ingresos y gastos en un proyecto. Para lo cual, hay que auxiliarse de flechas, teniendo en cuenta que si la dirección es hacia afuera de la línea representa un gasto y si es entrando representa un ingreso.

En este caso, se construirá flujo de efectivo para el método que se utiliza actualmente (manual) y para el método mecánico (propuesto), para un año de producción, con una escala de tiempo dividida en meses.

Tabla 32: Flujo de efectivo para el método manual.

Método Manual	Inversión inicial	Mes											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingresos	0.00	14664.00	14664.00	14664.00	14664.00	14664.00	14664.00	14664.00	14664.00	14664.00	14664.00	14664.00	14664.00
Egresos	0.00	1497.60	1497.60	1497.60	1497.60	1497.60	1497.60	1497.60	1497.60	1497.60	1497.60	1497.60	1497.60
Neto	0.00	13166.40	13166.40	13166.40	13166.40	13166.40	13166.40	13166.40	13166.40	13166.40	13166.40	13166.40	13166.40

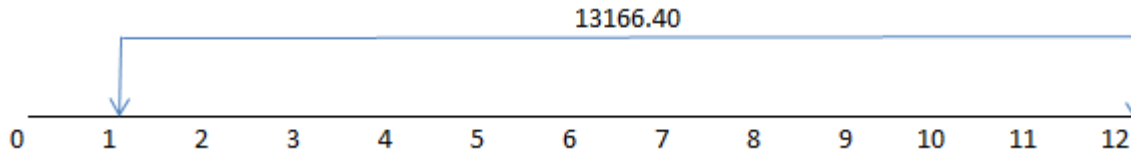


Figura 1: Grafica de flujo de efectivo para el método manual.

Tabla 33: Flujo de efectivo para el método mecánico.

Método Mecánico	Inversión inicial	Mes											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingresos	0.00	14664.00	14664.00	14664.00	14664.00	14664.00	14664.00	14664.00	14664.00	14664.00	14664.00	14664.00	14664.00
Egresos	5485.70	538.63	538.63	538.63	538.63	538.63	538.63	538.63	538.63	538.63	538.63	538.63	538.63
Costo Mtto													250.00
Neto	-5485.70	14125.37	14125.37	14125.37	14125.37	14125.37	14125.37	14125.37	14125.37	14125.37	14125.37	14125.37	13875.37

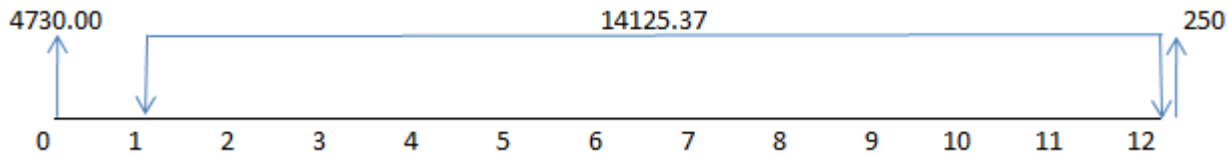


Figura 2: Grafica de flujo de efectivo para el método mecánico.

4.6 Indicadores financieros

Para la evaluación financiera se utilizan ciertos indicadores en base a la inversión necesaria y los beneficios netos que generara la investigación. Entre estos indicadores tenemos la TMAR, VAN, TIR, entre otras.

4.6.1 TMAR

La TMAR para inversionistas está dada por la suma de un porcentaje de inflación considerado de acuerdo al existente en la actualidad, así como a su posible comportamiento futuro (el promedio del periodo en que se evalúa el proyecto) más otro porcentaje como premio al riesgo. Se informó, además, que el país cuenta con bajos niveles de inflación comprendida en el periodo se reporta con un tasa de inflación de 4.75% en el año 2012, 0.87% enero 2013 y 0.85% a enero 2014. La TMAR se puede calcular mediante el uso de la siguiente fórmula:

TMAR = TASA DE INFLACIÓN + PREMIO AL RIESGO; o bien

$$TMAR = I + R + (I * R)$$

La tasa de inflación para el año 2016 se espera que sea de 1.70% y una tasa de premio al riesgo 12%

$$TMAR = 1.70\% + 12\%$$

TMAR = 13.70% → Este dato será utilizado para el análisis de los otros índices.

4.6.2 VAN

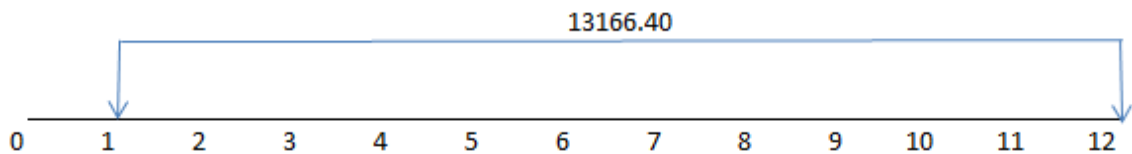
El valor actual neto (VAN) de esta investigación, se define como el valor obtenido en el presente de esta misma. Se elabora para el año de estudio, por separado las entradas y salidas de efectivo que acontecen durante el periodo a una tasa de interés fija determinada. Esta también incluye las inversiones las cuales deben ser tomadas del flujo de efectivo.

El análisis del valor actual neto o valor presente da como parámetro de decisión una comparación entre todos los ingresos y gastos que se han efectuado a través del período de análisis, los traslada hacia el inicio del periodo de estudio (mes cero) y los compara con la inversión inicial del estudio.

El VAN es positivo, la utilidad de la inversión está sobre la tasa de inversión actualizada o de rechazo ($VAN > 0$). El estudio se acepta.

Para la determinación del Valor Actual Neto, se utiliza el diagrama de flujo de efectivo y la tasa de interés, la cual es del 11% anual⁷ (0.917% mensual), obtenido por medio del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) en la banca nacional, el cual se calcula de la siguiente forma:

A: Método manual para extracción de la semilla de marañón.

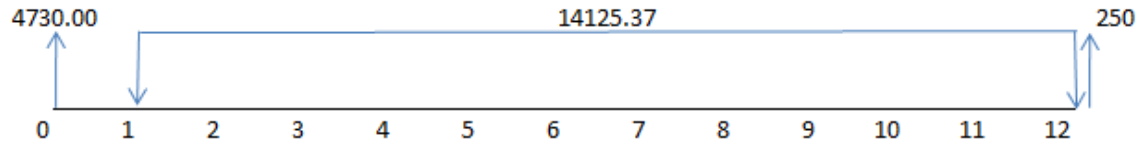


$$VAN = F \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} = 13166.40 \left[\frac{(1+0.00917)^{12} - 1}{0.00917(1+0.00917)^{12}} \right]$$

$$VAN = 148,968.94$$

⁷ Tasa de interés sobre préstamos del sistema financiero.

B: Método mecánico para extracción de la semilla de marañón.

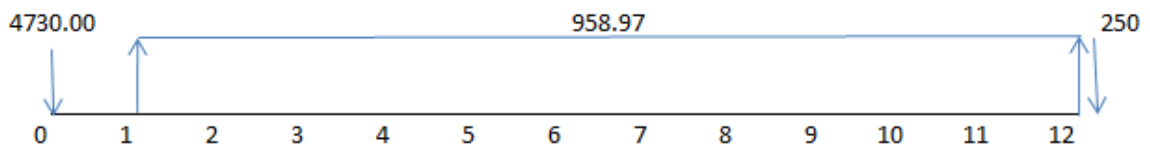


$$VAN = P + F \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} + F \frac{1}{(1+i)^n}$$

$$VAN = -4730 + 14125.37 \left[\frac{(1+0.00917)^{12} - 1}{0.00917(1+0.00917)^{12}} \right] - 250 \left[\frac{1}{(1+0.00917)^{12}} \right]$$

$$VAN = 154,864.98$$

Análisis de inversión extra en el valor actual neto para determinar que alternativa conviene



$$\frac{A}{B} = P + F \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} + F \frac{1}{(1+i)^n}$$

$$\frac{A}{B} = 4730 - 958.97 \left[\frac{(1+0.00917)^{12} - 1}{0.00917(1+0.00917)^{12}} \right] + 250 \left[\frac{1}{(1+0.00917)^{12}} \right]$$

$$\frac{A}{B} = -5,896.04$$

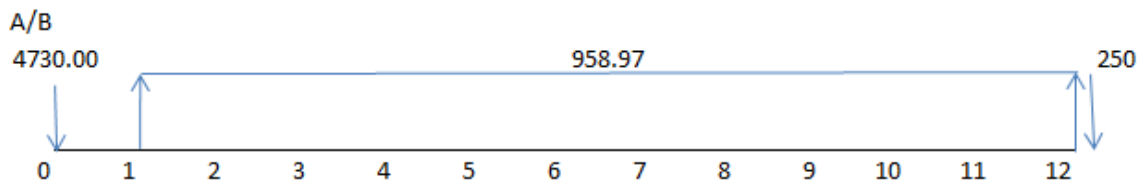
Se recomienda la alternativa B, porque la alternativa A presenta un déficit de US\$5,896.04. Y se logra cubrir la inversión de la máquina con los ahorros utilizando este método.

Donde P es capital en el presente, F es el monto en el futuro, i es la tasa de interés mensual y n es el tiempo en meses.

4.6.3 TIR

La tasa interna de rendimiento, es aquella que iguala el VAN a cero, o es la tasa de interés en la cual quedan reinvertidos los fondos generados en la investigación.

Para el cálculo de la tasa interna de retorno, se puede utilizar la siguiente relación:



Utilizando la función TIR() de Microsoft Excel para calcular la tasa de interés, se tiene que:

$$TIR = 17\%$$

Si $TIR \geq TMAR$, entonces el proyecto se acepta

Si $TIR < TMAR$, entonces el proyecto se rechaza

$$TIR = 17\% \geq 13.70\%$$

La investigación es rentable y es aceptada.

CAPÍTULO V: RESUMEN DE ALTO NIVEL

5.1 Resultados obtenidos

Durante el desarrollo de la presente investigación se realizaron una serie de modificaciones al diseño inicial de la máquina extractora de la semilla de marañón, que se evidenciaron a medida se fue llevando a cabo la construcción y prueba de dicha máquina. En general y en mismo orden que se describe, se encontró con 3 problemas: el corte, la alimentación y la orientación de la semilla para llegar de la alimentación al corte.

En primera instancia, se encontró que la geometría de la cuchilla no realizaba la acción para la cual se diseñó, pero se solucionó con el cambio a bordes afilados en la parte de salida de la semilla.

Luego, la forma que tenía el diseño del dispensador fue ineficiente, este permitía pasar más de una semilla a la vez o la dañaba durante el desalojo de la tolva. Para solucionar dicha problemática, se modificó el rodillo dispensador de cráter a un sistema cadena – cangilón en la alimentación de la semilla una a una; lo que llevo además a cambiar la geometría de la tolva de alimentación.

Por último, se hizo indispensable modificar los inyectores, que son las piezas mecánicas que reciben la semilla de la tolva y la introducen en los transportadores, estas piezas no orientaban las semillas de forma correcta y se padecía de atascos con mucha frecuencia.

Recordando que la dureza y geometría de la semilla son los principales problemas para obtener semillas enteras y de calidad, que al final del proceso productivo hacen subir o bajar el precio del producto terminado; se hace indispensable, al igual que el corte, la distribución y acomodamiento de la semilla desde la tolva de alimentación hasta la herramienta de corte.

Los resultados finales de la construcción de la máquina se muestran en la Figura 49.



Figura 49: Máquina descortezadora de marañón terminada.

La corrección de los puntos anteriores, llevo a que el producto de salida de la máquina extractora de la nuez de marañón tenga una excelente calidad, sin requerir de un gran esfuerzo para su obtención. Los datos de producción en el laboratorio de trabajo se presentan en la tabla 34 y los resultados obtenidos se muestran en la Figura 50.

Tabla 34: Datos de producción del dispositivo extractor de la nuez de marañón.

t (min)	Producción (lb)	Producción (kg)	Capacidad (kg/min)
1	0.61	0.28	0.28
2	1.22	0.55	0.28
3	1.90	0.86	0.29
4	2.44	1.11	0.28
5	3.10	1.41	0.28
10	6.15	2.80	0.28
15	9.30	4.23	0.28
20	12.35	5.61	0.28
30	18.50	8.41	0.28
60	36.60	16.64	0.28
120	73.20	33.27	0.28
180	109.80	49.91	0.28



a)



b)

Figura 50: Resultados obtenidos en el laboratorio, a) Nuez entera, y b) Nuez quebrada y mitad.

5.2 Conclusiones

En general, la construcción de una maquina descortezadora de la semilla de marañón es viable y factible. El país cuenta con los materiales, herramientas necesarias y mano de obra necesaria para su construcción.

En términos económicos, se espera bajo las condiciones de operación descritas en el capítulo 4, una reducción en costos de operación de 63.8%. La inversión inicial de adquisición del equipo se recuperaría en 5 meses aproximadamente, excluyendo los costes de diseño.

En términos operativos, la maquina tiene un eficiencia de 75%. Limitado por el numero de maquinado que se realizó durante la construcción, además del estado y tamaño de las semillas, hay momentos en los cuales las semillas son de tierras muy fértiles se genera atascamiento en la parte de corte, es decir libera aceite y se hace necesario limpiar las cuchillas; en otro caso es necesario tamizar las semillas para tener el estándar de corte de la máquina.

Para finalizar, es importante observar la necesidad de información de los materiales que se pueden encontrar fácilmente en el mercado para dentro de ellos, elegir uno que pueda desempeñar la función necesaria, además que es importante conocer qué mecanismos existen en diversas máquinas y como funciona cada uno, para que dentro de esa base el diseño de un mecanismo nuevo sea más fácil o inclusive sea la adaptación o mejora de algunos ya existentes.

5.3 Recomendaciones

Haciendo mejoras del sistema, se puede mejorar la eficiencia de la máquina, puesto que hay una base de la cual partir, respecto de la alimentación, acomodamiento y corte de la semilla de marañón.

La alimentación se puede mejorar utilizando diferente configuración de los cangilones de recolección de la semilla de marañón, para que esta no pivotee garantizando de esta manera que los cangilones siempre recolectaran una semilla, cada uno. Esto aumentaría la producción, ya de que siempre estaría cargada de producto.

El acomodamiento se refiere al traslado entre la tolva y los distribuidores, específicamente los inyectores, en el diseño que se tiene muchas veces se genera atascamiento, dando lugares a paros de la máquina.

El corte se puede mejorar, cambiando la profundidad y forma de los transportadores, para una mejor carrera de la semilla a través del carril se recomienda maquinar el carril en forma de V. además, las cuchillas necesitan tener un filo más profundo y agregar una sección de apertura soldado al cuerpo de esta. Por último, se recomienda utilizar un solo regular más robusto en el centro de acción de la cuchilla

Al término de la jornada laboral, se recomienda limpiar el equipo para que no haya corrosión ni acumulación de residuos sólidos en las piezas de corte. Lo que implica la fabricación de una herramienta de limpieza.

GLOSARIO

Aditamento: pieza metálica diseñada para unir un eslabón de cadena de rodillos con pletinas mediante tornillos.

Cadena de rodillos: conjunto de piezas metálicas iguales y articuladas entre sí que forman un circuito cerrado diseñado para transmitir movimiento de arrastre de fuerza entre ruedas dentadas.

Cangilón: pieza de carga de los sistemas para transporte vertical de material a granel, en otras palabras, recipiente usado para el transporte de las semillas de marañón como complemento de un ingenio motriz. Fabricados en metales, pudiendo estos ser fabricados en plástico.

Chumacera (horquilla): cojinete montado sobre una pieza de metal (pudiendo ser además de madera o plástico) que se utiliza para dar apoyo a un eje de rotación.

Cojinete: Elementos mecánicos que permiten el libre movimiento entre piezas fijas y móviles.

Concentrador de Esfuerzo: Se dan cuando existe cambios de sección en un elemento, debido a estos cambios, se realiza un suavizado en la sección.

Cuchilla: Pieza metálica acerada de un solo corte con la cual son cortadas las semillas.

Cuñero: pieza de acero que reposan parcialmente sobre una encajadura del eje llamada caja de cuña, y que penetran el resto de su longitud dentro de un alojamiento del cubo llamada cuñera. Se utilizan para fijar al eje partes de máquinas, tales como engranes, poleas, manubrios o brazos de cigüeñal etc. De tal forma que el movimiento de la pieza se transmita al eje o viceversa.

Banda: elemento flexible de máquinas para la transmisión de potencia entre dos ejes rotativos.

Distribuidor: mecanismo compuesto por tolva, ejes, rodamientos, piñones y cadena – cangilones, encargado de alimentar los inyectores con materia prima (semilla de marañón).

Inyección: introducción de un fluido, un cuerpo u objeto dentro de otro cuerpo o en una cavidad.

Motor eléctrico: dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía mecánica por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas.

Piñón (Catarina): Rueda dentada encargada de transmitir la potencia, a través de elementos como cadenas.

Pletina: Pieza metálica (generalmente fabricadas de acero), encargadas de trasladar las semillas de un punto a otro.

Polea: rueda que tiene el perímetro exterior diseñado especialmente para facilitar el contacto con cuerdas o correas.

Reductor de velocidad: dispositivo mecánico, compuesto por engranes dispuestos en una caja metálica, diseñado para reducir la velocidad angular de un eje, aumentando al mismo tiempo el par transmitido.

Tolva: deposito en forma de cono invertido, abierto de la parte superior, en cuyo interior se vierte la materia prima (semilla de marañón) para que sea arrastrada por el distribuidor una a una hasta el inyector.

Transportador (porta cuchilla): conjunto de piezas metálicas (Acero Inoxidable), encargadas de orientar a través de un riel y cortar mediante cuchillas fijas las semillas de marañón.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agronegocios, 2001. Ministerio de Agricultura y Ganadería. (MAG) (En línea). El Salvador. Consultado 25 de Mayo de 2008. Disponible en: <http://www.agronegocios.com.sv>

Avilán, L.; Leal, F y Bautista, D. 1989. Manual de fruticultura. Ed., América CA. Chacaíto, Caracas, Venezuela. Pp. 167-171.

Azam-Ali S., 2000. Small-scale cashew nut processing. Consultado el 15 de Mayo de 2015. Disponible en: http://ieham.org/html/docs/Small-scale_Cashew_Nut_Processing.pdf

Barba, R, Montenegro, H., 1971. El cultivo de marañón en El Salvador, Agricultura de El Salvador, Ed. Ministerio de Agricultura y ganadería (MAG). Vol. II. Santa Tecla, La Libertad. Pp. 36-37.

Budynas, R., Keith, J., 2008. Diseño en ingeniería mecánica de Shigley (8ª Ed.). México: McGraw-Hill Interamericana.

Cajunor, 2010. El cultivo del anacardo. (En línea). Consultado 25 de abril de 2015. http://www.cajunor.com.br/noticia_detalhe.php?id=21

Cengel, A., Boles, M., 2009. Termodinámica (6ª Ed.). España: McGraw-Hill Interamericana.

Cortez Baños, C., Hernández Mejía, L. E. y Monge Alemán, J. E., 2009. Diseño de una propuesta para incrementar la productividad de la planta procesadora de semilla de marañón orgánico de la Asociación de Productores Agroindustriales Orgánicos de El Salvador (APRAINORES). Tesis de grado no publicada, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Francisco Gavidia.

Coto Amaya, OM. 2003. Guía técnica del cultivo de marañón. CENTA. MAG. Guía técnica N° 11, La Libertad, Santa Tecla. Pp. 8-18

DIAZ, JA. 2002. Sondeo del mercado internacional del marañón (*Anacardium occidentale*), instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia. 32p.

Galdámez Cáceres, Antonio, 2004. Guía Técnica Del Cultivo Del Marañón. Programa Nacional de Frutas de El Salvador: Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Gattoni, LA; Baires, JG Y Castillo, DA. 1961. El marañón: una explotación apropiada para El Salvador. DGIA, MAG. Circular N° 71. Pp. 4-7, 10-12.

Guardado G., Oscar Eduardo, 2015. Procesamiento artesanal de la semilla de marañón, Abril, Chalatenango.

Hernández Ochoa, Nina Samaria, 2007. Evaluación de tres tiempos de horneado de la nuez de marañón (*Anacardium occidentale* L.) de la Cooperativa “La Sureñita”. Tesis de grado no publicada, Choluteca, Honduras.

INFOAGRO, 2008. El cultivo del anacardo. (En línea). Consultado 25 de mayo de 2015. Disponible en:

http://www.infoagro.com/frutas/frutos_secos/anacardo.htm

Portillo Surio, Daniel Augusto y Corpeño Cruz, David Orlando, 1982. Tecnificación de la extracción del aceite de la cascara de la nuez del marañón en El Salvador. Tesis de grado no publicada, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de El Salvador.

Shery Robert. W., 1976. Plantas útiles al hombre. Botánica económica. Barcelona, España. Salvat. Pp. 549-550.

ANEXOS

Anexo A: Categorías para almendra

Designación	Nombre Comercial	Color/Características	Tamaño (unid/libra)	Hum. Max%	Max. Partido%	NLSGNLG* Max%
W-240	Blancas enteras (White holes)	Blanca/marfil claro/ceniza claro, forma característica	220-240	5	5	5 (NLSG&SW)
W-320	Blancas enteras (White Wholes)	Blanca/marfil claro/ceniza claro, forma característica	300-320	5	5	5 (NLSG & SW)
W-450	Blancas enteras (White Wholes)	Blanca/marfil claro/ceniza claro, forma característica	400-450	5	5	5 (NLSG & SW)
SW-320	Doradas enteras (Scorched Wholes)	Pueden estar doradas/ligeramente oscuras, debido al sobrecalentamiento durante el tostado o secado	300-320	5	5	7.5 (NLSG & SSW)
SW-450	Doradas enteras (Scorched Wholes)	Pueden estar doradas/ligeramente oscuras, debido al sobrecalentamiento durante el tostado o secado	400-450	5	5	7.5 (NLSG & SSW together)
SSW	Doradas enteras segunda (Scorched Wholes Seconds)	Sobre doradas, inmaduras, arrugadas, moteadas, de coloradas y azul claro	N.A	5	5	7.5 (DW)
FS	Fancy partidas (Splits)	Blanca, marfil o ceniza clara. Partidas longitudinalmente (natural)	N.A	5	5	5 (SS)
FB	Fancy Pedazos (Fancy Butts)	Blanca/marfil claro o ceniza claro. Rotas transversalmente, naturalmente unidas.	N.A	5	5	5 (SB)
SS	Doradas partidas (Scorched Splits)	Partidas longitudinalmente, pueden estar doradas/ligeramente oscuras, por sobrecalentamiento durante el tostado o secado	N.A	5	5	7.5 (DS)

SB	Scorched Butts	Rotas transversalmente naturalmente unidas. Pueden estar doradas/ligeramente oscuras por sobrecalentamiento durante el tostado o secado	N.A	5	5	7.5 (DB)
LWP	Pedazos grandes blancos (Large White Pieces)	Blanca/marfil o ceniza claro.	Almendras rotasen más de dos pedazos. 4.75mm	5	N A	5 (SW & SP)
SP	Pedazos dorados (Scorched Pieces)	Pueden estar doradas/ligeramente oscuras, por sobrecalentamiento durante el tostado O secado	4.75mm	5	N A	7.5 (SSP & SPS)
SPS	Pedazos dorados segunda (Scorched Pieces Seconds)	Sobredoradas, inmaduras, arrugadas, moteadas, de coloradas y azul claro	Rotasen pedazos 4.75 mm	5	N A	7.5 (DP & DSP)
SWP	Pedazos pequeños blancos (Small White Pieces)	Blanca/marfil claro o ceniza claro	Rotas menores que LWP. 2.80 mm	5	N A	5 (BB & SSP)
SSP	Pedazos pequeños dorados (Scorched Small Pieces)	Pueden estar doradas/ligeramente oscuras, por sobrecalentamiento durante el tostado o secado	Pedazos menores que SP. 2.80mm	5	N A	5 (DSP)
BB	Baby Bits	Blanca/marfil claro o ceniza claro	Rotas menores que SWP 1.70 mm	5	N A	1% (polvo marañón)

NLSG=Next lower size grade-siguiente tamaño inferior; NLG=Next lower grade-siguiente tipo inferior; DW=Dessert Wholes-Enteras inferiores; DS=Dessert Splits-Mitades inferiores; DB=Dessert Butts-Partidas inferiores; DSP=Dessert Small Pieces-Pedazos pequeños inferiores; DP=Dessert Pieces-Pedazos inferiores.

Tabla 35: Especificaciones de categorías para almendra. Fuente: www.cashewindia.com.

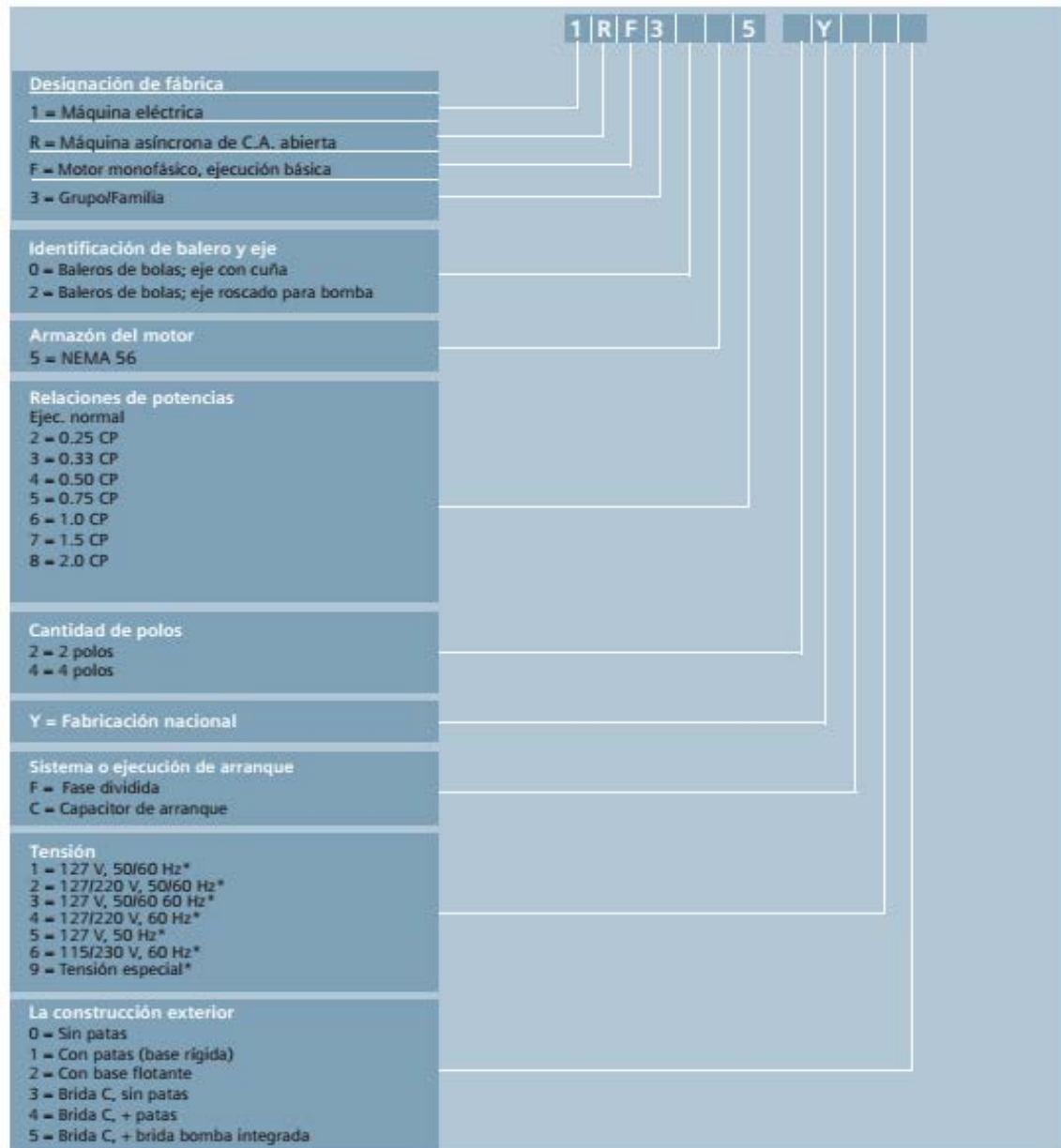
Anexo B: Formato para el registro de enfermedades del personal

Registro de enfermedades del personal								
Fecha	Nombre	Puesto	Respiratoria	Herida	Intersticial	Otra	Acción tomada	Responsable

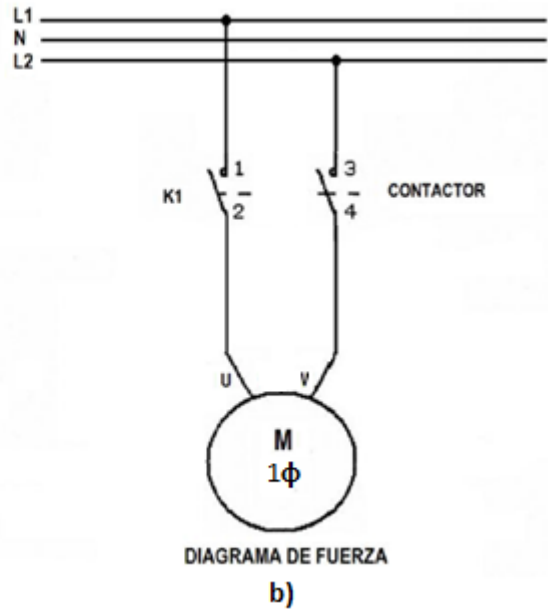
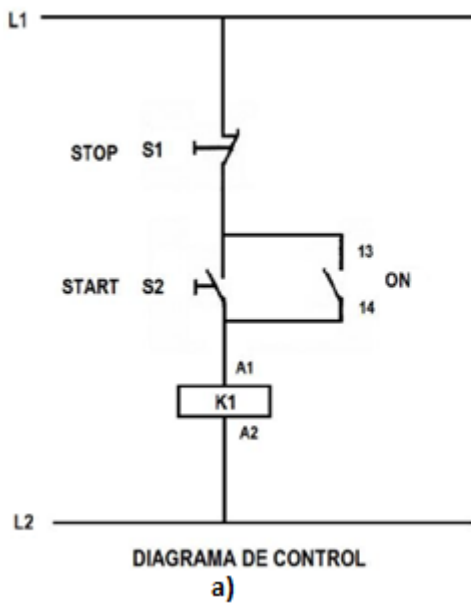
Anexo C: Formato de supervisión diaria de higiene del personal

Supervisión diaria de higiene del personal											
Fecha:	Responsable:					1: cumple disposición			0: No cumple disposición		
Nombre	Gabacha	Zapatos	Cabello	Mascarillas	Uñas	Manos al inicio	Manos al final	Joyas	Golosinas	Heridas	Total

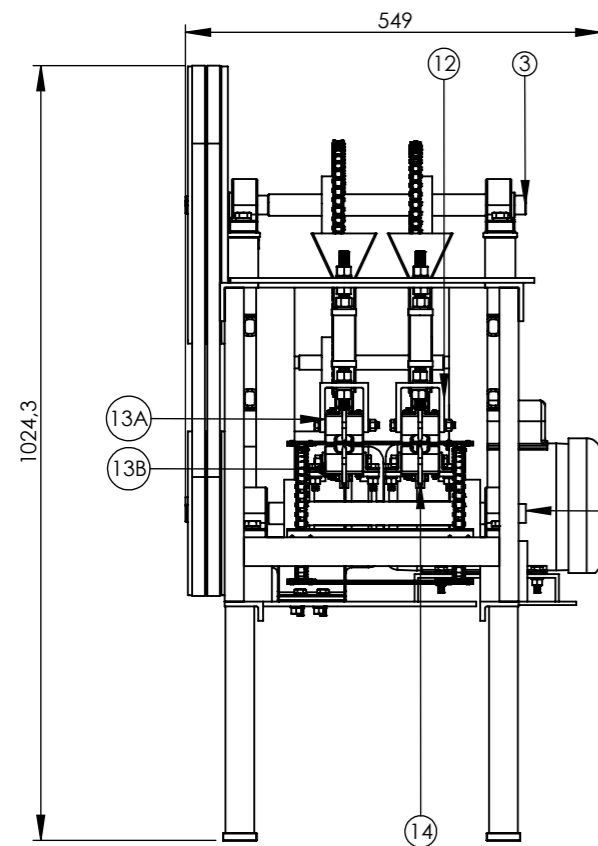
Anexo D: Selección de motores tipo 1RF3 NEMA 56



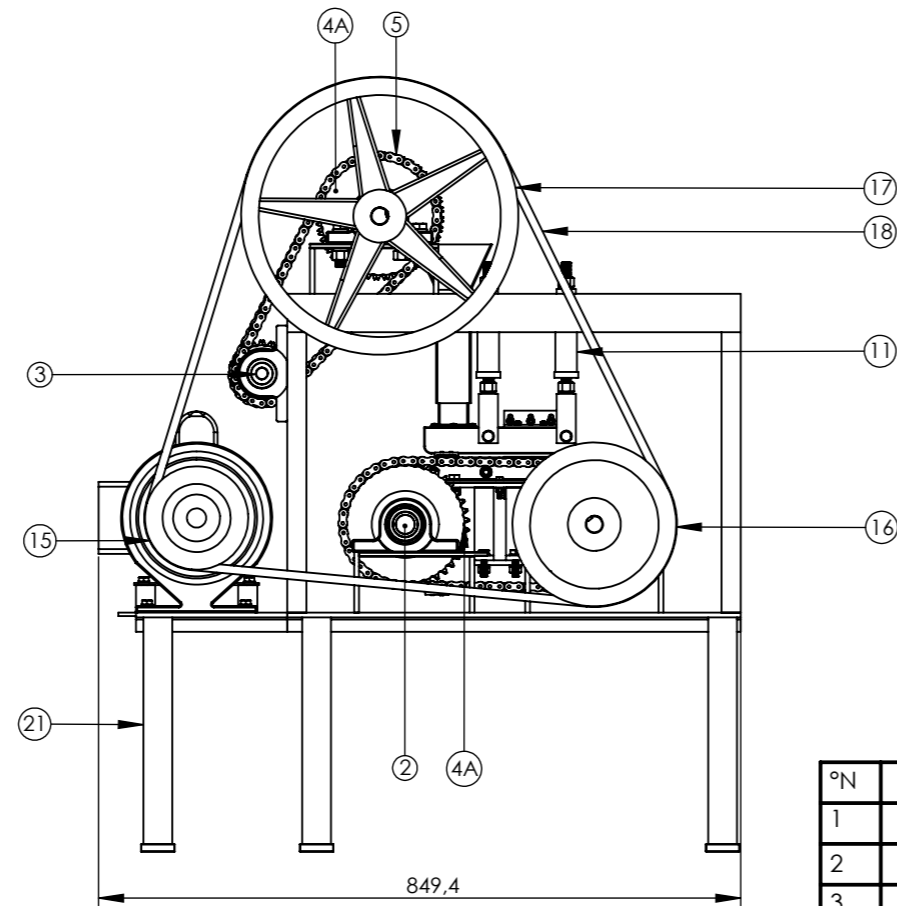
Anexo E: Diagrama eléctrico del equipo extractor de la nuez de marañón



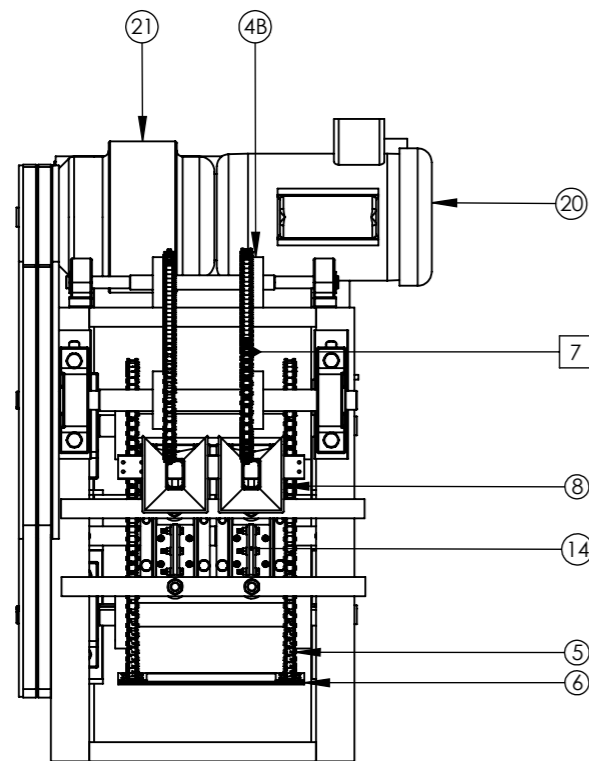
Anexo F: Planos constructivos



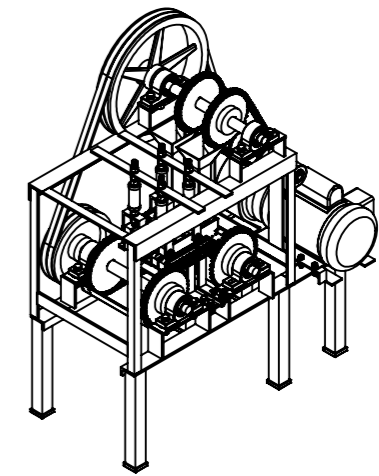
VISTA FRONTAL (ALZADO)



VISTA LATERAL IZQUIERDA



VISTA SUPERIOR (PLANTA)



Isométrico
Escala 1:20

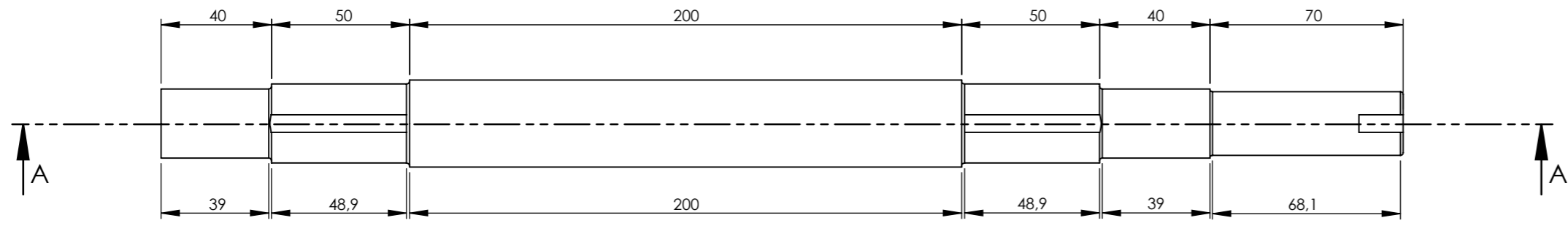
°N	ELEMENTO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	Eje principal	1	Acero AISI 1045
2	Eje secundario	1	Acero AISI 1045
3	Ejes del distribuidor	2	Acero AISI 1045
4	Piñones A,B	A=6 B=2	Acero C45, paso 0,5 de 40-20 dientes
5	Cadena ANSI 40	16 pies	Cadena ANSI 40, paso 0.5 pulg
6	Platina transportadora	3	Acero AISI 304 o 304L
7	Distribuidor	1	Alimentacion
8	Inyector	2	Lamina galvanizada
9	Tolva	1	Lamina de acero (no incluida)
10	Soporte de tolva	2	Acero AISI 1020 (no incluido)
11	Regulador	4	Acero AISI 1045
12	Soporte del regulador	4	Acero AISI 1020 o AISI 1045
13	Transportador A y B	A=2 y B=2	Acero AISI 304 o 430
14	Cuchillas	4	Acero Duplex AISI 2205 o AISI 304
15	Polea conductora (P1)	1 (Diámetro de 3 a 4 pulg)	Hierro Fundido o aluminio de 2 canales
16	Polea conducida (P2)	1 (Diámetro 7 pulg)	Hierro Fundido o aluminio de 2 canales
17	Polea conducida (P3)	1 (Diámetro 14 pulg)	Hierro Fundido o aluminio de 2 canales
18	Banda en V, tipo B	2	Longitud de 93 , Ancho de 5/8 o 21/32 pulg
19	Reductor de velocidad	1	Cyclo
20	Motor Eléctrico	1	weg Modelo: 00118OS1P56, Norma NEMA 56
21	Soportes	6	Acero AISI 1045

	Apellidos	Nombres	Firmas
Dibujado	Gómez Gómez	Br. Jacobo de Jesús	
	Herrera Navarro	Br. Jaime Alejandro	
	Alvarado Quijada	Br. José Porfirio	
Comprobado	Torres Ríos Lazo	Ms.c. Ing. Gustavo Salomón	

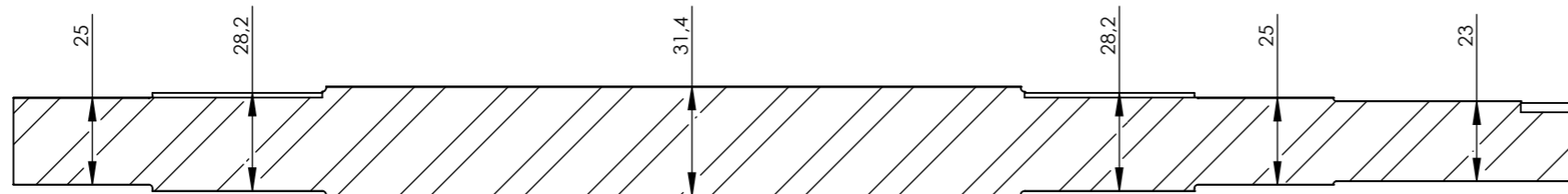
Universidad de El Salvador
Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Escuela de Ingeniería Mecánica

Escala 1:10	DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DE UN DISPOSITIVO EXTRACTOR DE LA NUEZ DE MARAÑÓN	TBM - 115
Cotas en mm	EQUIPO DESCORTEZADOR DE LA NUEZ DE MARAÑÓN	Plano 1/9

NORMA DEL PLANO ISO E



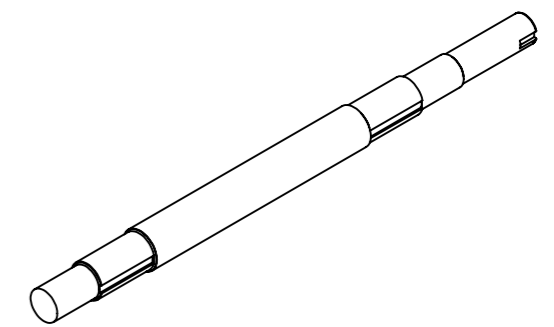
VISTA LATERAL DERECHA



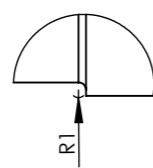
SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 2



VISTA LATERAL DERECHA



Isométrico
Escala 1:5

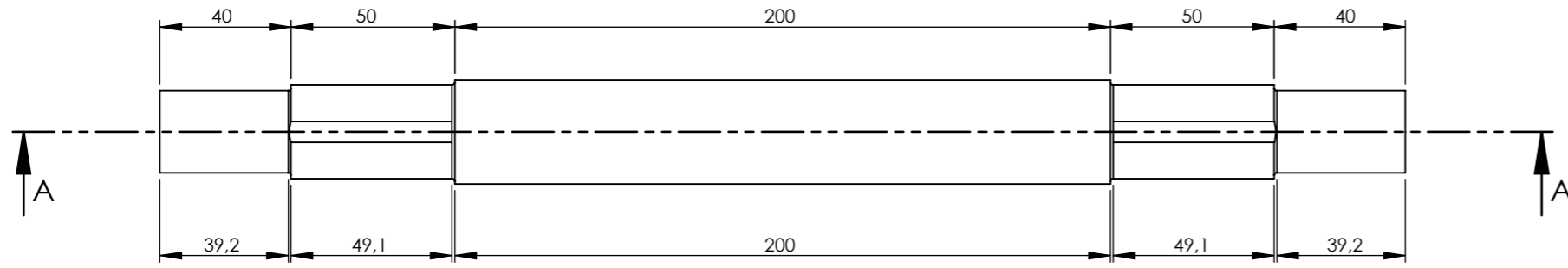


DETALLE A
ESCALA 1 : 1

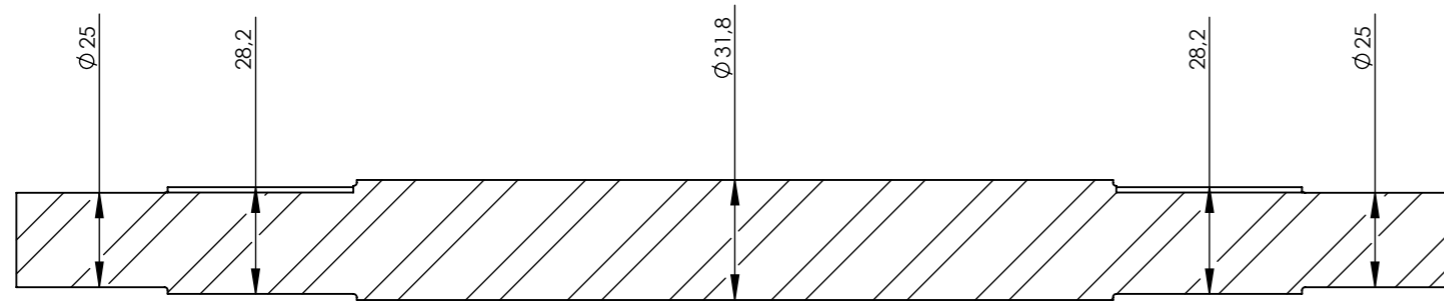
Material: Acero AISI 1045

Los cuñeros son de 1/4" = 6.35mm normalizados, norma ANSI para piñones y las polea.
Los radios de acuerdo son de 1mm.

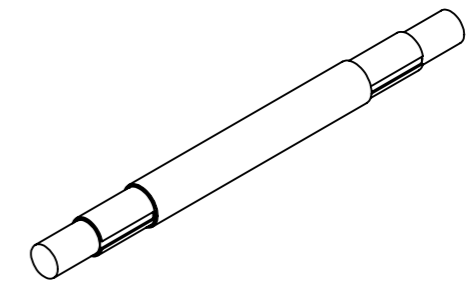
	Apellidos	Nombres	Firmas	
Dibujado	Gómez Gómez	Br. Jacobo de Jesús		Universidad de El Salvador Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela de Ingeniería Mecánica
	Herrera Navarro	Br. Jaime Alejandro		
	Alvarado Quijada	Br. José Porfirio		
Comprobado	Torres Ríos Lazo	M.sc. Ing. Gustavo Salomón		
Escala 1:2	DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DE UN DISPOSITIVO EXTRACTOR DE LA NUEZ DE MARAÑÓN			TBM -115
Cotas en mm	EJE PRINCIPAL (MAQUINA)			Plano 2/9, Cantidad: 1



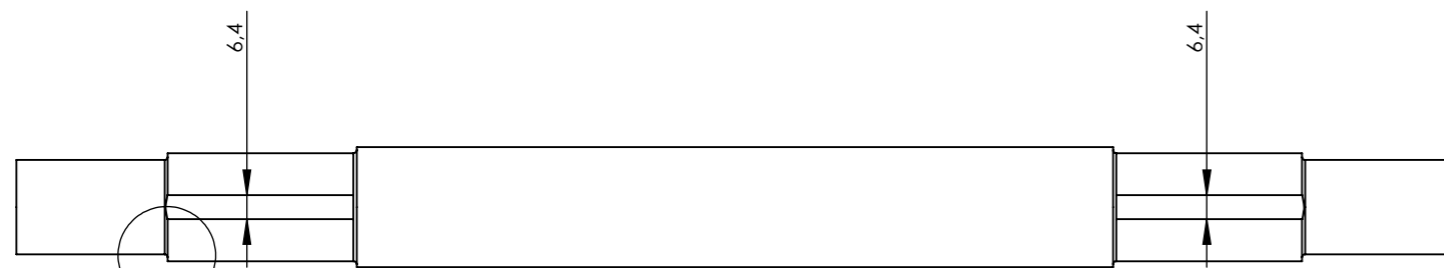
VISTA LATERAL DERECHA



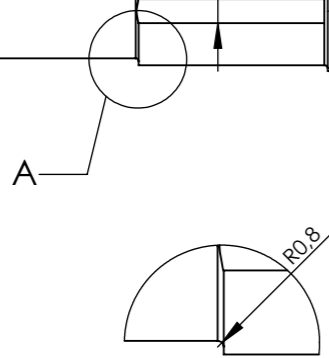
SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 2



ISOMÉTRICO
ESCALA 1:5



VISTA LATERAL DERECHA

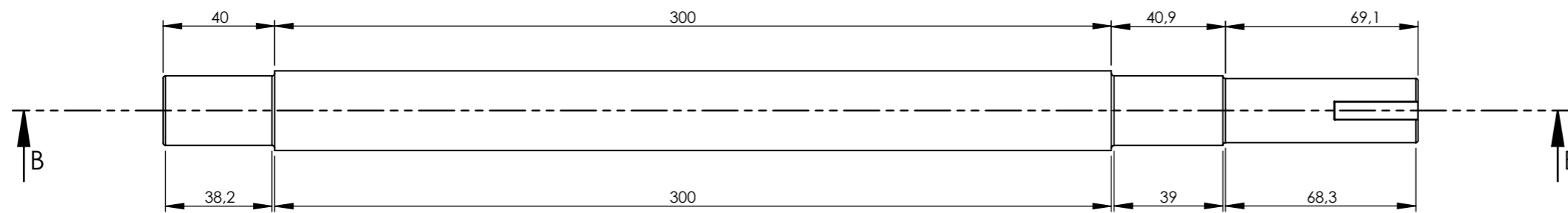


DETALLE A
ESCALA 1 : 1

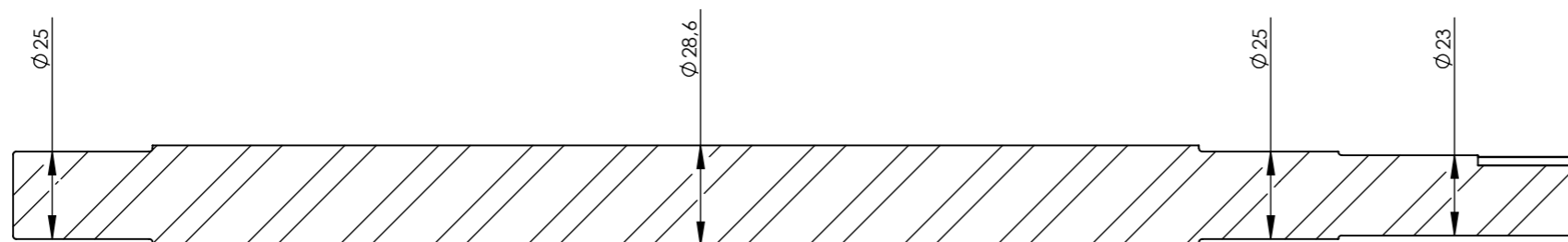
Material: Acero 1045
Estado: Rectificado

	Apellidos	Nombres	Firmas	
Dibujado	Gómez Gómez	Br. Jacobo de Jesús		Universidad de El Salvador Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela de Ingeniería Mecánica
	Herrera Navarro	Br. Jaime Alejandro		
	Alvarado Quijada	Br. José Porfirio		
Comprobado	Torres Ríos Lazo	M.sc. Ing. Gustavo Salomón		
Escala 1:2	DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DE UN DISPOSITIVO EXTRACTOR DE LA NUEZ DE MARAÑÓN			TBM -115
Cotas en mm	EJE SECUNDARIO (MÁQUINA)			Plano 3/9 ,Cantidad: 1

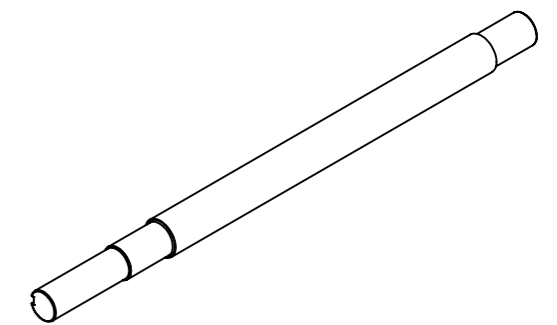
Los cuñeros son de 1/4= 6.35mm x 4mm normalizados, norma ANSI para piñones.
Los radios de acuerdo son de 0.8 a 1mm.



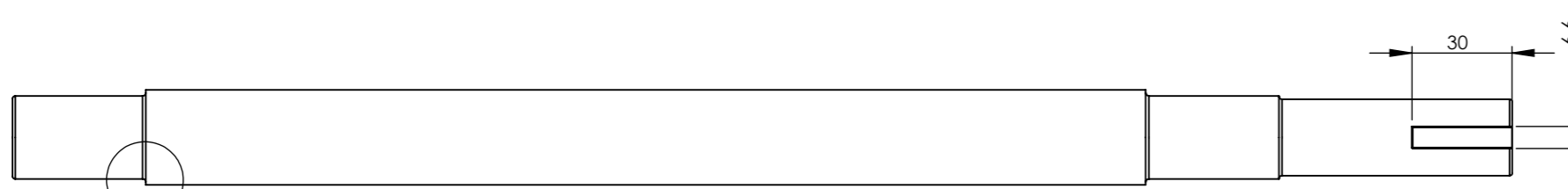
VISTA LATERAL IZQUIERDA



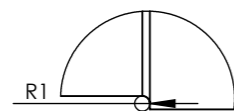
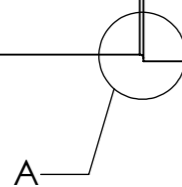
SECCIÓN B-B
ESCALA 1 : 2



ISOMÉTRICO
ESCALA 1:5



VISTA LATERAL IZQUIERDA



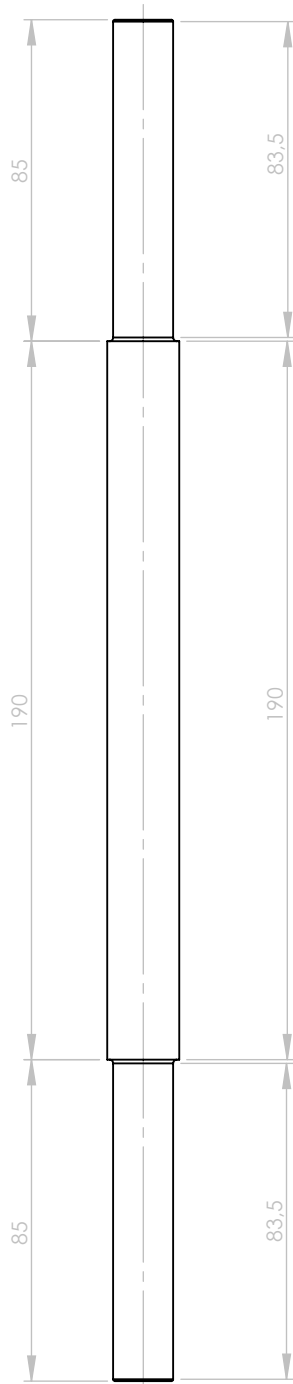
DETALLE A
ESCALA 1 : 1

Material: Acero AISI 1045
Estado: rectificado

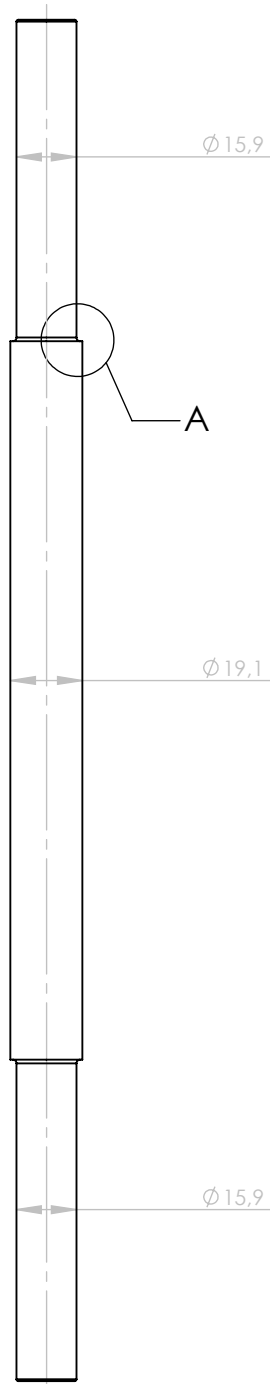
Los cuñero es de 1/4= 6.35mm x 4mm normalizados, norma ANSI para la polea.
Los radios de acuerdo son de 1mm

	Apellidos	Nombres	Firmas	
Dibujado	Gómez Gómez	Br. Jacobo de Jesús		Universidad de El Salvador Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela de Ingeniería Mecánica
	Herrera Navarro	Br. Jaime Alejandro		
	Alvarado Quijada	Br. José Porfirio		
Comprobado	Torres Ríos Lazo	M.sc. Ing. Gustavo Salomón		
Escala 1:2 Cotas en mm	DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DE UN DISPOSITIVO EXTRACTOR DE LA NUEZ DE MARAÑÓN			TBM-115
	EJE DEL DISTRIBUIDOR (MÁQUINA)			Plano 4/9, Cantidad 1

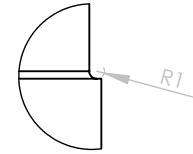
No posee cuñeros.
Los radios de acuerdo son de 1mm



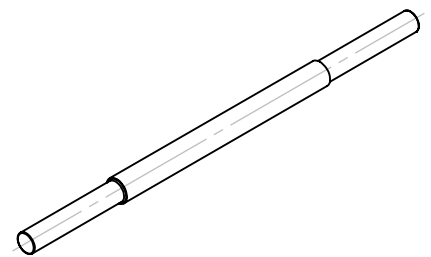
VISTA SUPERIOR (PLANTA)



VISTA SUPERIOR (PLANTA)



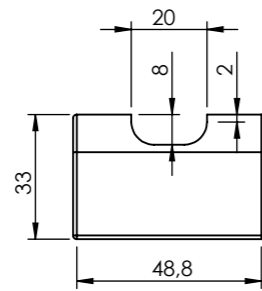
DETALLE A
ESCALA 1 : 1



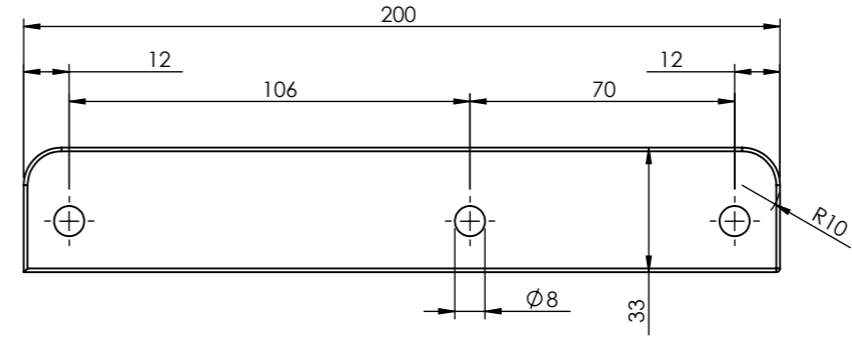
ISOMÉTRICO
ESCALA 1:5

Material: Acero AISI1045

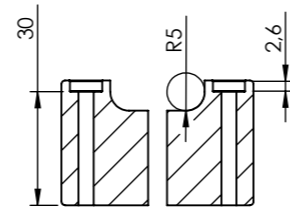
	Apellidos	Nombres	Firmas	Universidad de El Salvador Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela de Ingeniería Mecánica
Dibujado	Gómez Gómez	Br. Jacobo de Jesús		
	Herrera Navarro	Br. Jaime Alejandro		
	Alvarado Quijada	Br. José Porfirio		
Comprobado	Torres Ríos Lazo	M.sc. Ing. Gustavo Salomón		
Escala 1:2	DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DE UN DISPOSITIVO EXTRACTOR DE LA NUEZ DE MARAÑÓN			TBM-115
Cotas en mm	DISEÑO DE EJE SECUNDARIO (DISTRIBUCIÓN).			Plano 5/9 , Cantidad:1



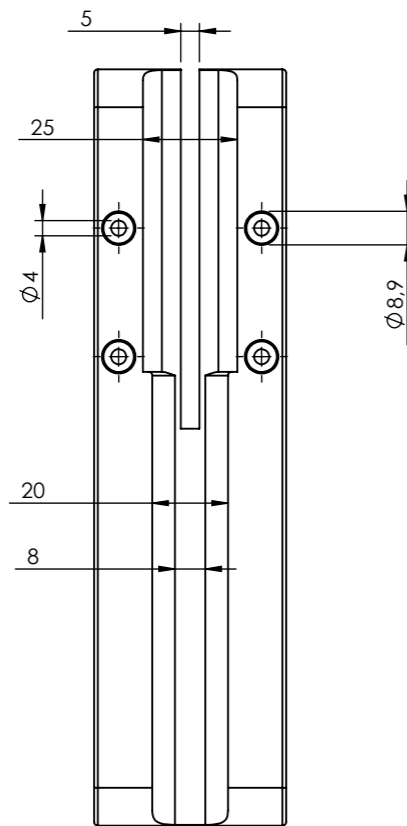
VISTA FRONTAL (ALZADO)



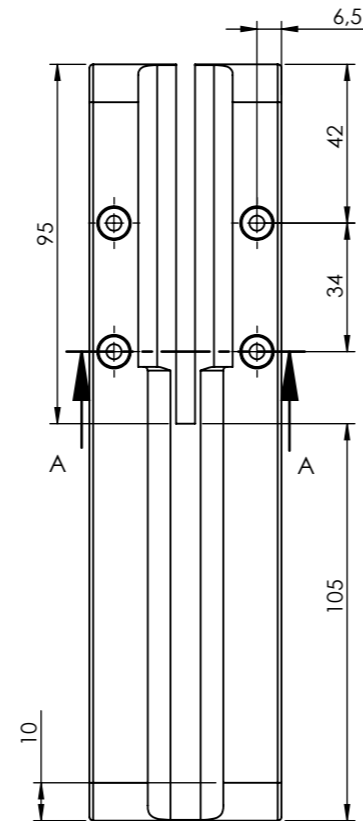
VISTA LATERAL IZQUIERDA



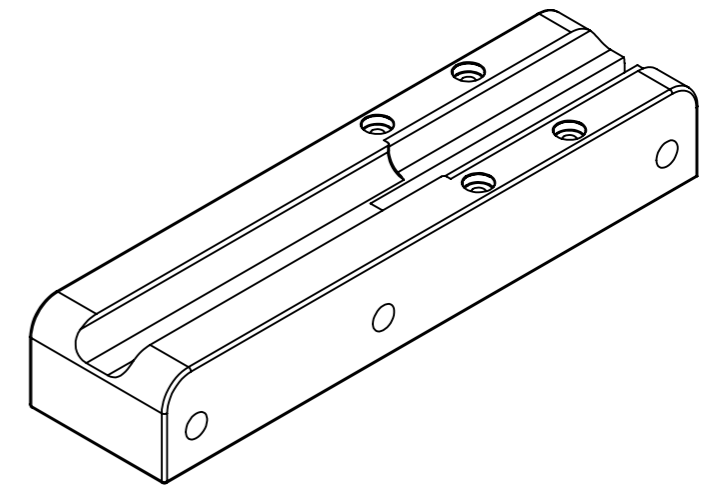
SECCIÓN A-A



VISTA SUPERIOR (PLANTA)



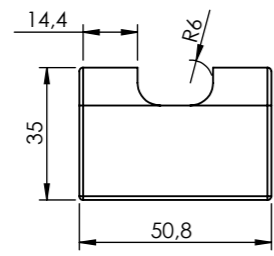
VISTA SUPERIOR (PLANTA)



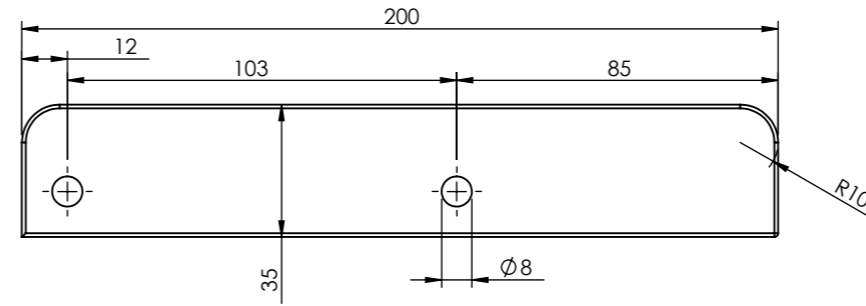
ISOMÉTRICO
ESCALA 1:2

Material: Acero AISI 1045

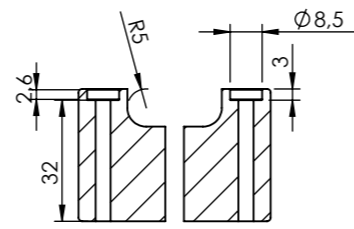
	Apellidos	Nombres	Firmas	
Dibujado	Gómez Gómez	Br. Jacobo de Jesús		Universidad de El Salvador Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela de Ingeniería Mecánica
	Herrera Navarro	Br. Jaime Alejandro		
	Alvarado Quijada	Br. José Porfirio		
Comprobado	Torres Ríos Lazo	M.sc. Ing. Gustavo Salomón		
Escala 1:2	DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DE UN DISPOSITIVO EXTRACTOR DE LA NUEZ DE MARAÑÓN			TBM -115
Cotas en mm	TRANSPORTADOR PRIMARIO			Plano 6/9, Cantidad: 2



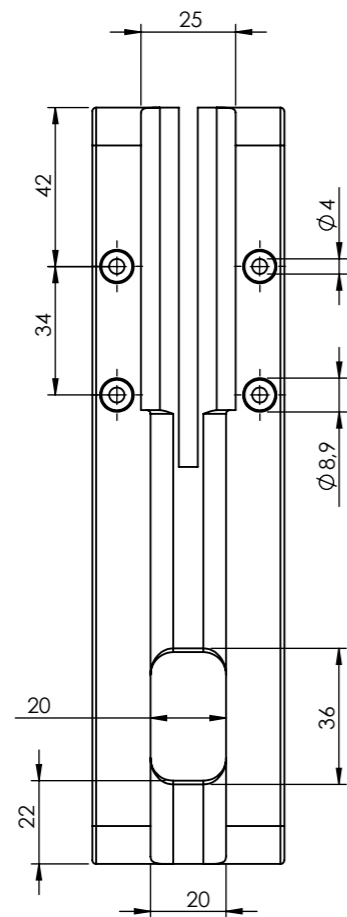
VISTA FRONTAL (ALZADO)



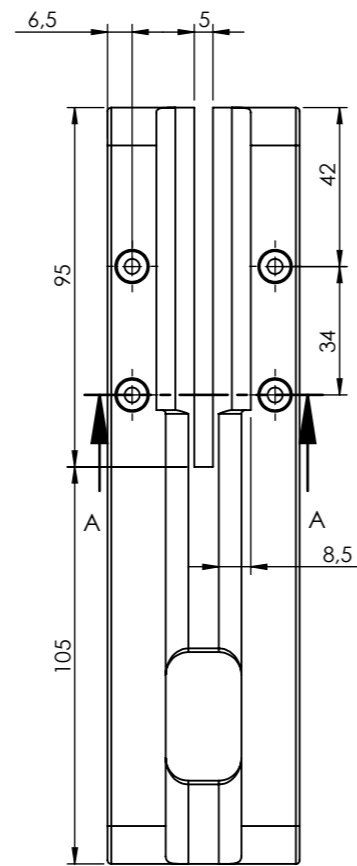
VISTA LATERAL IZQUIERDA



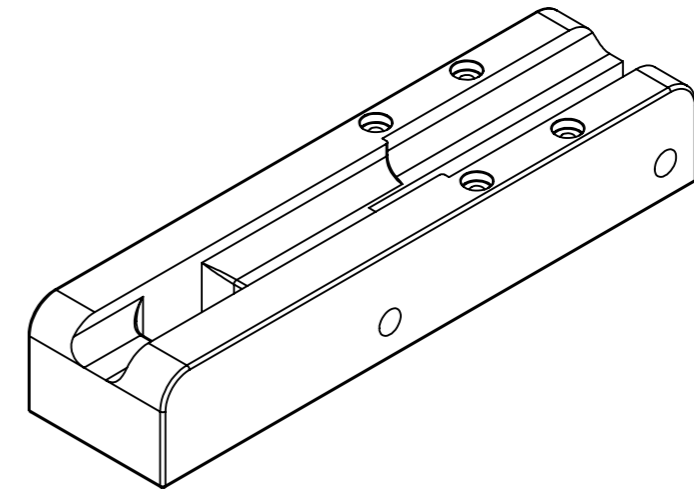
SECCIÓN A-A



VISTA SUPERIOR (PLANTA)



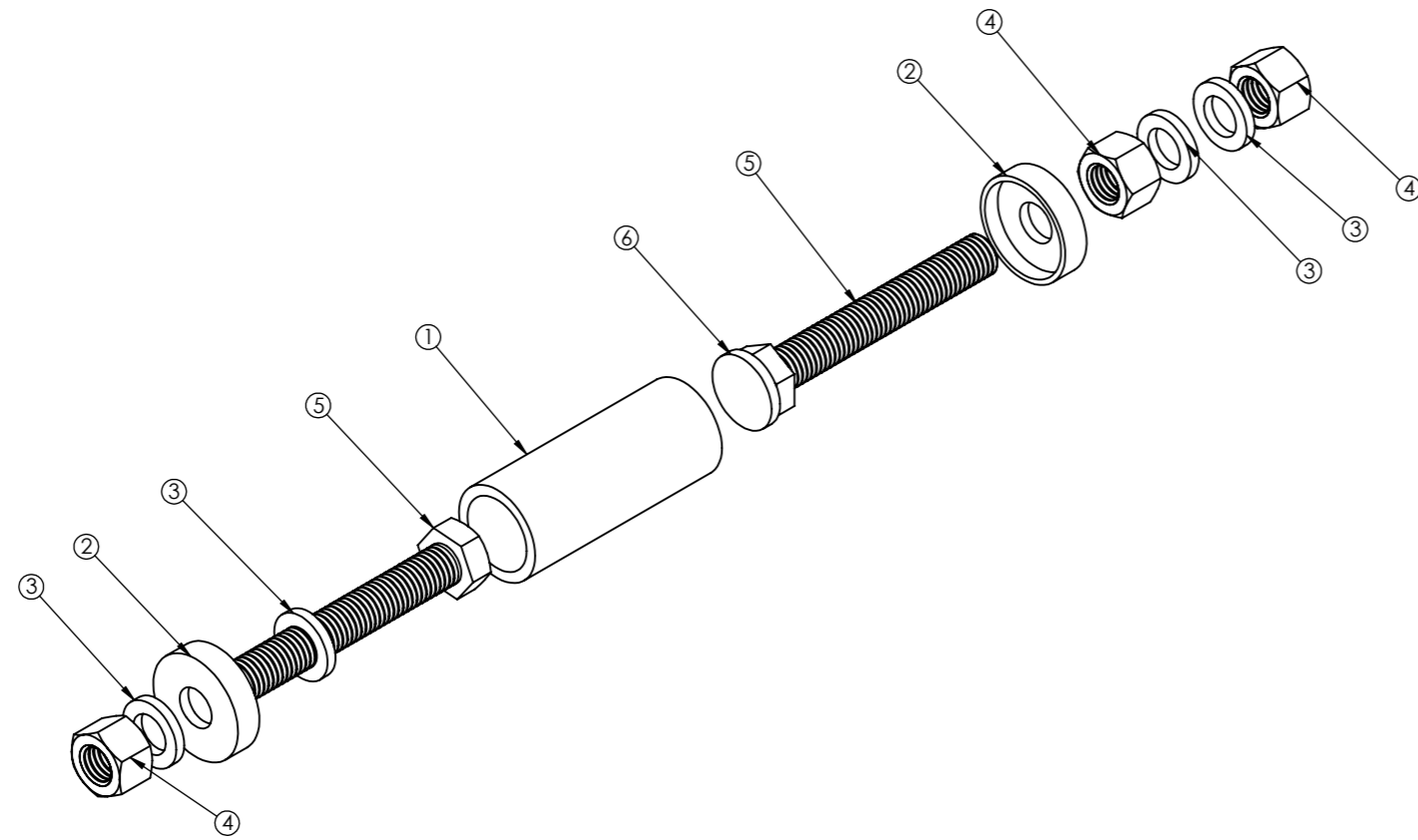
VISTA SUPERIOR (PLANTA)



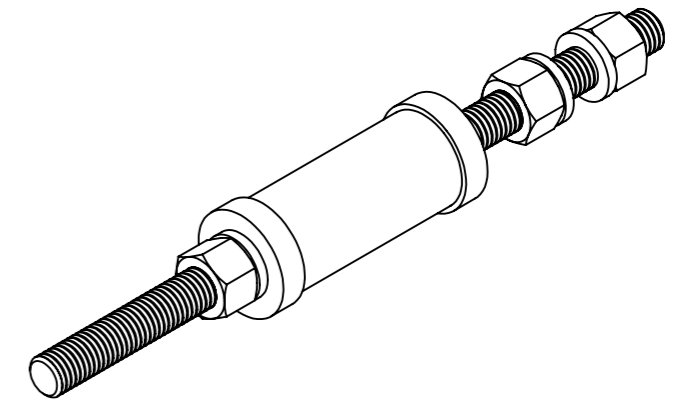
ISOMÉTRICO
ESCALA 1:2

Material: Acero AISI 1045

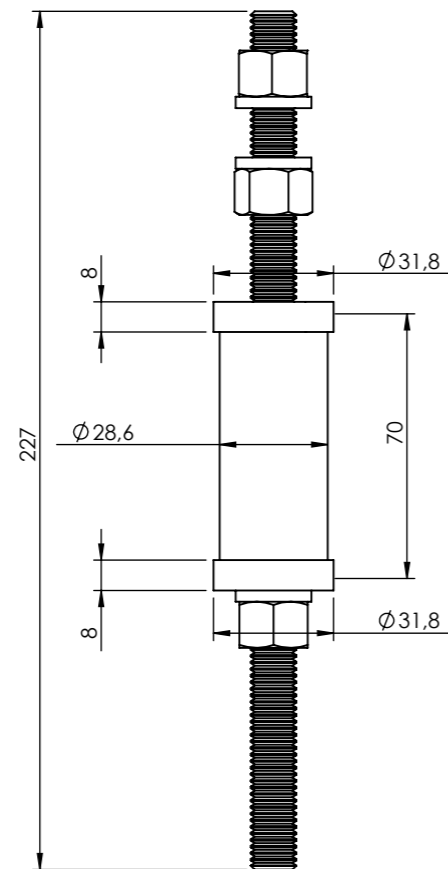
	Apellidos	Nombres	Firmas	
Dibujado	Gómez Gómez	Br. Jacobo de Jesús		Universidad de El Salvador Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela de Ingeniería Mecánica
	Herrera Navarro	Br. Jaime Alejandro		
	Alvarado Quijada	Br. José Porfirio		
Comprobado	Torres Ríos Lazo	M.sc. Ing. Gustavo Salomón		
Escala 1:2	DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DE UN DISPOSITIVO EXTRACTOR DE LA NUEZ DE MARAÑÓN			TBM -115
Cotas en mm	TRANSPORTADOR SECUNDARIO			Plano 7/9, Cantidad: 2



VISTA EXPLOSIVA (EXPLOSIONADA)



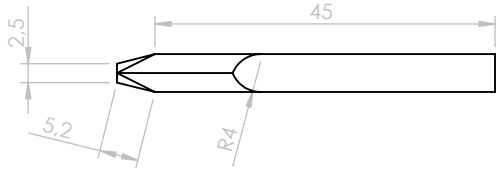
ISOMÉTRICO



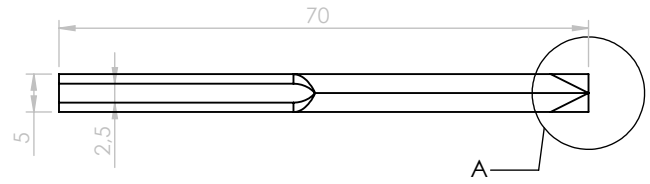
VISTA SUPERIOR (PLANTA)

Nº	ELEMENTO	DESCRIPCION
1	Tubo de 28.575 mm x 70 mm x3.175 mm	Acero AISI 1045
2	sello de acero 31.75 mm x 8 mm x 3.175	Acero AISI 1045
3	Washer ISO 8738 - 12	Acero AISI 1045 Estirado en frío
4	Hexagon Nut ISO - 4034 - M12 - S	Acero AISI 1045 Estirado en frío
5	ISO 4015 - M12 x 80 x 80-S	Acero AISI 1045 Estirado en frío
6	Pletina circular de 11.1 mm x 4 mm	Acero AISI 1045
	Apellidos	Firmas
Dibujado	Gómez Gómez	Br. Jacobo de Jesús
	Herrera Navarro	Br. Jaime Alejandro
	Alvarado Quijada	Br. José Porfirio
Comprobado	Torres Ríos Lazo	M.sc. Ing. Gustavo Salomón
Escala 1:2 Cotas en mm	DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DE UN DISPOSITIVO EXTRACTOR DE LA NUEZ DE MARAÑÓN	TBM - 115
	REGULADOR DE CARGA DE CORTE	Plano 8/9 Cantidad: 4

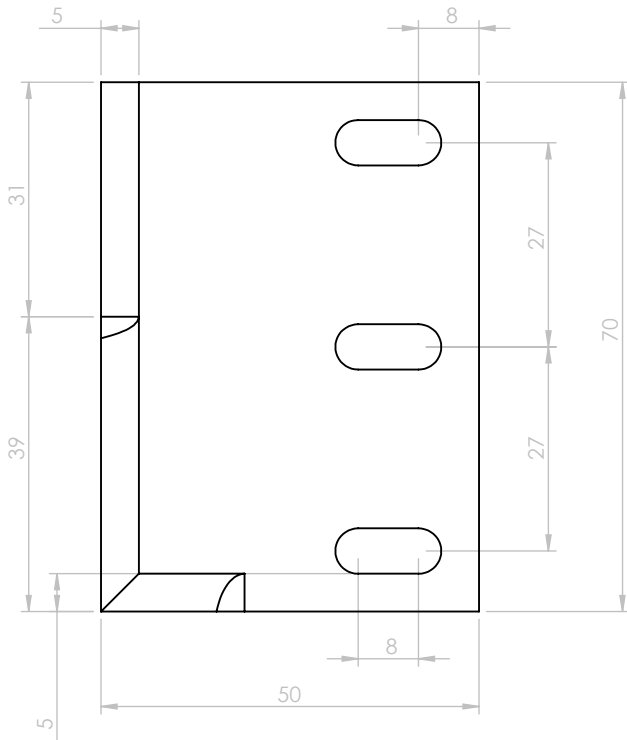
Universidad de El Salvador
Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Escuela de Ingeniería Mecánica



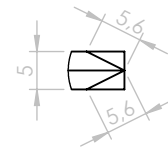
Vista Frontal (Alzado)



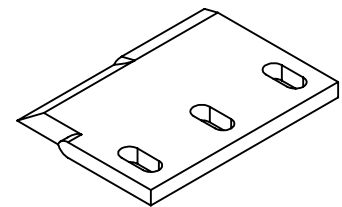
VISTA LATERAL IZQUIERDA



VISTA SUPERIOR (PLANTA)



DETALLE A
ESCALA 1 : 1



ISOMÉTRICO
ESCALA 1:2

Material: Acero AISI 304

Estado: Rectificado.

NORMA ISO E

	Apellidos	Nombres	Firmas	Universidad de El Salvador Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela de Ingeniería Mecánica
Dibujado	Gómez Gómez	Br. Jacobo de Jesús		
	Herrera Navarro	Br. Jaime Alejandro		
	Alvarado Quijada	Br. José Porfirio		
Comprobado	Torres Ríos Lazo	M.sc. Ing. Gustavo Salomón		
Escala 1:1 Cotas en mm	DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DE UN DISPOSITIVO EXTRACTOR DE LA NUEZ DE MARAÑÓN			TBM-115
	CUCHILLAS			Plano 9/9, Cantidad: 4