

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO MECÁNICO PARA  
CORTADO Y DESPULPADO DE CACAO**

**FRANC EXNEYDER CONTRERAS PEÑARANDA  
CESAR YORDYD CADAVID RAMIREZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2020**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO MECÁNICO PARA  
CORTADO Y DESPULPADO DE CACAO**

**FRANC EXNEYDER CONTRERAS PEÑARANDA  
CESAR YORDYD CADAVID RAMIREZ**

**Plan de proyecto para optar por el título de Ingeniero Mecánico**

**Director**

**WILLIAM PINTO HERNÁNDEZ  
Doctor en Ingeniería Mecánica**

**Codirector**

**ALBERTO DAVID PERTUZ COMAS  
Doctor en Ingeniería Mecánica**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2020**

## DEDICATORIA

*Quiero realizar esta dedicatoria principalmente a mis padres julio cadauid y Alba Ramirez que estuvieron acompañandome en todo el proceso de mi carrera, a mis hermanos que me apoyaron y me dieron animos en todo momento, gracias a ellos hoy he logrado culminar mi formacion profesional.*

**Cesar Cadauid.**

## DEDICATORIA

*A mi Madre Exnedy Peñaranda quien dispuso su entera vocación en hacer de mí el hombre y profesional de hoy, y A mi Padre Fernando Contreras para quien en vida y hoy desde cielo este fuera su más grande sueño, mi más remarcable Maestro.*

*A mis hermanas María Fernanda, Marcela Torcoroma, y Yuly Fernanda, de quienes adquirí invaluable enseñanzas y experiencias, gracias a las cuales me levanto vigoroso y sobresaliente.*

**Franc Contreras**

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	14
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....	16
2.1 APORTE A LA INGENIERÍA MECÁNICA .....	16
2.2 ÁMBITO AMBIENTAL .....	16
2.3 ÁMBITO ECONÓMICO .....	16
2.4 ÁMBITO SOCIAL .....	17
3. OBJETIVOS .....	18
3.1 OBJETIVO GENERAL .....	18
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	18
4. DISEÑO CONCEPTUAL DE LA MÁQUINA .....	19
4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO COMPLETO .....	19
4.2 DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN CALIDAD .....	19
4.2.1 Requerimientos del Consumidor .....	19
4.2.2 Organización de Requerimientos .....	20
4.3 MATRIZ DE CALIDAD .....	21
4.4 PONDERACIÓN DE LOS RESULTADOS PARA LA SELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN .....	22
4.5 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS .....	22
4.5.1 Subsistema De Corte .....	22
4.5.2 Subsistema De Alimentación .....	26

4.5.3 Subsistema De Separación.....	30
4.5.4 Transmisión De Potencia.....	34
4.6 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS .....	38
4.7 ESPECIFICACIÓN DE ALTERNATIVA GANADORA.....	39
5. CARACTERIZACIÓN DE LA MAZORCA DE CACAO VARIEDAD CCN51 .....	41
5.1 LARGO PROMEDIO DE LA MAZORCA DE CACAO .....	42
5.2 DIAMETRO EXTERIOR CENTRAL PROMEDIO DE LA MAZORCA DE CACA .....	42
5.3 DIAMETRO EXTERIOR DE LA PARTE FINAL PROMEDIO DE LA MAZORCA DE CACAO .....	43
5.4 ESPESOR DE CASCARA PROMEDIO DE LA MAZORCA DE CACAO .....	44
5.5 ESPESOR DE CASCARA EN LA ZONA DE SUJECIÓN DE LA MAZORCA DE CACAO .....	44
5.6 ESPESOR DE CASCARA EN LA ZONA FINAL DE LA MAZORCA DE CACAO .....	45
5.7 PESO DE LA MAZORCA DE CACAO .....	46
5.8 RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL CACAO VARIEDAD CCN51 .....	46
6. DETERMINACIÓN DE LA FUERZA DE CORTE Y ANGULO DE APERTURA .	49
6.1 PRIMER PROTOTIPO PARA REALIZAR PRUEBAS DE FUERZA DE CORTE Y ANGULO DE APERTURA.....	51
6.1.1 Cálculo para un ángulo de apertura de 20 grados. ....	51
6.1.2 Cálculo para un ángulo de apertura de 25 grados. ....	53
6.1.3 Cálculo para un ángulo de apertura de 30 grados. ....	54
6.1.4 Cálculo para un ángulo de apertura de 40 grados. ....	55

6.2 RESULTADOS DEL PRIMER PROTOTIPO.....	55
7. REGLAMENTACIÓN .....	86
8. DISEÑO, CÁLCULOS Y SELECCIÓN DE COMPONENTES PARA PROTOTIPO PARA CORTE Y DESPULPADO DE CACAO .....	87
8.1 SUBSISTEMA DE ENTRADA DE POTENCIA Y TRASPORTE .....	55
8.1.1 Selección de banda transportadora. ....	58
8.1.2 Cálculo y selección del motor. ....	63
8.1.3 Cálculo y selección de chumaceras.....	70
8.1.4 Cálculo de engranajes cónicos. ....	76
8.1.5 Cálculo y diseño de ejes. ....	82
8.2 SUB SISTEMA DE CORTE .....	88
8.3 SUB SISTEMA DE DESPULPADO .....	94
8.4 ESTRUCTURA .....	99
9. ANÁLISIS ECONÓMICO .....	100
9.1 COSTO DE ADQUISICIÓN.....	100
9.2 COSTO DE OPERACIÓN.....	101
10. PROTOCOLO DE FUNCIONAMIENTO.....	103
11. PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO .....	104
12. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO .....	105
13. CONCLUSIONES .....	107
BIBLIOGRAFIA.....	109

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Requerimientos de diseño del prototipo.....	20
Tabla 2. Matriz de calidad (QFD).....	21
Tabla 3. Criterios con mayor puntaje en matriz de calidad (QFD). ....	22
Tabla 4. Evaluación de alternativas del subsistema de corte. ....	38
Tabla 5. Evaluación de alternativas del subsistema de alimentación. ....	38
Tabla 6. Evaluación de alternativas del subsistema de separación. ....	39
Tabla 7. Evaluación de alternativas del subsistema de potencia. ....	39
Tabla 8. Dimensiones obtenidas de las mazorcas de cacao. ....	47
Tabla 9. Datos obtenidos de los pesos de las mazorcas de cacao.....	48
Tabla 10. Datos obtenidos para un ángulo de 20 grados de apertura. ....	52
Tabla 11. Datos obtenidos para un ángulo de 25 grados de apertura. ....	53
Tabla 12. Datos obtenidos para un ángulo de 30 grados de apertura. ....	54
Tabla 13. Requerimientos de funcionamiento para selección del motor.....	64
Tabla 14. Viabilidad del módulo. ....	79
Tabla 15. Consumo energético.....	101

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Discos de corte. ....	24
Figura 2. Rodillos con hoja cilíndrica coaxial. ....	25
Figura 3. Sistema de rodillos similar usado para el desgranado de maíz. ....	25
Figura 4. Banda de transporte modular. ....	27
Figura 5. Mecanismo manivela-biela-corredera como mecanismo de transporte. ....	28
Figura 6. Tolve para la alimentación del subsistema de corte. ....	29
Figura 7. Sistema de separación por cilindro centrifugo. ....	31
Figura 8. Sistema de separación: mesa de tamizado vibratoria. ....	32
Figura 9. Hoja de corte en forma de cuña.....	33
Figura 10. Prototipo alemán de hoja en forma de cuña para el corte de cacao. ....	33
Figura 11. Sistema de transmisión por bandas.....	35
Figura 12. Sistema de transmisión por cadenas. ....	36
Figura 13. Sistema de transmisión por engranajes cilíndrico.....	37
Figura 14. Partes de la mazorca de cacao. ....	41
Figura 15. Medición longitudinal del fruto cacao variedad CCN51 con utilización de cinta métrica.....	42
Figura 16. Medición ancho mazorca de cacao.....	43
Figura 17. Medición ancho parte final mazorca de cacao.....	43
Figura 18. Medición espesor de corteza mazorca de cacao.....	44
Figura 19. Espesor de cascara en la zona de sujeción de la mazorca de cacao...45	45
Figura 20. Espesor de la cascara en la zona final de la mazorca de cacao. ....	45
Figura 21. a) Peso completo de mazorca de cacao y b) Peso pulpa de la mazorca de cacao. ....	46
Figura 22. Modelo mazorca de cacao.....	49
Figura 23. Modelo de la mazorca de cacao y cálculos. ....	50

Figura 24. Sistema para determinar fuerza de corte y apertura.....	51
Figura 25. Corte de mazorca de cacao a 20 grados.....	52
Figura 26. Corte de mazorca de cacao a 25 grados.....	53
Figura 27. Corte de mazorca de cacao a 30 grados.....	54
Figura 28. Corte de mazorca de cacao a 40 grados.....	55
Figura 29. Diseño del prototipo para corte y despulpado de cacao.....	87
Figura 30. Subsistema de entrada de potencia y transporte de fruto.....	56
Figura 31. Sistema de banda transportadora.....	57
Figura 32. Eslabón de la banda y su respectivo acople.....	57
Figura 33. Acople final de eslabones con sus respectivas guías.....	58
Figura 34. Características de la banda seleccionada.....	59
Figura 35. Características del piñón seleccionado.....	60
Figura 36. Banda transportadora.....	61
Figura 37. Coeficiente $f_1$ .....	67
Figura 38. Coeficiente $f_2$ .....	68
Figura 39. Coeficiente $f_3$ .....	68
Figura 40. Motorreductor NORD.....	70
Figura 41. Disposiciones de rodamientos en el eje.....	71
Figura 42. Material bridas (cuerpo de soporte) NTN.....	73
Figura 43. Capacidad anticorrosiva del material.....	74
Figura 44. Soporte termoplástico NTN-SRN.....	75
Figura 45. Rodamiento acero inoxidable NTN-SRN.....	75
Figura 46. Engranaje cónico.....	76
Figura 47. Acople engranajes cónicos.....	77
Figura 48. Plano axial con distancia de montaje para engranaje cónico de inglete. .....	78
Figura 49. Cálculo engranaje cónico.....	79
Figura 50. Configuración del engranaje cónico en la herramienta SOLIDWORKS para extracción de TOOLBOX.....	81
Figura 51. Disposición y montaje engranajes cónicos.....	81

Figura 52. Dimensionamiento de ejes.....	82
Figura 53. Eje conductor de la banda transportadora izquierda. ....	83
Figura 54 Eje conductor de la banda transportadora derecha. ....	83
Figura 55. Eje conducido de la banda transportadora. ....	83
Figura 56. Subsistema de corte. ....	89
Figura 57. Estado inicial de montaje de discos para corte longitudinal de cacao. .	90
Figura 58. Dimensiones y cálculo de longitud final del resorte. ....	91
Figura 59. Modelo inicial de la cuña.....	96
Figura 60. Cuña para despulpado de cacao en prototipo 2. ....	96
Figura 61. Prototipo 2 de sistema de despulpado accionado por palanca. a) montaje de palanca b) montaje de cubierta. ....	97
Figura 62. Modelo final de la cuña para despulpado con limitaciones laterales. ...	98
Figura 63. Cubierta para la cuña.....	98
Figura 64. Estructura del sistema. ....	99
Figura 65. Prototipo maquina cortadora de cacao. ....	103
Figura 66. Vista 1 Prototipo final. ....	105
Figura 67. Vista 2 prototipo final. ....	106
Figura 68. Vista 3 Prototipo final. ....	106

## RESUMEN

**TÍTULO:** DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO MECÁNICO PARA CORTADO Y DESPULPADO DE CACAO\*

**AUTOR:** CESAR YORDYD CADAVID RAMIREZ, FRANC EXNEYDER CONTRERAS PEÑARANDA\*\*

**PALABRAS CLAVE:** DISEÑO MECANICO, CUÑA DE CORTE Y DESPULPADO, AUTOMATIZACION, PROTOTIPO, THEOBROMA CACAO, AGRICULTURA.

**DESCRIPCIÓN:** Actualmente la siembra y cosecha de cultivos de cacao ha ganado gran fuerza en el país, sin embargo, este proceso no está completamente industrializado, por esta razón requiere la subcontratación de personal que realice las labores de producción y con esto, asumir los posibles riesgos que representan, especialmente durante el proceso de corte y despulpado de los granos de cacao, ya que son procesos que se llevan a cabo de forma manual, los trabajadores deben cortar la cáscara de la mazorca con una cuchilla y extraer los granos con sus propios dedos en la mayoría de los casos. Este proyecto tiene como objetivo diseñar y construir una máquina que permita llevar a cabo el proceso continuo de corte y pulpa, que satisfaga una demanda mínima de producción de 1 tonelada por día. El diseño consiste en un sistema de cintas transportadoras accionadas por un motor eléctrico, responsable de guiar la fruta al sistema de corte que consta de dos discos modificados en la parte superior e inferior de la cinta transportadora, seguido de un sistema de pulpa que consiste en una cuña hueca con limitaciones laterales y una cubierta que permite que la fruta pase sobre la cuña sin generar movimientos no deseados. Para desarrollar el diseño y construcción final de la máquina, se realizó un estudio en el que se determinaron las diferentes características físicas de la fruta de cacao, se desarrollaron dos prototipos y se implementó el software de modelado CAD (SolidWorks).

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: William Pinto Hernández, Dr en Ingeniería Mecánica. Codirector: Alberto David Pertuz Comas, Dr en Ingeniería Mecánica

## ABSTRACT

**TÍTULO:** DESIGN AND CONSTRUCTION OF A MECHANICAL PROTOTYPE FOR CUTTING AND PULPING OF COCOA\*

**AUTHOR:** CESAR YORDYD CADAVID RAMIREZ, FRANC EXNEYDER CONTRERAS PEÑARANDA\*\*

**KEY WORDS:** MECHANICAL DESIGN, CUTTING AND PULPING WEDGE, AUTOMATION, PROTOTYPE, THEOBROMA CACAO, FARMING.

**DESCRIPTION:** Currently, the sowing and harvesting of cocoa crops has gained great strength in the country, however, this process is not completely industrialized, for this reason it requires the subcontracting of personnel to carry out the production tasks and with this, assume the possible risks that represent, especially during the process of cutting and pulping of cocoa beans, since they are processes that are carried out manually, workers must cut the husk of the cob with a blade and extract the beans with their own fingers in most of the cases. For this reason, it is necessary to design and build a machine that allows the continuous cutting and pulping process to be carried out, which satisfies a minimum production demand of 1 ton per day. The design consists of a system of conveyor belts powered by an electric motor, responsible for guiding the fruit to the cutting system consisting of two modified discs at the top and bottom of the conveyor belt, followed by a pulp system consisting of A hollow wedge with lateral limitations and a cover that allows the fruit to pass over the wedge without generating unwanted movements. To develop the final design of the machine, a study was carried out in which the different physical characteristics of the cocoa fruit were determined, two prototypes were developed and CAD modeling software (SolidWorks) was implemented.

---

\* Degree Work

\*\* Faculty of Physico-Mechanical Engineering. School of Mechanical Engineering. Director: William Pinto Hernández, Dr in Mechanical Engineering. Codirector: Alberto Pertuz Comas, Dr in Mechanical Engineering

## DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El cacao es uno de los productos con mayor auge en los últimos años en Colombia y representa un mercado mundial de USD100.000 millones al año. Este cultivo de uso milenario se da en América Central, América del Sur, Asia y África, con él se prepara el chocolate<sup>1</sup> un alimento versátil y delicioso, entre otros.

Según FEDECACAO durante el 2017-2018 se produjo un promedio de 60.000 toneladas en Colombia, una cifra histórica para un sector que busca expandir su industria en el exterior.

Actualmente los procesos de corte, despulpado y lavado se realizan de forma artesanal, el agricultor genera daños en la almendra de cacao que inciden en la calidad y la eficiencia. La agroindustria del cacao está implementando mejoras para la optimización los procesos de producción.

Se requieren mecanismos que conserven y garanticen la calidad del grano, sin afectar las fronteras de expansión de los fondos de emprendimiento divulgados por las instituciones públicas para mejorar el sector primario y reconfigurar el modelo económico agroindustrial en la producción de cacao.

En el parque tecnológico Guatiguará se implementó una planta piloto que busca el aprovechamiento para la producción de cacao fino en Santander, esta tesis propone un prototipo que permite el procesamiento de 1 tonelada de cacao al día; corta y separa la almendra de su tejido de fermentación, y sujeción también conocido como “corazón”, el diseño considera los factores que inciden en la calidad final del

---

<sup>1</sup> Guía completa: lo que debes saber para cultivar cacao. En Grupo Bancolombia [en línea], Recuperado el 01 de febrero de 2019. Disponible en Internet: <https://www.grupobancolombia.com/wps/portal/negocios-pymes/actualizate/sostenibilidad/guia-cultivo-cacao>

producto, como características físicas de la mazorca de cacao, de materiales acorde a las normas sanitarias del país y dimensionamiento, que permiten su acople en línea de proceso dada la proyección de la planta piloto en aumentar la producción diaria de cacao.

## **2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

La industria del cacao tiene oportunidades de mejora que influirán en el desarrollo sostenible, a continuación, se describe la contribución al conocimiento en los siguientes aspectos:

### **2.1 APOORTE A LA INGENIERÍA MECÁNICA**

Este trabajo aporta una guía o modelo metodológico para el diseño y desarrollo de prototipos mecánicos que contribuyan al desarrollo tecnológico de la región, para la agroindustria, en particular a la producción del cacao.

### **2.2 ÁMBITO AMBIENTAL**

El proceso actual no permite el aprovechamiento total del fruto del cacao, el prototipo permitirá optimizar el tiempo del proceso, capacidad de frutos procesados, separará los lixiviados y la cáscara para aprovechar estos subproductos y generar un impacto positivo debido a la reducción de residuos orgánicos.

### **2.3 ÁMBITO ECONÓMICO**

Dada la predominancia de otras industrias como la del café en Colombia, máquinas para la primera etapa del cacao son importadas desde Brasil, y Ecuador. Estas condiciones de mercado crean un nicho para la fabricación local de la máquina y disminuir la inversión necesaria debido a los costos asociados con la importación.

La agroindustria colombiana del cacao se encuentra en desventaja con respecto a las industrias cacaoteras de otros países, debido a la baja inversión nacional y la competencia internacional tecnificada. Se propone una máquina para optimizar el procesamiento del cacao, disminuir los costos de mano de obra, manipulación y producción antes de su comercialización y posterior transformación en productos derivados, y controlar factores que inciden en la calidad final de la almendra.

## **2.4 ÁMBITO SOCIAL**

El aumento y optimización de la producción permitirá mejorar los ingresos del agricultor, desarrollando un proceso tecnificado y la disminución del tiempo en el procesamiento del fruto del cacao en su primera etapa, incidiendo en la calidad de vida

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

- Diseñar y construir un prototipo mecánico para el corte y despulpado de cacao.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar una caracterización de las propiedades físicas (ancho, largo, espesor de la cascara y número de semillas por mazorca) y mecánicas (fuerza de corte y dureza de la cascara) de la mazorca de cacao variedad CCN51.
- Diseñar un prototipo que realice los procesos de corte y despulpe del cacao variedad CCN51 producido en el departamento de Santander, para una capacidad operativa de una tonelada por día.
- Evaluar el prototipo diseñado para el proceso de corte y despulpe del cacao variedad CCN51 para una capacidad operativa de una tonelada por día.

## **4. DISEÑO CONCEPTUAL DE LA MÁQUINA**

### **4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO COMPLETO**

Con la maquinaria disponible, el proceso de cosecha y pre-proceso del cacao son bastante arduos y laboriosos, produciendo un sobre costo en el producto. Este proyecto propone diseñar una máquina capaz de ingresar el cacao, cortarlo y separar de esta las semillas de cacao intentando garantizar la integridad de la semilla. De acuerdo con las necesidades descritas, se realizó una revisión de posibles alternativas, por medio de la función de calidad o también llamada Quality Function Deployment (QFD).

### **4.2 DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN CALIDAD**

#### **4.2.1 Requerimientos del Consumidor.**

Por parte del consumidor es posible establecer una lista de los requerimientos básicos con los que deberá contar la máquina y su importancia.

- Capacidad de trabajo o procesamiento: 1 tonelada de fruto de cacao (diaria).
- No dañar la semilla de cacao en el proceso de corte.
- Proceso continuo y fácil alimentación de materia prima.
- Fácil mantenimiento y limpieza.
- Bajo costo
- Bajo consumo energético.
- Funcional.

- Versátil.
- Movilidad de la maquina
- Resistente a la corrosión.
- Alto higiene para el procesamiento de alimentos.
- Facilidad de operación.

#### 4.2.2 Organización de Requerimientos

**Tabla 1. Requerimientos de diseño del prototipo.**

<b>ASPECTO</b>	<p><b>SENCILLA:</b> capaz de realizar la tarea de la forma más eficiente y eficaz.</p> <p><b>BUEN ASPECTO:</b> alto grado de higiene por tratarse de una máquina para el procesamiento de productos alimenticios.</p> <p><b>COMPACTA:</b> optima utilización de espacio.</p> <p><b>ECONOMICA:</b> costo bajo de compra</p>
<b>OPERACIÓN Y USO</b>	<p><b>POTENTE:</b> bajo consumo energético, capacidad de trabajo, relación baja entre (<i>peso de equipo</i>) / <i>carga</i></p> <p><b>PROCESO CONTINUO:</b> facilidad de operación y Trabajo continuo hasta el procesamiento del total de cacao diario.</p> <p><b>RAPIDEZ:</b> realizar la operación en el menor tiempo posible.</p> <p><b>VERSÁTIL:</b> capacidad de trabajo para distintos tipos y tamaños de cacao</p> <p><b>FÁCIL OPERACIÓN:</b> operación sencilla</p> <p><b>SEGURIDAD:</b> completa protección al usuario</p>
<b>VIDA UTIL</b>	<p><b>RESISTENTE A LA CORROSION Y DESGASTE:</b> Piezas de contacto con lubricación.</p> <p><b>POCO MANTENIMIENTO:</b> Equipo sólido, fácil de armar, fácil de desarmar, fácil limpieza, y de repuestos accesibles.</p>

La **tabla 1** constituye los requerimientos mínimos del interesado en la máquina, los cuales deben formar parte de la matriz de calidad o QFD, donde son cuantificadas por medio de un valor que estime su importancia dentro del conjunto, así mismo se establecieron los subsistemas que conforman la máquina para ser relacionados con las necesidades del consumidor.

### 4.3 MATRIZ DE CALIDAD

Ponderación: 9 (alta), 3 (media), 1 (baja), 0 (nada)

Tabla 2. Matriz de calidad (QFD).

REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE.		REQUERIMIENTOS DEL DISEÑADOR																				
		CAPACIDAD: 1000 [kg/día]		TAMAÑO: 1 - 1,5 [M <sup>3</sup> ]		POTENCIA: 2- 4 [HP]		MANTENIBILIDAD: 2000 [HR/AÑO]		COSTO		RESISTENCIA MECÁNICA		EFICACIA: cumplimiento de los requerimientos del cliente.		SEGURIDAD: GUARDA DE SEGURIDAD		REPUESTOS ESTANDARES		MANUFACTURA: MODULAR		
Aspecto	Buen aspecto	9	0	0	3	27	0	0	3	27	9	81	3	27	3	27	0	0	0	0	0	0
	Precio	11	9	99	3	33	9	99	3	33	9	99	3	33	3	33	3	33	9	99	9	99
	sencilla	2	3	6	3	6	3	6	3	6	3	6	3	6	1	2	3	6	9	18	0	0
	compacta	1	3	3	3	3	0	0	3	3	3	3	9	9	1	1	3	3	3	3	0	0
Operación y uso	potente	6	3	18	0	0	9	54	3	18	9	54	3	18	9	54	0	0	9	54	3	18
	proceso continuo	7	3	21	0	0	9	63	1	7	3	21	3	21	0	0	0	0	0	0	0	0
	rapidez	12	3	36	0	0	3	36	1	12	3	36	1	12	0	0	0	0	0	0	0	0
	proteccion de las semillas	5	9	45	3	15	1	5	1	5	3	15	3	15	0	0	0	0	0	0	0	0
	facil operación	4	3	12	1	4	3	12	1	4	0	0	1	4	0	0	3	12	0	0	0	0
Vida util	seguridad	8	9	72	3	24	3	24	3	24	3	24	1	8	9	72	9	72	0	0	0	0
	resistente a la corrosion	10	1	10	1	10	1	10	9	90	9	90	9	90	9	90	9	90	3	30	9	90
	poco mantenimiento	3	1	3	9	27	1	3	9	27	3	9	9	27	9	27	3	9	9	27	9	27
<b>TOTAL</b>				325		149		312		256		438		270		306		225		231		234

#### 4.4 PONDERACIÓN DE LOS RESULTADOS PARA LA SELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN

Con la matriz de calidad se determinó un porcentaje a los requerimientos de diseño, y se definieron cuales serán decisivos al momento de escoger entre las posibles alternativas.

**Tabla 3. Criterios con mayor puntaje en matriz de calidad (QFD).**

CRITERIO	VALOR	PORCENTAJE [%]
Capacidad	325	19,7
Potencia	312	18,9
Costo	435	26,4
Resistencia mecánica	270	16,4
Eficacia	306	18,6
	1648	100,0

#### 4.5 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

Definidos los requerimientos de diseños prioritarios o decisivos, se propusieron las siguientes alternativas.

##### 4.5.1 Subsistema De Corte

- **Alternativa A:** Corte por discos:

La forma tradicional de corte para la extracción de las semillas de cacao de su corteza consiste en: un método manual donde el agricultor toma con sus manos el fruto de Cacao y con la ayuda de una cuchilla o macheta realiza un corte dividiendo

el fruto en dos partes, teniendo cuidado de no tocar las semillas de cacao con la hoja de la cuchilla.

Esta alternativa sugiere diseñar un sistema de corte el cual consiste en la implementación de dos discos de corte los cuales permitan realizar un corte longitudinal por las dos caras a la mazorca de cacao, exponiendo las semillas de Theobroma Cacao para proceder a su separación (corteza-semilla-tejido de fermentación).

Ventajas:

- Fácil acople con el sistema.
- Económico y fácil de fabricar.
- Fácil mantenimiento
- Fácil operación manual
- Ventajas en la limpieza e higiene del proceso
- Minimización de partes móviles en el sistema.
- Evita daños en las semillas
- Expone de forma limpia las semillas y los líquidos lixiviados.

Desventajas:

- Diseño conceptual.
- Requiere de pruebas y análisis para su optimización.
- Posibles costos asociados a la etapa del desarrollo del diseño.

**Figura 1. Discos de corte.**



Fuente: Disco para corte de pollo [en línea] disponible en:  
[http://www.afilasol.com/productos\\_items.asp?id\\_item=24](http://www.afilasol.com/productos_items.asp?id_item=24)

- **Alternativa B.** Corte con rodillo y hoja

Consiste en un sistema de rodillos con una hoja en la mitad, los rodillos obligan al fruto a pasar por su trayectoria produciendo un corte longitudinal en la corteza del fruto, exponiendo las semillas de cacao.

Ventajas:

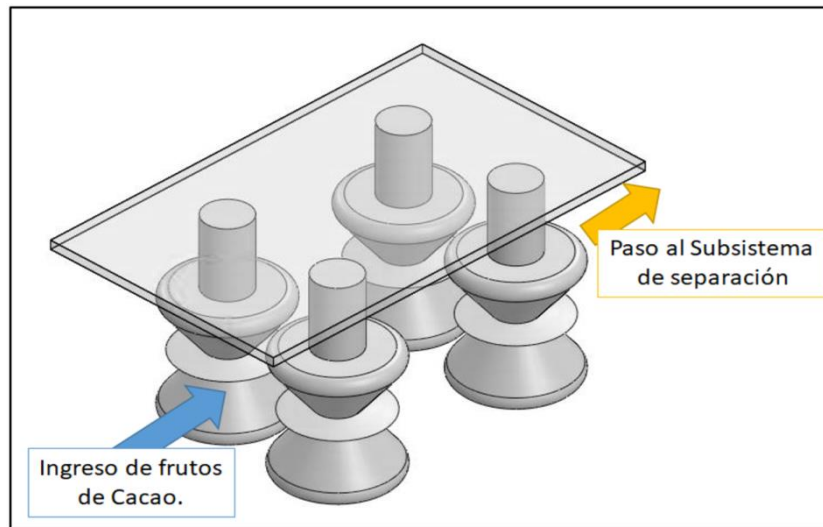
- Fácil acople con el sistema.
- Sistemas actuales funcionales.
- Corte seguido sobre la corteza del cacao.
- Evita daños en las semillas
- Expone de forma limpia las semillas y los líquidos lixiviados.

Desventajas:

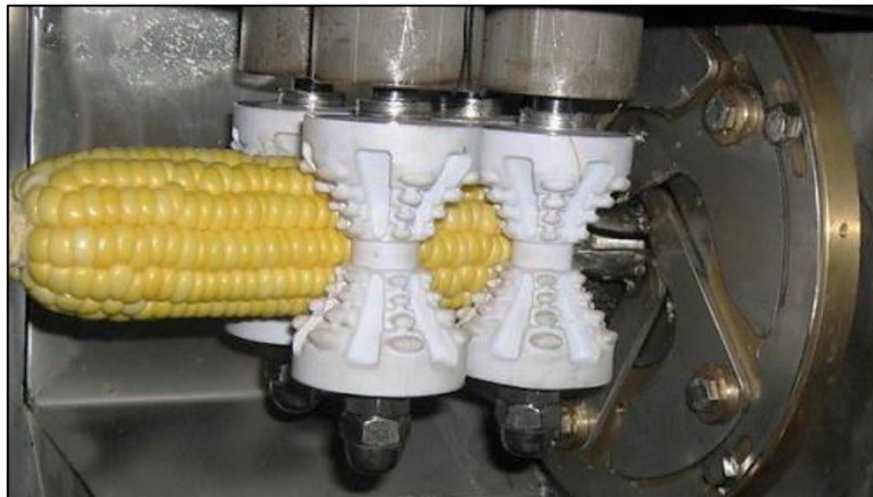
- Consumo de potencia alto
- Más partes móviles en el sistema.

- Requiere reingeniería para adaptarlo al fruto del cacao.

**Figura 2. Rodillos con hoja cilíndrica coaxial.**



**Figura 3. Sistema de rodillos similar usado para el desgranado de maíz.**



Fuente: [www.hnwmachinery.com](http://www.hnwmachinery.com)

- **Alternativa C:** Barras de trituración

Consiste en un sistema donde el fruto de cacao es cortado en múltiples pedazos, por un sistema de ejes paralelos con barras radiales, con uno de los ejes rotando cierra la cavidad produciendo el triturado de cacao, exponiendo las semillas y produciendo grandes cantidades de impurezas o virutas de corteza.

Ventajas:

- Fácil acople con el sistema de potencia
- Fácil diseño
- Rapidez en el corte del cacao
- Manejo de varios frutos de cacao al mismo tiempo

Desventajas:

- Estructura grande y espaciosa dentro del mecanismo global.
- Produce virutas de la corteza que contaminan los líquidos lixiviados, así como las semillas de cacao.
- Ruidosa y con altos consumos de potencia
- Inconstancia en la cantidad de frutos de cacao al tiempo.
- Proceso destructivo

#### **4.5.2 Subsistema De Alimentación**

- **Alternativa A:** Bandas trasportadoras modular

Este sistema de transporte funciona de forma continua y se encuentra formado generalmente por bandas que son movidas por medio de dos tambores, existen diversos tipos de bandas de transporte.

Las bandas modulares, incluyen: además de la banda de transporte unas separaciones, creando secciones o módulos a lo largo de la banda para alimentar la maquina modulo a modulo y seccionado.

**Figura 4. Banda de transporte modular.**



- **Alternativa B.** Mecanismo manivela, biela corredera

Consiste en un mecanismo que transforma un movimiento rotacional en un movimiento de traslación, o viceversa, en nuestra aplicación permite empujar al sistema de corte los frutos de cacao.

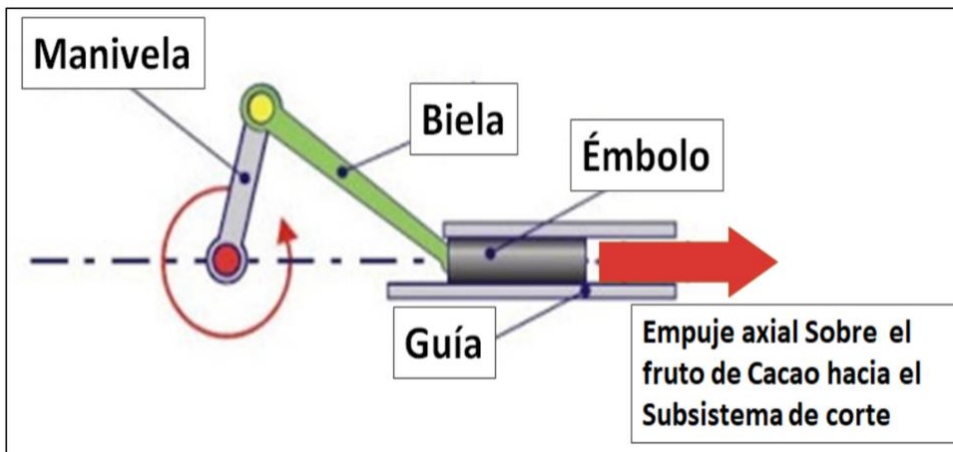
Ventajas:

- Fácil acople con el sistema de potencia
- Salida de movimiento lineal ideal para el subsistema de corte de hoja fija.
- Económico y fácil de fabricar
- Fácil mantenimiento
- Fácil operación manual

Desventajas:

- Estructura grande y espaciosa dentro del mecanismo global.
- Mayor cantidad de partes móviles en el sistema.
- Desventaja en ambientes de trabajo húmedos y contaminados, requieren buena lubricación en las juntas o pines.
- Puede producir atascamiento pues seguirá ingresando frutos aun cuando exista un acumulado.
- Mayor gasto de potencia.
- Tiempos más lentos de alimentación de la máquina.

**Figura 5. Mecanismo manivela-biela-corredera como mecanismo de transporte.**



- **Alternativa C.** Tolva de ingreso y caída por gravedad.

Bajando de forma lineal y por gravedad caen los frutos de cacao hacia el sistema de corte.

Ventajas:

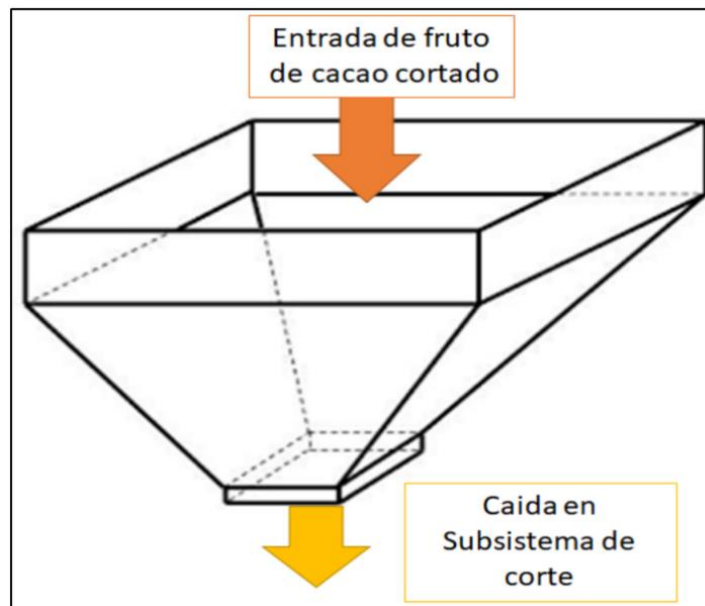
- Estructura sólida.
- Permite el ingreso de varios frutos al tiempo.

- Anularía el subsistema de transporte pues pasa del ingreso al corte de forma inmediata.
- Fácil limpieza y mantenimiento.
- Fácil acople a la estructura global

Desventajas:

- Estructura grande
- Puede producir atascamientos gracias al volumen del fruto a manejar.
- No permite el acople de un subsistema de limpieza de los frutos de cacao.
- Solo puede usarse con un sistema de corte como el de barras de triturados puedes proporcionar un flujo constante de fruto al sistema.

**Figura 6. Tolva para la alimentación del subsistema de corte.**



### 4.5.3 Subsistema De Separación

- **Alternativa A:** Tambor de separación

Consiste en un tambor mallado giratorio que permite, por medio de la acción centrífuga el paso de sólidos hasta un tamaño definido por tamaño del hueco. Es una opción de fácil limpieza, económica y fácilmente adaptable al sistema de potencia de la máquina.

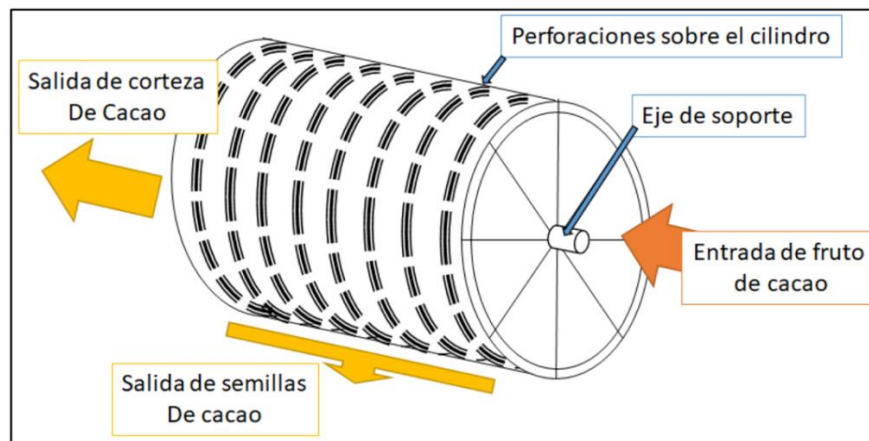
Ventajas:

- Estructura sólida y eficaz.
- Fácil acople al sistema de potencia.
- Permite separar la semilla de la corteza del cacao con un maltrato relativamente bajo.
- También permite drenar líquidos lixiviados liberados al exponer la semilla.

Desventajas:

- Estructura grande
- Algunas cortezas pueden llevar adheridas semillas.
- El golpe de las cortezas durante el paso por el sistema puede producir esquirlas de corteza que contaminen la semilla.

**Figura 7. Sistema de separación por cilindro centrífugo.**



- **Alternativa B. Mesa de tamizado**

La tamización es un método físico para separar dos sólidos formados por partículas de tamaño diferente. Consiste en pasar una mezcla de partículas de diferentes tamaños por un tamiz, criba o colador. Las partículas de menor tamaño pasan por los poros del tamiz o colador atravesándolo y las de mayor tamaño quedan retenidas por el mismo.

En nuestra máquina las semillas de cacao serán las únicas en pasar por el tamiz, para esto es necesario que nuestra mesa de tamizado tenga acoplado un sistema de vibración para causar la separación de la corteza y las semillas.

Ventajas:

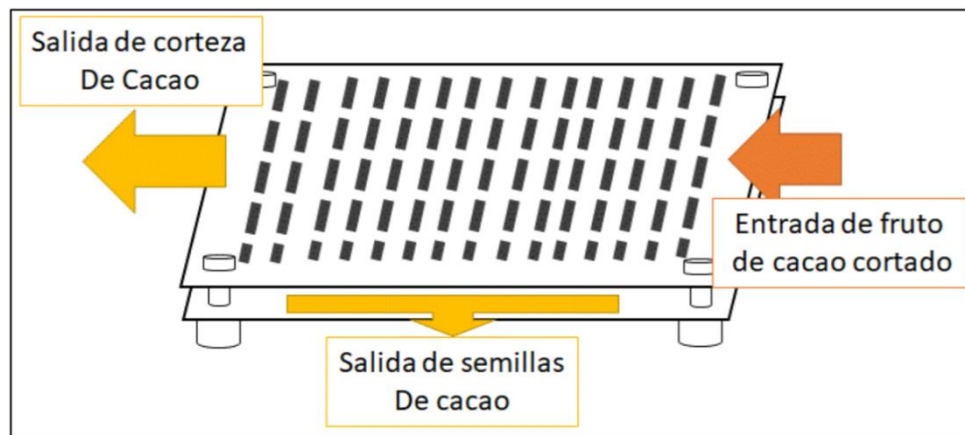
- Mayor facilidad de construcción.
- Buen acople a la estructura global de la máquina.
- Fácil limpieza y mantenimiento

Desventajas:

- Necesidad de sistema de vibración

- Aporta posibilidad de fallas por vibración
- Mayor cantidad de elementos móviles.
- Menor eficacia a la hora de separar corteza de semillas
- Acumulación de residuos sólidos.
- Necesidad de limpieza durante el proceso.

**Figura 8. Sistema de separación: mesa de tamizado vibratoria.**



• **Alternativa C.** Despulpado por hoja en forma de cuña

Esta alternativa sugiere diseñar un dispositivo en forma de 'V' para separar las semillas de la cascara, permitiendo el paso de cada uno de los frutos por está, exponiendo las semillas de Theobroma Cacao para proceder a su separación (corteza-semilla-tejido de fermentación).

Ventajas:

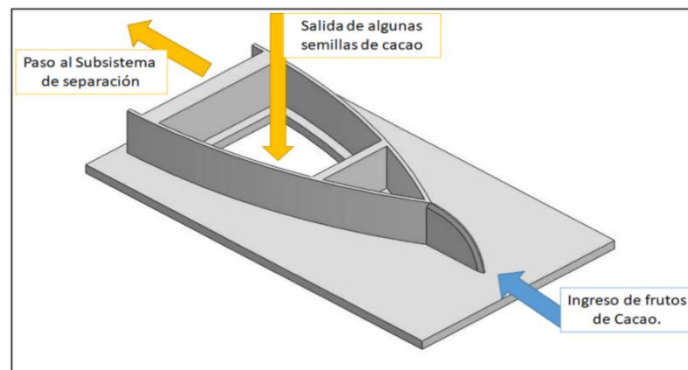
- Fácil acople con el sistema.
- Económico y fácil de fabricar.
- Fácil mantenimiento
- Fácil operación manual
- Ventajas en la limpieza e higiene del proceso
- Minimización de partes móviles en el sistema.

- Evita daños en las semillas
- Expone de forma limpia las semillas y los líquidos lixiviados

Desventajas:

- Diseño conceptual.
- Requiere de pruebas y análisis para su optimización.
- Posibles costos asociados a la etapa del desarrollo del diseño.

**Figura 9. Hoja de corte en forma de cuña.**



**Figura 10. Prototipo alemán de hoja en forma de cuña para el corte de cacao.**



Fuente: Engagiert: Kakao, Machete und Maschinenbau - 2030 | Welt ohne Hunger," 2017

#### 4.5.4 Transmisión De Potencia

- **Alternativa A:** bandas o correas

Es una opción bastante económica, consiste en un par de poleas: una sujeta a la entrada de potencia o motor y la otra a la máquina, uno de sus problemas más importantes es que en ambientes de suciedad requiere una cubierta para evitar que la correa deslice a causa de un mal contacto banda-polea, causando una desincronización del mecanismo este fenómeno también puede suceder por falta de tensión a causa de un mal diseño y selección, o desgaste.

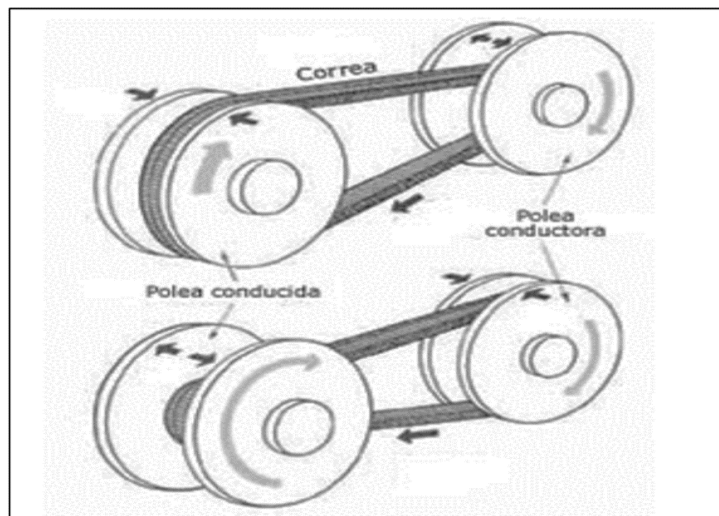
Dentro de las ventajas en el uso de este sistema de transmisión encontramos:

- Posibilidad de unir el árbol conductor al conducido a velocidades relativamente altas
- Funciona suave, sin golpeteos.
- Silenciosa
- Diseño sencillo y fácil de seleccionar.
- Costo inicial de adquisición o producción relativamente bajo
- Fácil de ser empleada como fusible mecánico, protegiendo distintos elementos de la máquina

Algunas de las desventajas para este sistema de transmisión son:

- Grandes dimensiones exteriores y necesidad de una cubierta
- Inconstancia de la relación de transmisión de velocidades debido al deslizamiento elástico.
- Grandes cargas sobre los árboles y ejes de la máquina
- Vida útil relativamente baja.

**Figura 11. Sistema de transmisión por bandas.**



Fuente: Diseño elementos de Máquina-Robert L. Mot

• **Transmisión de potencia. Cadena**

Este tipo de transmisiones trabaja de acuerdo con el principio de engranaje. La transmisión por cadena consta de la rueda de cadena conductora, de la rueda conducida y de la cadena que abraza las ruedas y engrana con sus dientes.

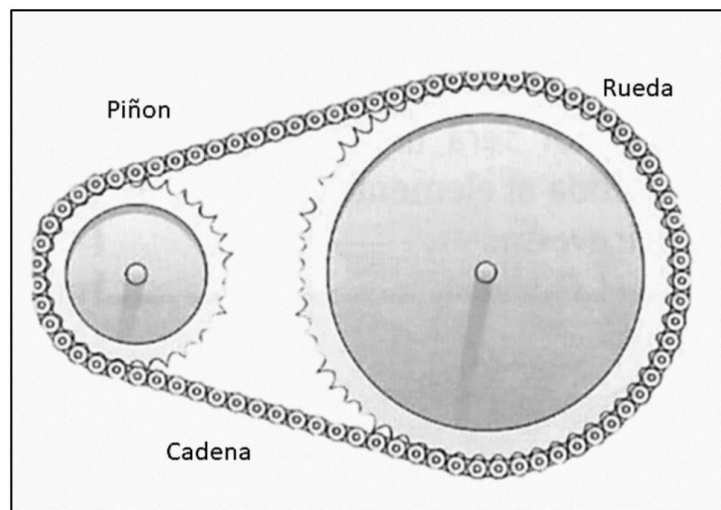
En relación con otros mecanismos o sistemas de transmisión, la transmisión por cadena ofrece las siguientes ventajas:

- No existe posibilidad de resbalamiento como lo es en el caso de las transmisiones por correa.
- Tiene una capacidad de transmisión elevada.
- Con buena lubricación soportan muy bien las condiciones ambientales adversas como lo son la humedad o las partículas de polvo.
- Gracias a que la transmisión se hace por engrane, no requieren tensados elevados. De esta forma se evitan sobrecargas en los ejes.

Algunas de sus desventajas son:

- Es más pesado, ruidoso y caro que las transmisiones por correa
- La velocidad máxima de la cadena es inferior al que se puede alcanzar con algunas transmisiones por correa
- El montaje es más complejo, así como el mantenimiento de este.
- Gracias a la variación cordal, la relación de transmisión es menos constante que la transmisión por engranajes.

**Figura 12. Sistema de transmisión por cadenas.**



- **Transmisión de potencia. Engranajes**

Los engranajes son sistemas mecánicos utilizados para transmitir potencia entre ejes en diferentes configuraciones espaciales. Al contrario que otros tipos de transmisiones (correas y cadenas), la transmisión por engranajes es muy rígida y no permite deformaciones sensibles en el sentido del movimiento.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> SANCHES MARIN, Francisco T. *et al.* Mantenimiento de engranajes. En: Mantenimiento Mecánico De Maquinas. Universitat Jaume I, D, L. 2006. p.51-52.

Los tipos de engranajes son: rectos, globosidades, engranajes planetarios y engranajes helicoidales: cada uno aporta ventajas y tiene consigo diversas desventajas, estas son algunas ventajas y desventajas generales de los engranajes.

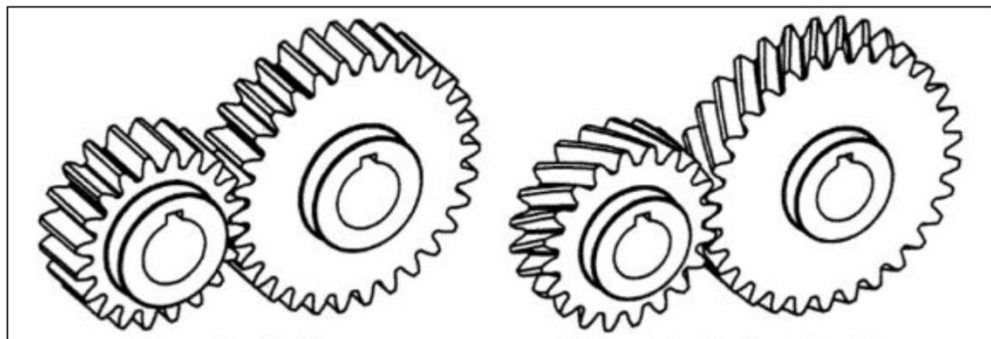
Algunas de las ventajas de los engranajes sobre los otros sistemas de transmisión son los siguientes.

- Son muy fiables y duraderos.
- Se utilizan para transmitir grandes cantidades de potencia.
- Son sencillos de diseñar.
- Ofrecen una relación de velocidades constante y estable.

Por otra parte, presentan las siguientes desventajas frente a los otros sistemas de transmisión.

- El costo de fabricación de estos es alto, en comparación con otros sistemas.
- Los dientes presentan una gran cantidad de estrés

**Figura 13. Sistema de transmisión por engranajes cilíndrico.**



A) Recto, B) helicoidal

Fuente: SÁNCHEZ MARÍN et al., p 52

#### 4.6 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Considerando cada una de las ventajas y desventajas presentes en las alternativas, se analizó el valor de estas alternativas en función de los requerimientos del diseñador a fin de determinar cuál de estas presenta mejores resultados.

Ponderación para utilizar en función de la favorabilidad: 6 (alta), 3 (media), 1 (baja), 0 (nada)

**Tabla 4. Evaluación de alternativas del subsistema de corte.**

		ALTERNATIVAS DEL SUBSISTEMA DE CORTE					
		CORTE POR DISCO		RODILLO Y HOJA		BARRAS DE TRITURADO	
CRITERIO	[%]	A		B		C	
Capacidad	19,7	6	118,2	6	118,2	6	118,2
Potencia	18,9	6	113,4	6	113,4	1	18,9
Costo	26,4	3	79,2	3	79,2	3	79,2
Resistencia mecánica	16,4	6	98,4	3	49,2	6	98,4
Eficacia	18,6	6	111,6	6	111,6	1	18,6
<b>TOTAL</b>			520,8		471,6		333,3

**Tabla 5. Evaluación de alternativas del subsistema de alimentación.**

		ALTERNATIVAS DEL SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN					
		BANDAS TRANSPORTADORAS		MECANISMO M-B-C		TOLVA-GRAVEDAD	
CRITERIO	[%]	A		B		C	
Capacidad	19,7	3	59,1	3	59,1	6	118,2
Potencia	18,9	6	113,4	6	113,4	1	18,9
Costo	26,4	3	79,2	3	79,2	6	158,4
Resistencia mecánica	16,4	6	98,4	3	49,2	3	49,2
Eficacia	18,6	6	111,6	6	111,6	1	18,6
<b>TOTAL</b>			461,7		412,5		363,3

**Tabla 6. Evaluación de alternativas del subsistema de separación.**

		ALTERNATIVAS DEL SUBSISTEMA DE SEPARACIÓN					
		TAMBOR PERFORADO		MESA VIBRATORIA		HOJA EN FORMA DE CUÑA	
CRITERIO	[%]	A		B		C	
Capacidad	19,7	6	118,2	3	59,1	6	118,2
Potencia	18,9	6	113,4	1	18,9	3	56,7
Costo	26,4	3	79,2	3	79,2	6	158,4
Resistencia mecánica	16,4	6	98,4	3	49,2	6	98,4
Eficacia	18,6	6	111,6	6	111,6	6	111,6
<b>TOTAL</b>			520,8		318		543,3

**Tabla 7. Evaluación de alternativas del subsistema de potencia.**

		ALTERNATIVAS DEL SUBSISTEMA DE POTENCIA					
		BANDAS O CORREAS		CADENA		ENGRANAJES	
CRITERIO	[%]	A		B		C	
Capacidad	19,7	3	59,1	3	59,1	3	59,1
Potencia	18,9	3	56,7	3	56,7	6	113,4
Costo	26,4	3	79,2	3	79,2	6	158,4
Resistencia mecánica	16,4	3	49,2	6	98,4	3	49,2
Eficacia	18,6	6	111,6	6	111,6	6	111,6
<b>TOTAL</b>			355,8		405		491,7

#### 4.7 ESPECIFICACIÓN DE ALTERNATIVA GANADORA

De acuerdo con las alternativas y los criterios de diseño determinantes se hizo la selección para el desarrollo del proyecto, con los resultados del análisis de alternativas del subsistema de corte (tabla 4) se obtuvo como mejor alternativa el diseño de Discos de corte, seguido de los rodillos con hoja cilíndrica, con resultados finales muy cercanos, es necesario considerar ambos sistemas de corte para la implementación en la máquina final.

De igual forma en el análisis de alternativas del subsistema de alimentación (tabla 5) no fue posible determinar quién es mejor entre el mecanismo Manivela-biela-Corredera y bandas transportadoras por módulos, por lo tanto, es necesario continuar el proceso de diseño considerando ambas alternativas.

Contrario a los subsistemas anteriores, para el subsistema de separación, y de acuerdo con el análisis de alternativas (tabla 6) la alternativa más efectiva para separar y conservar integras las semillas de cacao, es la hoja en forma de cuña.

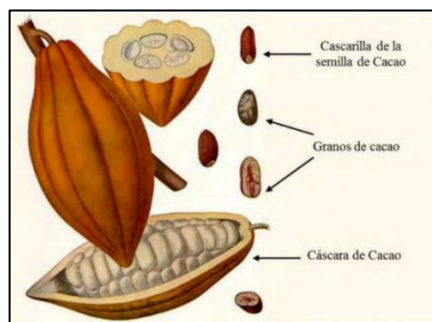
Así como en el subsistema de separación, para el subsistema de transmisión de potencia, el análisis de alternativas (tabla 7) resulta concluyente y a favor de los engranajes, aunque se debe tener en cuenta la opción de bandas y correas.

## 5. CARACTERIZACIÓN DE LA MAZORCA DE CACAO VARIEDAD CCN51

El cacao es una fruta utilizada en gran parte en la industria productora del chocolate, fruto del árbol conocido por el mismo nombre el cual alcanza una altura de unos 3 a 8 metros y sus frutos en forma de mazorca alcanzan tamaños de 15 a 25 cm de largo, el cacao se compone básicamente de un recubrimiento externo llamado cascara y en su interior los granos de cacao como se muestra en la **figura 14**, dichos granos se encuentran rodeados por una pulpa aromática esponjosa rica en azúcares, con un alto contenido de grasas saturadas y proteínas.<sup>3</sup>

Para la caracterización de las mazorcas de cacao CCN51, se tomaron mediciones a un grupo de frutos tomados de diferentes cargamentos procesados por la planta piloto, determinando con esto características promedio, máximas y mínimas de ancho, largo, espesor de la corteza, número de semillas por mazorca, peso de estas, y peso del fruto completo.

**Figura 14. Partes de la mazorca de cacao.**



Fuente: Partes del cacao [en línea] disponible en <http://cocoaszone.weebly.com/del-cacao-al-chocolate.html>

<sup>3</sup> Guía completa: lo que debes saber para cultivar cacao. En Grupo Bancolombia [en línea], Recuperado el 01 de febrero de 2019. Disponible en Internet: <https://www.grupobancolombia.com/wps/portal/negocios-pymes/actualizate/sostenibilidad/guia-cultivo-cacao>

## 5.1 LARGO PROMEDIO DE LA MAZORCA DE CACAO

Para la medición se utiliza una cinta métrica y de esta forma obtener de los datos tabulados, como se observa en la **tabla 8**, los valores de largo promedio (21,6 *cm*), largo máximo (25,7 *cm*) y largo mínimo (17,7 *cm*).

**Figura 15. Medición longitudinal del fruto cacao variedad CCN51 con utilización de cinta métrica.**



## 5.2 DIAMETRO EXTERIOR CENTRAL PROMEDIO DE LA MAZORCA DE CACAO

Con la utilización de un calibrador o pie de rey fueron tomados y tabulados los datos del diámetro central exterior como se muestra en la **tabla 8**, obteniendo valores de diámetro central promedio (9,4 *cm*), máximo (10,9 *cm*) y mínimo (7,8 *cm*).

**Figura 16. Medición ancho mazorca de cacao.**



### **5.3 DIAMETRO EXTERIOR DE LA PARTE FINAL PROMEDIO DE LA MAZORCA DE CACAO**

De los datos tabulados del diámetro final exterior como se muestra en la **tabla 8**, se obtuvieron promedio (8.9 cm), máximo (10,2 cm) y mínimo (8 cm).

**Figura 17. Medición ancho parte final mazorca de cacao.**



#### 5.4 ESPESOR DE CASCARA PROMEDIO DE LA MAZORCA DE CACAO

Con la obtención de los valores de espesor promedio (1,5 *cm*), máximo (1,9 *cm*) y mínimo (1,2 *cm*) como se muestra en la **tabla 8**, se obtuvo una estimación de la profundidad máxima aceptable para el corte de la corteza de cacao CCN51.

**Figura 18. Medición espesor de corteza mazorca de cacao.**



#### 5.5 ESPESOR DE CASCARA EN LA ZONA DE SUJECIÓN DE LA MAZORCA DE CACAO

La corteza o cascara del CACAO tiene un espesor diferente en su centro, parte final y extremo de sujeción a la rama, como factor determinante a la hora de definir los parámetros del subsistema de corte, los datos tabulados en la **tabla 8** arrojan para la zona de sujeción a la rama, un espesor promedio ( 2,6 *cm*), máximo ( 2,9 *cm*)y mínimo ( 2,4 *cm*).

**Figura 19. Espesor de cascara en la zona de sujeción de la mazorca de cacao.**



## **5.6 ESPESOR DE CASCARA EN LA ZONA FINAL DE LA MAZORCA DE CACAO**

Igual de importante a la mencionada anteriormente ya que conociendo los diferentes espesores de la mazorca de cacao se puede obtener una mejor visión del corte a realizar en el fruto, garantizando así un corte limpio en el cual no se vea comprometida la integridad de la pulpa, como se aprecia en la **tabla 8** se obtienen los valores de espesor promedio (3,1 *cm*), máximo (3,4 *cm*) y mínimo (2,8 *cm*).

**Figura 20. Espesor de la cascara en la zona final de la mazorca de cacao.**



## 5.7 PESO DE LA MAZORCA DE CACAO

El estudio morfológico para la caracterización del cacao CCN51 también permite obtener datos como el peso completo promedio de cada mazorca de cacao y el peso solo de la pulpa, datos que se pueden observar en la **tabla 9**, datos importantes a la hora de determinar los parámetros de funcionamiento y requerimientos para el subsistema de potencia y transporte *de los frutos*.

**Figura 21. a) Peso completo de mazorca de cacao y b) Peso pulpa de la mazorca de cacao.**



(a)

(b)

## 5.8 RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL CACAO VARIEDAD CCN51

Las **tablas 8 y 9** muestran los resultados obtenidos de la caracterización y determinación logrados con el estudio morfológico del cacao CCN51, utilizado en la planta piloto del parque tecnológico de Guatiguará.

**Tabla 8. Dimensiones obtenidas de las mazorcas de cacao.**

MAZORCA	LARGO (cm)	DIAMETRO CENTRAL EXTERIOR (cm)	DIAMETRO PARTE FINAL (cm)	ESPESOR CÁSCARA (cm)	ESPESOR CÁSCARA SUJECION (cm)	ESPESOR CÁSCARA FINAL (cm)
1	21,5	9,5	9	1,6	2,6	2,8
2	22,3	10,5	8	1,4	2,4	3,4
3	21,7	8,9	8,2	1,4	2,8	3,1
4	24,6	9,3	9,3	1,2	2,5	3
5	21,9	9,1	9,3	1,4	2,6	3,3
6	21,4	8,9	9	1,6	2,8	2,8
7	19,9	8,5	8,4	1,4	2,9	3,2
8	17,8	7,8	8	1,4	2,4	2,8
9	20,1	8,9	8,5	1,2	2,6	3
10	17,7	8,4	8	1,4	2,5	3,1
11	20,1	8,8	8,6	1,6	2,7	3,4
12	25,7	10	10,2	1,9	2,5	2,9
13	21	9	8,4	1,4	2,6	2,8
14	22,5	9,4	9,6	1,6	2,9	3,3
15	20,3	9,2	8,9	1,6	2,7	3,4
16	22,8	10,9	9,5	1,7	2,4	3
17	21,2	10,5	9,4	1,7	2,5	3,1
18	21,8	9,7	9,6	1,3	2,9	2,9
19	23,4	9,8	9,5	1,7	2,7	2,8
20	21,1	9,3	8,8	1,8	2,6	3,2
21	21,4	9,8	9,1	1,5	2,8	3
22	21	9,9	9,3	1,5	2,5	2,9
23	22,6	10,2	9,4	1,9	2,6	3,3
24	22,1	9,5	8,3	1,4	2,4	2,8
25	23,7	10,1	9,4	1,7	2,5	2,9
26	22,1	8,8	8,7	1,4	2,9	3,2
<b>promedio</b>	<b>21,6</b>	<b>9,4</b>	<b>8,9</b>	<b>1,5</b>	<b>2,6</b>	<b>3,1</b>
<b>max</b>	<b>25,7</b>	<b>10,9</b>	<b>10,2</b>	<b>1,9</b>	<b>2,9</b>	<b>3,4</b>
<b>min</b>	<b>17,7</b>	<b>7,8</b>	<b>8</b>	<b>1,2</b>	<b>2,4</b>	<b>2,8</b>

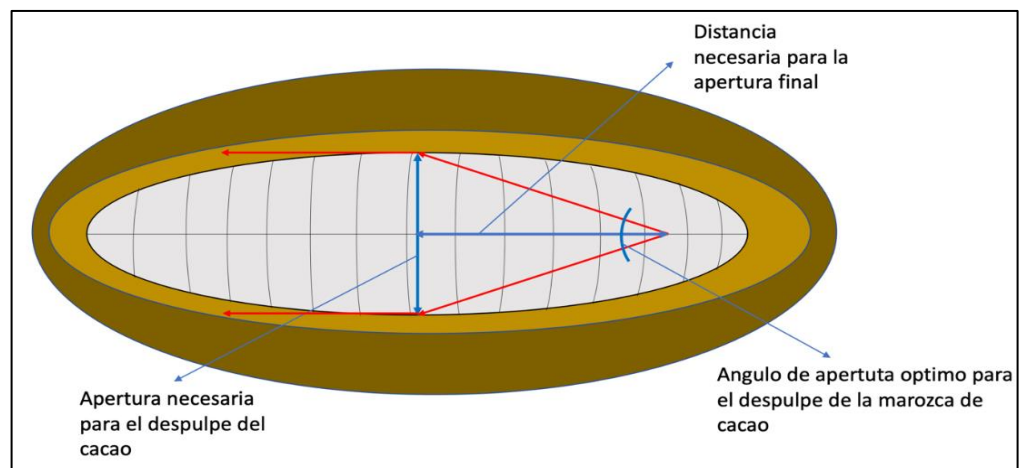
**Tabla 9. Datos obtenidos de los pesos de las mazorcas de cacao.**

<b>MAZORCA</b>	<b>PESO COMPLETO MAZORCA DE CACACO (gramos)</b>	<b>PESO PULPA MAZORCA DE CACACO (gramos)</b>
1	1200	225
2	1120	250
3	1050	325
4	890	230
5	1175	210
6	1050	310
7	800	290
8	1160	240
9	925	220
10	990	310
11	1150	330
12	1100	300
13	1050	215
14	1030	250
15	1140	225
16	820	215
17	1200	245
18	1180	260
19	1190	280
20	900	210
21	850	220
22	830	230
23	950	260
24	1080	310
25	1180	300
26	1000	290
<b>promedio</b>	<b>1038,8</b>	<b>259,6</b>
<b>max</b>	<b>1200</b>	<b>330</b>
<b>min</b>	<b>800</b>	<b>210</b>

## 6. DETERMINACIÓN DE LA FUERZA DE CORTE Y ANGULO DE APERTURA

Con los datos obtenidos anteriormente se realiza un modelo de una mazorca de cacao ideal con la cual se determina un ángulo promedio el cual servirá de referencia para las pruebas que se realizarán posteriormente con el fin de determinar el ángulo de apertura óptimo de la cuña y obtener la fuerza de corte promedio de la mazorca de cacao.

**Figura 22. Modelo mazorca de cacao.**

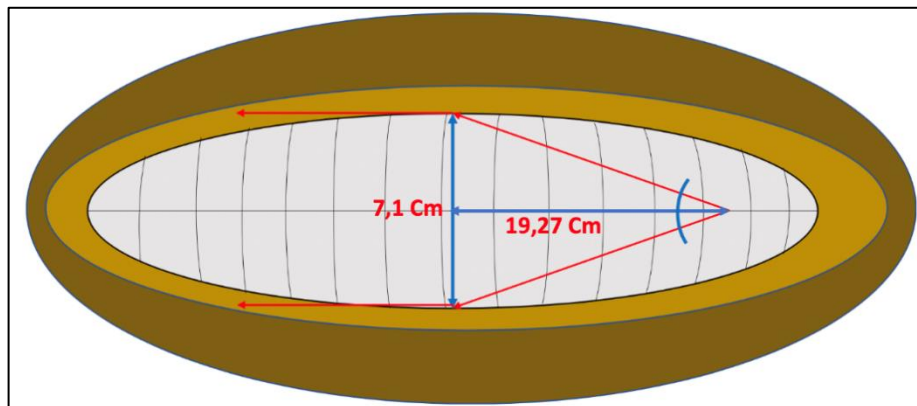


Para realizar los siguientes cálculos se toman los datos de las medidas máximas para garantizar que los resultados obtenidos apliquen a cualquier mazorca de cacao, utilizando como datos una longitud máxima de 25.7 cm, ancho o grosor de 10.9 cm, con un espesor de cascara de 1.9 cm. dejando como resultado una apertura de 7.1 cm.

Teniendo en cuenta la longitud máxima de la mazorca se asume una distancia de recorrido necesaria para la apertura final de tres veces la cuarta parte de esta medida que sería aproximadamente de 19.27 cm, con lo cual se calcula el ángulo de apertura.

<i>longitud cacao</i>	$l_c = 25,7 \text{ cm}$
<i>Ancho cacao</i>	$A_c = 10,9 \text{ cm}$
<i>Apertura</i>	$a_p = A_c - (\text{Grosor de cascara}) * 2$
	$a_p = 7,1 \text{ cm}$
<i>Distancia de recorrido necesaria</i>	$d_r = \frac{l_c}{4} * 3$
	$d_r = 19,27 \text{ cm}$

**Figura 23. Modelo de la mazorca de cacao y cálculos.**



*Relación trigonométrica*

$$\tan \theta = \frac{\left(\frac{7.1}{2}\right)}{19.27}$$

$$\theta = 10.43 \text{ grados}$$

*Angulo para la apertura*

$$2\theta = 20.87^\circ$$

## **6.1 PRIMER PROTOTIPO PARA REALIZAR PRUEBAS DE FUERZA DE CORTE Y ANGULO DE APERTURA**

Con los resultados y datos obtenidos del estudio morfológico, se desarrolló el primer prototipo de hoja-cuña fabricada en madera, ajustable a distintos ángulos de apertura, y un cono el cual permite direccionar el fruto accionado por un cilindro-pistón neumático como se puede apreciar en la **figura 25**, por medio de un manómetro medir la presión ejercida en cada accionamiento.

**Figura 24. Sistema para determinar fuerza de corte y apertura.**



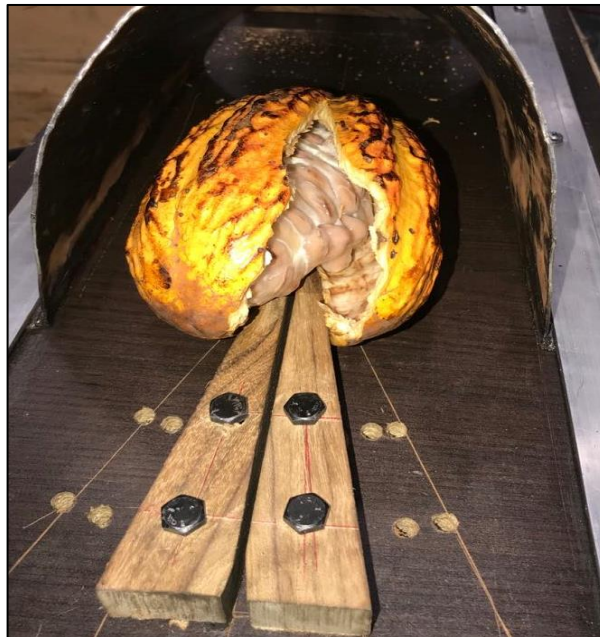
### **6.1.1 Cálculo para un ángulo de apertura de 20 grados.**

Inicialmente se determina que la “presión sin carga” para mover el sistema es de 11 psi, se llamará “presión real necesaria” a la presión necesaria para efectuar el corte y la apertura de la mazorca de cacao sin tener en cuenta la presión sin carga para mover el sistema. Inicialmente se plantea un ángulo de 20 grados de apertura de la cuña para el cual se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 10. Datos obtenidos para un ángulo de 20 grados de apertura.**

<b>MAZORCA</b>	<b>LONGITUD (cm)</b>	<b>ANCHO (cm)</b>	<b>PRESION (psi)</b>	<b>PRESION REAL NECESARIA (psi)</b>
1	24	9,5	55	44
2	17	8,5	63	52
3	22,5	9	65	54
4	23,5	9,5	52	41
5	19	9	70	59
6	23	10	66	55
7	22	9,3	58	47
<b>promedio</b>	<b>21,6</b>	<b>9,3</b>	<b>61,3</b>	<b>50,3</b>
<b>max</b>	<b>24</b>	<b>10</b>	<b>70</b>	<b>59</b>
<b>min</b>	<b>17</b>	<b>8,5</b>	<b>52</b>	<b>41</b>

**Figura 25. Corte de mazorca de cacao a 20 grados.**



### 6.1.2 Cálculo para un ángulo de apertura de 25 grados.

En la tabla 11 se especifican los datos obtenidos a partir de las pruebas al variar el ángulo de apertura de 20 grados a 25 grados.

**Tabla 11. Datos obtenidos para un ángulo de 25 grados de apertura.**

MAZORCA	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Presión (psi)	PRESION REAL NECESARIA (psi)
1	19	10	65	54
2	21	8	70	59
3	17	9,5	82	71
4	19,5	8,5	68	57
5	18,5	8,2	75	64
6	22	10	74	63
7	20,5	9,5	69	58
<b>promedio</b>	<b>19,6</b>	<b>9,1</b>	<b>71,9</b>	<b>60,9</b>
<b>max</b>	<b>24</b>	<b>10,5</b>	<b>82</b>	<b>71</b>
<b>min</b>	<b>17</b>	<b>8</b>	<b>65</b>	<b>54</b>

**Figura 26. Corte de mazorca de cacao a 25 grados.**



### 6.1.3 Cálculo para un ángulo de apertura de 30 grados.

Se realizan pruebas para 30 grados de apertura y se obtienen los siguientes resultados:

**Tabla 12. Datos obtenidos para un ángulo de 30 grados de apertura.**

MAZORCA	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Presión (psi)	PRESION REAL NECESARIA (psi)
1	24	10,5	75	64
2	21	9	78	67
3	21	9,5	80	69
4	17	8	85	74
5	18,5	8,5	90	79
6	23,5	9	82	71
7	21,3	9,2	86	75
<b>promedio</b>	<b>20,9</b>	<b>9,1</b>	<b>82,3</b>	<b>71,3</b>
<b>max</b>	<b>24</b>	<b>10,5</b>	<b>90</b>	<b>79</b>
<b>min</b>	<b>17</b>	<b>8</b>	<b>75</b>	<b>64</b>

**Figura 27. Corte de mazorca de cacao a 30 grados.**



#### **6.1.4 Cálculo para un ángulo de apertura de 40 grados.**

Posteriormente se realizaron las pruebas para el ángulo siguiente que fue 40 grados, pero debido a su apertura no fue suficiente la presión de 100 psi y se pudo observar el atascamiento ejercido por la cuña a la mazorca.

**Figura 28. Corte de mazorca de cacao a 40 grados.**

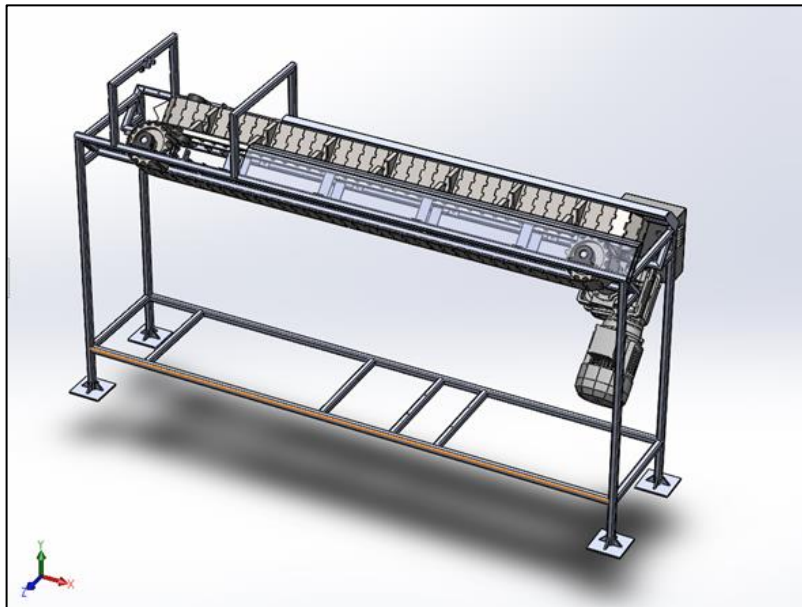


### **8.1 SUBSISTEMA DE ENTRADA DE POTENCIA Y TRASPORTE**

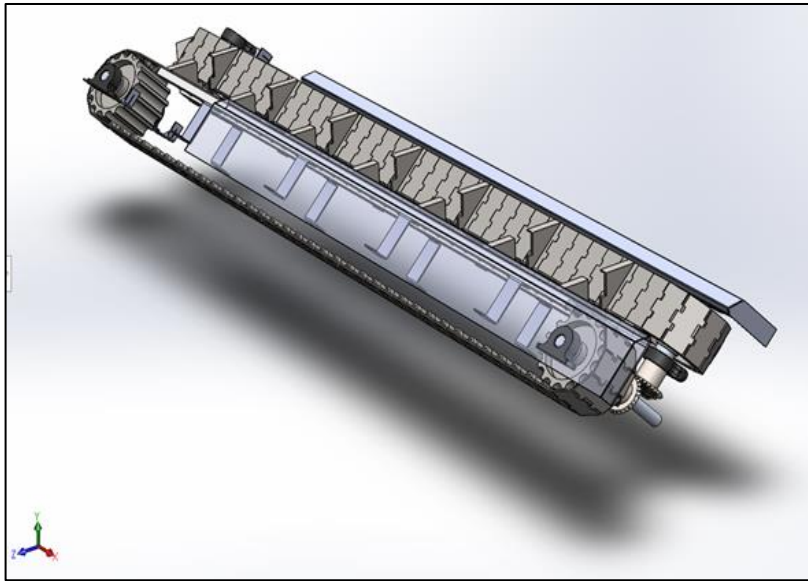
Para este proyecto se seleccionó un diseño en el que se implementaron dos bandas modulares las cuales se posicionaron en forma inclinada formando una “V” entre ellas, esto se diseñó con el fin de garantizar un transporte eficiente de las mazorcas de cacao cubriendo las diferencias en medidas que se presenten. Adicionalmente

las bandas transportadoras cuentan con unas piezas acopladas (Figura 32) las cuales cumplen la función de arrastre de las mazorcas de cacao, esta distancia está determinada a partir de los datos obtenidos de dimensionamiento en la tabla 8. Se plantea la fabricación de las piezas de empuje que van sobre la banda transportadora en acero inoxidable AISI 304 Calibre 16.

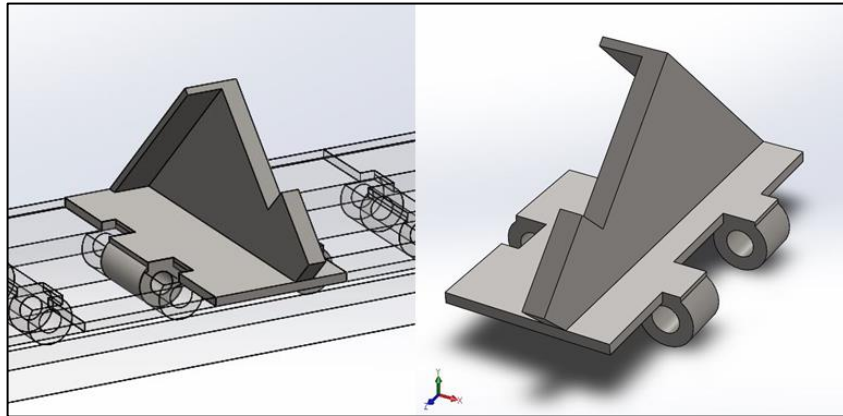
**Figura 29. Subsistema de entrada de potencia y transporte de fruto.**



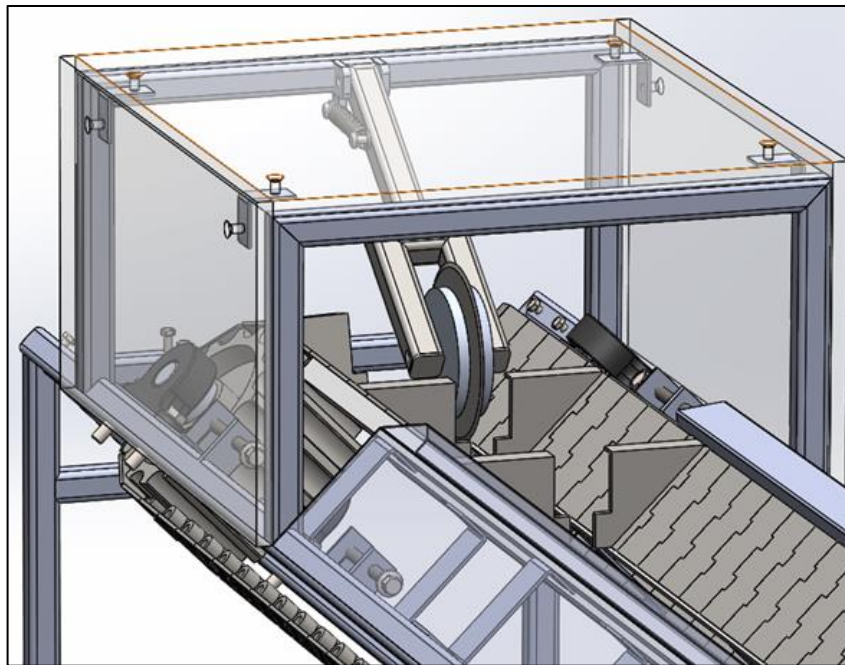
**Figura 30. Sistema de banda transportadora.**



**Figura 31. Eslabón de la banda y su respectivo acople.**



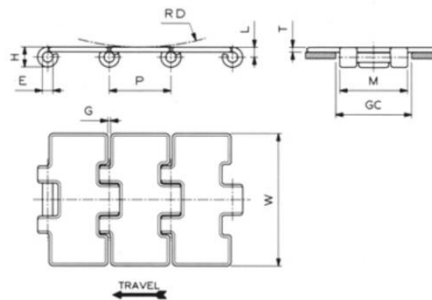
**Figura 32. Acople final de eslabones con sus respectivas guías.**



### **8.1.1 Selección de banda transportadora.**

DESING LTDA es una empresa santandereana que cuenta con más de 25 años de experiencia, la cual se dedica al diseño, construcción y montaje de plantas principalmente en el sector de alimentos. Se ha decidido trabajar con esta empresa la cual además de lo mencionado anteriormente cuenta con un amplio catálogo especializado en partes para el movimiento de material. De este catálogo se seleccionó una cadena corredera recta serie 915 referencia SS915-4 K 4  $\frac{1}{2}$ , los eslabones cuentan con una medida de 114,3 mm de largo y un paso de 38,1 mm, este tipo de cadena puede usarse como banda de transporte la cual a su vez permite un fácil ensamblaje y adaptación de las guías requeridas para el transporte de las mazorcas de cacao. Esta banda cuenta con las siguientes características:

Figura 33. Características de la banda seleccionada.



Dimension	mm	Inches
P	38,1	1.5
T	3	.118
M	42	1.654
L	6,4	.252
H	13	.512
E	6,35	.25
RD	150	5.906
GC	44	1.732



Chain material  
see page 12



Sprockets and Idler  
wheels see pages 172-178



Sprocket positioning  
see page 299

915 (Straight Running - Gap 1,6 mm)

MATERIAL	REGINA REF.	CHAIN WIDTH W		GAP G		SURFACE FINISH Ra µm	YIELD LOAD AVERAGE		CHAIN WEIGHT	
		mm	Inches	mm	Inches		N	lbs	kg/m	lbs/ft
FERRITIC STAINLESS STEEL (SS-4)	SS 915-4 K 3 ¼	82,6	3.25	1,6	0.063	0,3	5800	1,305	2,52	1.69
	SS 915-4 K 83,8	83,8	3.30	1,6	0.063	0,3	5800	1,305	2,55	1.71
	SS 915-4 K 4 ½	114,3	4.50	1,6	0.063	0,3	5800	1,305	3,21	2.16
	SS 915-4 K 7 ½	190,5	7.50	1,6	0.063	0,3	5800	1,305	4,87	3.27
PRIMA (P)	P 915 K 3 ¼	82,6	3.25	1,6	0.063	0,3	8500	1,913	2,57	1.73
	P 915 K 83,8	83,8	3.30	1,6	0.063	0,3	8500	1,913	2,60	1.75
	P 915 K 4 ½	114,3	4.50	1,6	0.063	0,3	8500	1,913	3,28	2.20
	P 915 K 7 ½	190,5	7.50	1,6	0.063	0,3	8500	1,913	4,98	3.35
	XP 915 K 3 ¼	82,6	3.25	1,6	0.063	0,2	8500	1,913	2,57	1.73
XP 915 K 83,8	83,8	3.30	1,6	0.063	0,2	8500	1,913	2,60	1.75	

Standard length: 3,048 m (10 feet)

Fuente: Cadena Regina 915 [en línea] disponible en: [www.sdr.pt](http://www.sdr.pt).

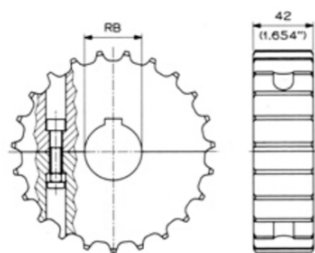
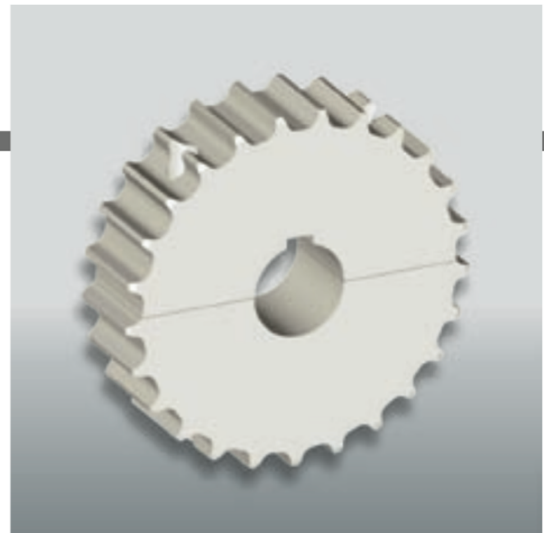
Adicional a la selección de la banda se encuentra en el mismo catalogo los piñones funcionales para este tipo de bandas de los cuales se seleccionó el uso de piñones Z19 en termoplástico los cuales se usan normalmente para cargas medianas. Son más ligeros (hasta 5 veces) que las ruedas de acero, tienen alta resistencia a la corrosión y al ataque químico.

Figura 34. Características del piñón seleccionado.



**FliteTop®**

**SPROCKETS FOR M815 - 815 - 915 - HD 915  
981M - HD 981M - G 815 - G 981M SERIES**



**SPLIT DRIVE AND IDLER SPROCKETS**

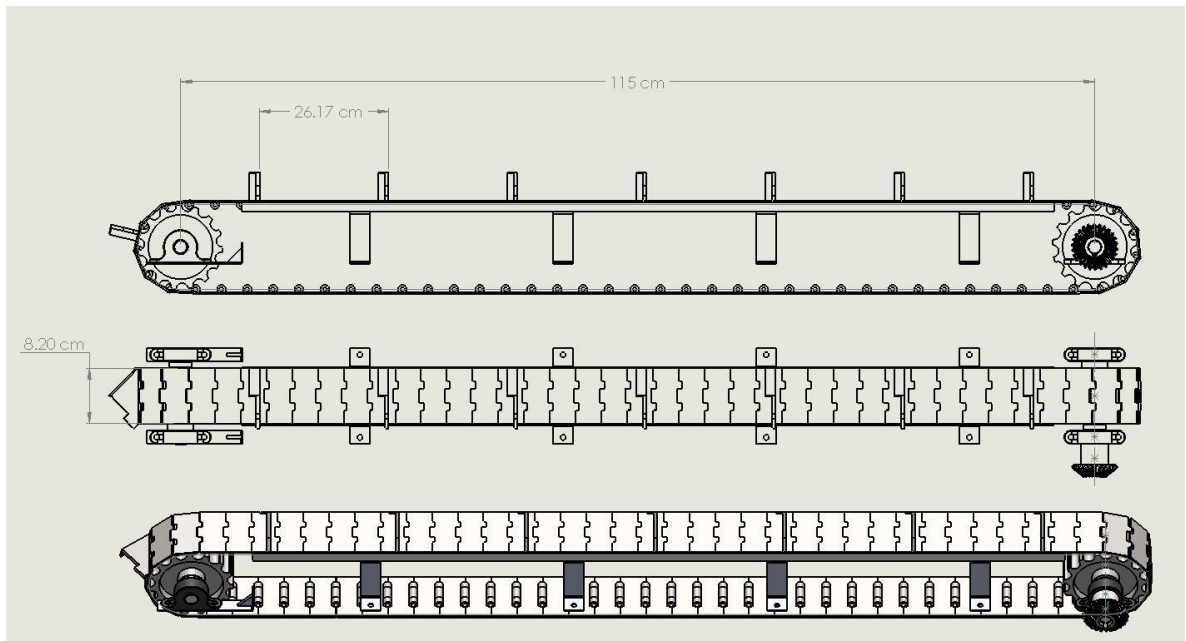
N° TEETH		PITCH DIAM.		OUTSIDE DIAM.		RB SIZE		REGINA		WEIGHT		
Z actual	Z effective	mm	inches	mm	inches	mm	inches	DRIVE	IDLER	Kg	lb	
								19	CMAS 02 815 19 19G	CMAS 02 815 19 19G	0,50	1.10
								25	CMAS 02 815 19 25	CMAS 03 815 19 25	0,46	1.01
								30	CMAS 02 815 19 30	CMAS 03 815 19 30	0,45	0.99
								35	CMAS 02 815 19 35	CMAS 03 815 19 35	0,44	0.97
								40	CMAS 02 815 19 40	CMAS 03 815 19 40	0,43	0.95
19	9,5	117,34	4.62	117,0	4.6			1	CMAS 02 815 19 254	CMAS 03 815 19 254	0,47	1.04
								1 7/16	CMAS 02 815 19 365	CMAS 03 815 19 365	0,45	0.99
								1 3/16	CMAS 02 815 19 492	CMAS 03 815 19 492	0,42	0.93

Fuente: Piñón Regina [en línea] disponible en: [www.sdr.pt](http://www.sdr.pt).

Después de realizarse la selección de eslabones que se usaran para el diseño, procedemos a dimensionar la banda partiendo de la geometría de los eslabones y tipo de piñón seleccionados. Como se menciona anteriormente se toma el largo del eslabón como el ancho de la banda transportadora (114,3 mm) y con respecto al largo de la banda se ha determinado la trayectoria de arrastre de los frutos de 115 cm la cual permite realizar el proceso de corte y despulpado.

Se realiza el modelo en el software SOLIDWORKS con el cual se puede determinar la longitud del trayecto y con esto se puede calcular el número de eslabones necesarios para realizar un recorrido de 115 cm con piñones de 117,34 mm, dando como resultado longitud total por banda= 266,86 cm.

**Figura 35. Banda transportadora.**



*Número de eslabones*

$$N_e = \frac{\text{Longitud total de banda}}{\text{paso}}$$

$$N_e = \frac{266,86}{3,81}$$

$$N_e = 70,041 \approx 70 \text{ por banda}$$

Se debe tener en cuenta que la cantidad de eslabones debe ser entera por lo que se define como 70 el número de eslabones por banda, esto se compensa con el ajuste realizado entre el eje y las chumaceras.

Se conoce que inicialmente se plantea el uso de 2 bandas de igual magnitud y características, por lo siguiente se determina que se necesitan 4 piñones de los cuales correspondería a dos piñones por banda, los cuales ya están previamente seleccionados.

Se calcula la distribución de placas, las cuales se adaptan a los eslabones teniendo en cuenta que esta distancia debe ser mayor a la longitud máxima de las mazorcas y también se tiene en cuenta el espesor de la placa. Partiendo de la medida conocida de 25,7 cm (longitud máxima mazorca de cacao) y el espesor de placas.

Teniendo en cuenta que sería un total de 70 eslabones se plantea la ubicación de las placas a 26,17 cm lo cual sería una placa cada 7 eslabones, para esta situación se define un total de 4 mazorcas como carga máxima al sistema de transporte por lo tanto se tendría que:

*Número de placas*

$$N_p = N_e * \frac{1 \text{ placa}}{7 \text{ eslabones}}$$

$$N_p = 70 \text{ eslabones} * \frac{1 \text{ placa}}{7 \text{ eslabones}}$$

$$N_p = 10 \text{ placas Por banda}$$

Determinado lo anterior se calcula la cantidad de mazorcas de cacao en kilogramos que se deben procesar por hora para que se cumpla el objetivo de procesar una tonelada al día, asumiendo un día como 8 horas de trabajo.

*Flujo másico*

$$n_m = \frac{1 \text{ ton}}{\text{dia}} * \frac{1000 \text{ Kg}}{1 \text{ ton}} * \frac{1 \text{ dia}}{8 \text{ h}}$$
$$n_m = 125 \text{ Kg/h}$$

Teniendo en cuenta es resultado se calculó la velocidad de operación del sistema, conociendo que por cada 7 *eslabones* (26,67 cm) se procesa una mazorca de cacao las cuales cuentan con un peso mínimo de 800 gramos, conociendo esta información se tiene que:

*Distancia a recorrer para 125 kg*

$$d_{125} = \frac{26,67 \text{ cm}}{0,8 \text{ Kg}} * 125 \text{ Kg}$$
$$d_{125} = 4167,19 \text{ cm}$$
$$d_{125} = 41,672 \text{ m/h}$$

*Velocidad de la banda*

$$V_b = 42,672 \frac{\text{m}}{\text{h}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}}$$
$$V_b = 0,01158 \text{ m/s}$$

Se obtiene que la velocidad de la banda debe ser de 0,01158 m / s para poder cumplir con la meta diaria de 1 tonelada.

### **8.1.2 Cálculo y selección del motor.**

Para el cálculo de la potencia se toma como base los datos obtenidos sobre dimensionamiento, peso de las mazorcas de cacao y adicional a esta información se debe tener en cuenta varios factores como:

- Material para transportar: tamaño (largo y ancho), peso (mínimo y máximo), abrasividad y temperatura.

- Distancia para recorrer: Se debe tener un esquema con las dimensiones adecuadas.
- Capacidad: Tasa de trabajo expresada en Kg/h y fuerza mínima a transmitir en Kgf.
- Método de alimentación para la banda transportadora.
- Condiciones de operación: Horas de operación al día, velocidad de trabajo y condiciones climáticas.
- Factor de corrección de potencia.

**Tabla 13. Requerimientos de funcionamiento para selección del motor.**

ITEM	VARIABLE	MAGNITUD	UNIDAD	DESCRIPCION
<b>Material</b>	Largo	25,7 - 17,7	Cm	Largo máximo y mínimo
	Ancho	10,9 - 7,8	Cm	Ancho máximo y mínimo
	Peso	1200 - 800	g	peso por unidad maximo y minimo
	Abrasividad	si	-	Cuenta con una superficie irregugar y abrasiva
	Temperatura	20 - 25	°C	Temperatura ambiente
<b>Capacidad</b>	Fuerza	52,13	Kgf	Fuerza minima que debe transmitir
	Tasa de trabajo	125	Kg/h	Minima produccion requerida
<b>Alimentacion</b>	Manual	1	-	Se realiza manual en un solo punto
<b>Condiciones</b>	Horas	8	Horas/dia	Horas de trabajo
	Clima	20 - 25	°C	Temperatura ambiente
	Velocidad	0,008921403	m/s	Velocidad promedio de operación

El motor debe aportar una potencia necesaria para mover todo el sistema y transmitir la fuerza necesaria para que el fruto de cacao pase por el sistema de corte, se hace necesario conocer la fuerza de corte ( $f_{corte}$ ).

*Fuerza de corte*

$$f_{corte} = 52 [Kgf]$$

$$f_{corte} = 509,95 [N]$$

Cada fruto de cacao ejerce sobre la banda transportadora una fuerza producida por su propio peso, considerando el peso máximo tabulado en la **tabla 9**.

*Fuerza producida por el cacao*

$$f_{\text{pesocacao}} = m * g$$

$$f_{\text{pesocacao}} = 1,2 \text{ [Kg]} * 9,81 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

$$f_{\text{pesocacao}} = 11,76 \text{ [N]}$$

*Fuerza total en banda*

$$f_{\text{cacao total}} = f_{\text{pesocacao}} * n_{\text{cacao}}$$

$$f_{\text{cacao total}} = 11,76 \text{ [N]} * 4 \text{ [cacaos]}$$

$$f_{\text{cacao total}} = 47,04 \text{ [N]}$$

También se incluyó el peso de la banda, para esto se accedió al catálogo de esta la cual brinda información acerca del peso lo cual se puede apreciar en la **figura 38**. Anteriormente se calculó la longitud por banda la cual sería de 266,86 cm debido a que el análisis se está realizando para dos bandas, se tiene que:

*Longitud total bandas*

$$l_b = 266,86 \text{ [cm]} * 2 \text{ [tramos]}$$

$$l_b = 533,72 \text{ [cm]}$$

$$l_b = 5,3372 \text{ [m]}$$

*peso por metro de banda*

$$w_{\text{banda}} = 3,21 \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{m}} \right]$$

*Peso total bandas*

$$w_{\text{banda}} = l_b \text{ [m]} * w_{\text{banda}}$$

$$w_{\text{banda total}} = 5,3372 \text{ [m]} * 3,21 \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{m}} \right]$$

$$w_{\text{banda total}} = 17,132 \text{ [Kg]}$$

*Fuerza total por peso de bandas*

$$f_{\text{Total bandas}} = w_{\text{banda total}} * g$$

$$f_{\text{Total bandas}} = 17,132 \text{ [Kg]} * 9,81 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

$$f_{\text{Total bandas}} = 168,07 \text{ [N]}$$

Una vez calculadas las fuerzas, se calcula la tensión total en la banda transportadora.

### *Fuerza de tensión total*

$$\begin{aligned} f_{tension} &= f_{corte} + f_{Cacao_{total}} & f_{tension} &= 509,95 + 47,07 + 168,07 \\ &+ f_{Total_{bandas}} & f_{tension} &= 725.09 [N] \end{aligned}$$

Con esta fuerza de tensión calculada y la velocidad de transporte de la banda se obtuvo la potencia requerida, esta será alterada por factores de diseño para al final obtener la potencia corregida. Cabe resaltar que como se menciona anteriormente para este sistema de transporte se seleccionó una cadena la cual cumple la función de banda de transporte, se implementó la metodología para el cálculo de potencia del catálogo de cadena JORESA el cual es aplicable tanto a cadenas de rodillos como a cadenas modulares de norma europea y norma americana.

### *Potencia*

$$\begin{aligned} Pot &= f_{tension} * v & Pot &= 725.09 * 0,01158 \\ & & Pot &= 8,3967 [W] \end{aligned}$$

## **COEFICIENTE F1**

En este coeficiente se tiene en cuenta tanto la regularidad de marcha del motor de accionamiento, como la condición de operación de cadena.

**Figura 36. Coeficiente  $f_1$ .**

Tipo de carga	Ejemplo de máquinas	Motor eléctrico o turbina	Accionamiento	
			Motor de combustión interna Trans. hidráulica	Trans. mecánica
Regular	Agitadores de líquidos. Bombas centrífugas y de engranajes. Compresores centrífugos. Elevadores y transportadores con carga regular. Generadores y alternadores. Hiladoras. Maquinaria de imprenta. Maquinaria para la fabricación de papel. Montacargas y ascensores. Teleféricos. Maquinas herramientas (toros, taladradoras, fresadoras, rectificadoras). Ventiladores y máquinas soplantes.	1	1	1,2
Irregular	Agitadores de sustancias poco fluidas. Bombas de émbolo de más de 2 cilindros. Compresores alternativos de más de 2 cilindros. Hélices (aplicaciones marinas). Elevadores y transportadores con carga irregular. Laminadoras. Mezcladores. Maquinaria para carpintería. Maquinaria para formar tubos. Trefiladoras. Molinos para materias homogéneas y blandas. Telares.	1,3	1,2	1,4
A golpes	Aparejos de elevación. Bombas de 1 y 2 cilindros. Dragas. Excavadoras. Elevadores y transportadores con carga muy irregular y pesada. Grúas. Maquinaria para perforación. Maquinaria para fabricar ladrillos. Maquinas herramientas (prensas, cizallas, limadoras, cepilladoras). Molinos para materias duras e irregulares. Rotocultivadores. Trituradoras.	1,5	1,4	1,7

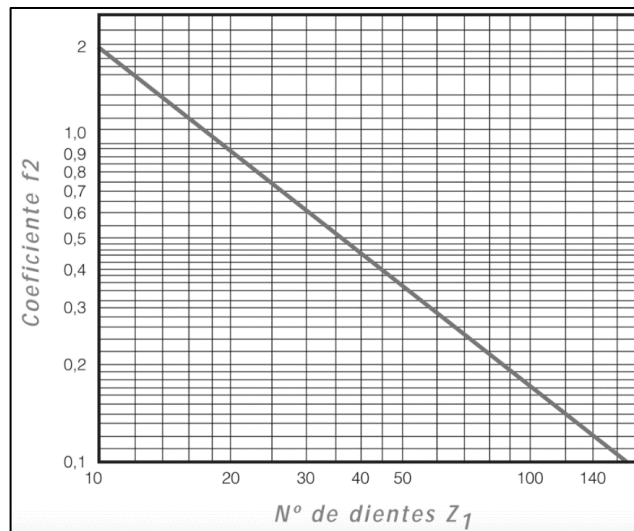
Fuente: Coeficiente  $f_1$  [en línea] disponible en: [www.joresa.com](http://www.joresa.com).

Para este proyecto la cadena se implementará como transporte con carga regular en la máquina y funcionará con un motor eléctrico para lo cual tenemos  $f_1 = 1$ .

## COEFICIENTE $F_2$

Este coeficiente se determina a partir de los números de dientes del piñón en este caso para  $z=19$ .

**Figura 37. Coeficiente  $f_2$ .**



Fuente: Coeficiente  $f_2$  [en línea] disponible en: [www.joresa.com](http://www.joresa.com).

Se define que, para piñones con un número diferente a 19 dientes, se utiliza la figura 47 para calcular el coeficiente  $f_2$  donde  $z$  es el número de dientes. Si el piñón cuenta con un número de dientes igual a 19, el coeficiente  $f_2 = 1$ .

### COEFICIENTE F3

Este coeficiente tiene en cuenta la relación de transmisión, distancia entre centros y la disponibilidad del montaje.

**Figura 38. Coeficiente  $f_3$ .**

		Relación de transmisión							
		1:1	2:1	3:1	4:1	5:1	6:1	7:1	8:1
Distancia entre centros, C	20 pasos	1,45	1,25	1,15	1,08	1,03	0,99	0,96	0,92
	30 pasos	1,31	1,14	1,06	1,01	0,97	0,94	0,91	0,87
	40 pasos	1,22	1,07	1,00	0,95	0,92	0,89	0,86	0,84
	50 pasos	1,15	1,01	0,95	0,91	0,88	0,85	0,83	0,81
	60 pasos	1,08	0,97	0,91	0,87	0,85	0,82	0,81	0,78
	80 pasos	1,00	0,87	0,84	0,81	0,79	0,77	0,75	0,73

Fuente: Coeficiente  $f_3$  [en línea] disponible en: [www.joresa.com](http://www.joresa.com).

Se conoce que para la cadena seleccionada el paso de eslabón es de 3,81 cm (figura 41) y la cadena cuenta con una distancia entre centros de 115 cm, por lo tanto, se tiene 30,18 pasos entre los centros y una relación 1:1. Realizando el respectivo cálculo se obtiene un factor  $f_3 = 1,31$ .

Con los factores definidos se procede a reemplazar cada uno de los valores en la ecuación de potencia corregida y así obtener la potencia final.

*Potencia corregida*

$$Pot_{corregida} = f_1 * f_2 * f_3 * Pot$$

$$Pot_{corregida} = 1 * 1 * 1,31 * 8,3967$$

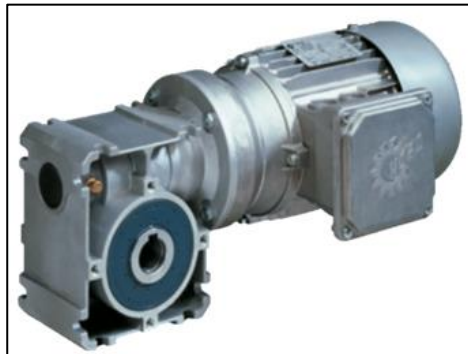
$$Pot_{corregida} = 10,99 \approx 11 [W]$$

$$Pot_{corregida} = 0.0147512 [Hp]$$

Se observa que la potencia requerida para el sistema es baja por lo cual se realiza la selección de un motorreductor de baja potencia lo cual genera un ahorro en potencia y se podrá cumplir con la calidad del trabajo.

Para la selección del motor, en conjunto con la empresa patrocinadora del proyecto se determina la implementación de un motorreductor Nord serie SI MR SK63-IEC 80S/4 HP0.75 REL 60.00, el cual posee una potencia de 0,75 Hp y además presenta un eje hueco a la salida del reductor por lo tanto no se necesitará un acople para conectar los ejes.

**Figura 39. Motorreductor NORD.**



Fuente: Motorreductor Nord serie SI MR SK63-IEC 80S/4 HP0.75 REL 60.00 [en línea] disponible en: [www.nord.com](http://www.nord.com).

### **8.1.3 Cálculo y selección de chumaceras.**

Para este procedimiento se realiza seguimiento de las recomendaciones brindadas por la página de SKF<sup>4</sup> y NTN-SNR<sup>5</sup> ya que son las empresas más grandes de rodamientos conocidas, con esta información se puede garantizar la correcta selección de las chumaceras.

## **ESPACIO DISPONIBLE**

Para determinar el diámetro del agujero del rodamiento que se seleccionó, fue necesario conocer el diámetro del eje, según SKF, existen diferentes tamaños de rodamientos para un único diámetro de agujero, es decir, para un único diámetro de eje (figura 41), hay un rango de diámetros inferiores de eje (<10 mm) y ejes de

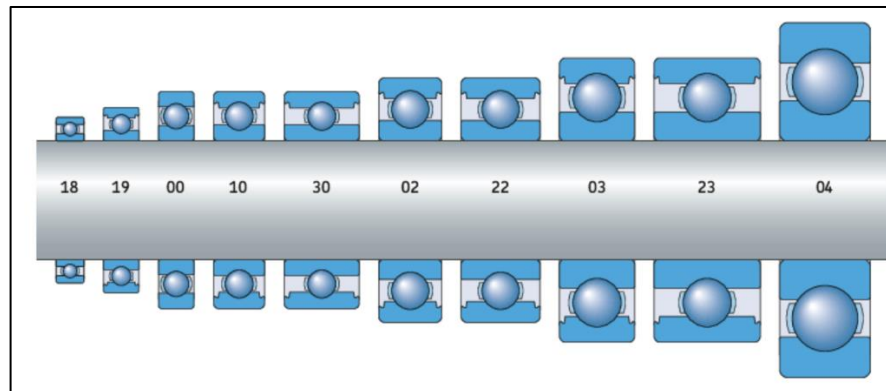
---

<sup>4</sup> SKF. Compañía que se dedica al diseño y provisión de rodamientos, sellos, sistemas de lubricación, productos y sistemas para mantenimiento, productos mecatrónicos, productos para transmisión de potencia y otros servicios relacionados a nivel global. [En línea]. (consultado: 10 de enero de 2020). Disponible en internet: <https://www.skf.com/co>

<sup>5</sup> NTN-SNR. Compañía líder mundial en rodamientos, juntas de transmisión, módulos lineales, rodillos de distribución, piezas de suspensión, servicios y formaciones asociadas. [En línea]. (consultado: 10 de enero de 2020). Disponible en internet: <https://www.ntn-snr.com/>

diámetro normal ( $>10$  mm), en este caso se usó un diámetro de eje de 25 mm, el cual se identifica como un eje de diámetro normal.

**Figura 40. Disposiciones de rodamientos en el eje.**



Fuente: Disposiciones de rodamientos en el eje GRUPO SKF [en línea] disponible en: [www.skf.com](http://www.skf.com).

## **CARGAS**

Es importante tener conocimiento de los factores que se deben tener en cuenta al momento de analizar las cargas del rodamiento que compone la chumacera:

- Los rodamientos de bolas están diseñados para soportar cargas principalmente axiales y radiales, desde cualquier dirección lo cual permite un funcionamiento a una velocidad relativa elevada.
- Los rodamientos con jaula separan los elementos rodantes para mantener un bajo rozamiento y generación de calor, además esto permite que la carga se distribuya uniformemente.

Se conoce que en los rodamientos normalmente se aplican cargas radiales y axiales moderadas, para este proyecto se presentaron cargas axiales y radiales relativamente pequeñas para lo cual se seleccionan rodamientos rígidos de bolas los cuales se usan habitualmente para este tipo de cargas pequeñas y moderadas.

## **VELOCIDAD Y FRICCIÓN**

Para este proyecto se tuvo en cuenta que la velocidad de operación de la maquina es baja, por este motivo se requiere rodamientos que tengan una resistencia a la fricción baja y así poder obtener un óptimo desempeño de la máquina, para lo cual se aplica el uso de rodamientos rígidos de bolas los cuales como se menciona anteriormente tienen un momento de fricción bajo.

## **TEMPERATURA**

Se debe tener en cuenta que la temperatura admisible de funcionamiento está limitada por los siguientes factores:

- El lubricante, principalmente es el factor que más influye ya que depende del tipo que use y su compatibilidad con el proceso.
- la velocidad, para este proceso se manejarán velocidades bajas por lo que se generara poca fuerza de rozamiento lo cual evita generar grandes emisiones de calor.
- Condiciones de operación, estabilidad de los aros y elementos rodantes.

## **RIGIDEZ**

Esta se caracteriza por la magnitud de la deformación elástica del rodamiento bajo carga, depende del tamaño y tipo de rodamiento, además del juego de funcionamiento. A continuación, se presentan aspectos fundamentales de la rigidez los cuales dependen del tipo de rodamiento usado.

- La rigidez puede varia mediante la aplicación de precargas.
- La rigidez es mayor en los rodamientos de rodillos que en los de bolas.
- la rigidez es mayor en rodamientos que no posees jaula.
- la rigidez es mayor en rodamientos híbridos.

El rodamiento rígido de bolas seleccionado cuenta con un nivel medio de rigidez, esto no afecta el sistema ya que trabaja a baja carga y potencia.

## SELLADO INTEGRAL

Este se realiza para cubrir principalmente las siguientes acciones:

- Proteger el rodamiento de la contaminación y prolongar su vida útil.
- Mantener el lubricante en el rodamiento y evitar la contaminación de los componentes en contacto.

## TIPO DE CHUMACERA

Generalmente existen distintas disposiciones de chumaceras, las configuraciones más populares las cuales se adaptan mejor a diferentes aplicaciones son: con soporte tipo puente o de pie, brida ovalada y brida cuadrada.

**Figura 41. Material bridas (cuerpo de soporte) NTN.**



Fuente: Rodamientos NTN-SNR [en línea] disponible en: [www.ntn-snr.com](http://www.ntn-snr.com).

En la **figura 42** se puede observar los diferentes tipos de materiales y superficies de los cuerpos de soporte y en la **figura 43** se tiene la capacidad anticorrosiva de los materiales.

**Figura 42. Capacidad anticorrosiva del material.**

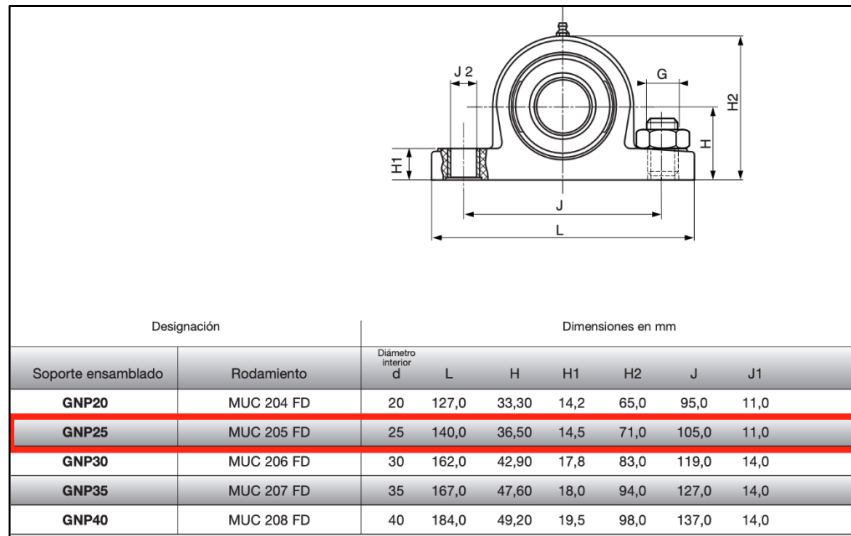
Materiales		Condición	Atmósfera		Agua		Ácido		
			Seco	Húmedo	Agua natural	Agua sódico	Ácido nitrogenado	Ácido sulfúrico	Ácido clorhídrico
Acero inoxidable martensite SUS440C, SUS410			○	△	△	▲	▲	×	×
Acero inoxidable de austenita SUS304, SCS13			◎	◎	◎	○	◎	○	△
Plásticos poliéster VALOX 420			◎	◎	◎	◎	▲	○	○
Polipropileno, polietileno			◎	◎	◎	◎	○	○	○
Acero duro de carbono SUJ2			△	▲	▲	×	×	×	×
Acero de carbono, Hierro fundido			▲	×	×	×	×	×	×

Fuente: Rodamientos NTN-SNR [en línea] disponible en: [www.ntn-snr.com](http://www.ntn-snr.com).

Teniendo en cuenta la anterior información se procede a seleccionar una chumacera con soporte tipo puente, este tipo de soporte además de sus características asegura con facilidad la banda permitiendo un óptimo desempeño. Adicionalmente, para el rodamiento se selecciona la serie SUC (Rodamiento de acero inoxidable con apriete por tornillo de fijación).

El diámetro del eje está restringido por el dimensionamiento de los piñones seleccionados, por lo tanto, se tiene un eje de 25 mm de diámetro. Conociendo esta información y teniendo en cuenta la baja potencia utilizada en la maquina se plantea la implementación de un soporte termoplástico con un rodamiento en acero inoxidable, la cual soportara el eje que sostiene el piñón de cada extremo de la banda.

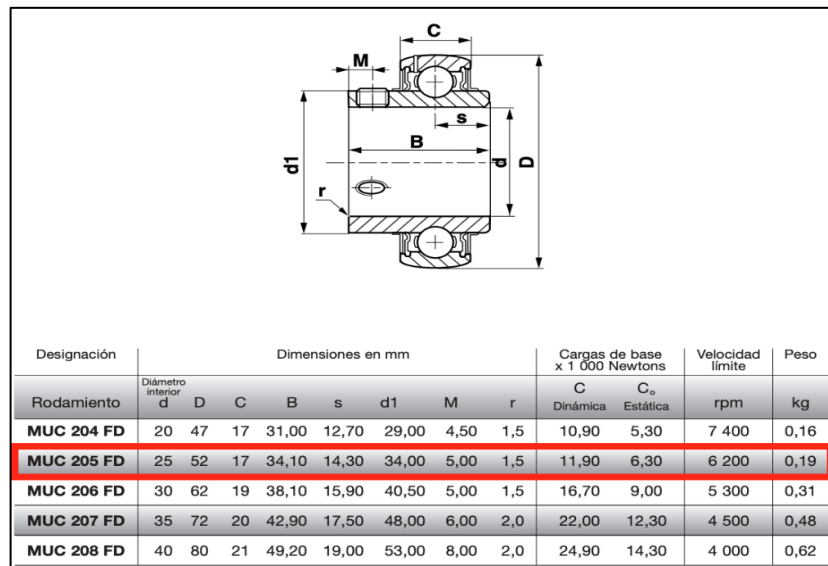
**Figura 43. Soporte termoplástico NTN-SRN.**



Fuente: Rodamientos NTN-SNR [en línea] disponible en: [www.ntn-snr.com](http://www.ntn-snr.com).

Se seleccionó el soporte termoplástico **GNP25**.

**Figura 44. Rodamiento acero inoxidable NTN-SRN.**



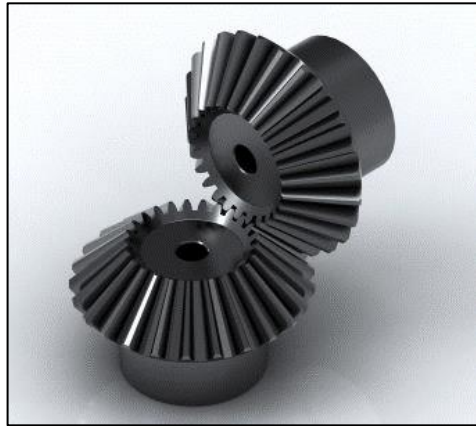
Fuente: Rodamientos NTN-SNR [en línea] disponible en: [www.ntn-snr.com](http://www.ntn-snr.com).

Se seleccionó el rodamiento **MUC 205 FD**.

#### **8.1.4 Cálculo de engranajes cónicos.**

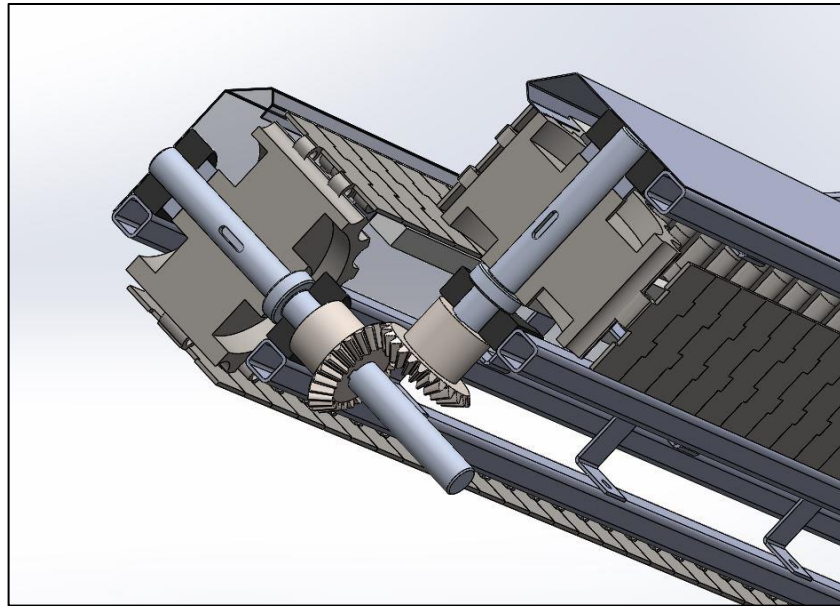
Se usó un engranaje cónico con mismo número de dientes conocido como engranaje de inglete (ver figura 48), los cuales son usados solo para cambiar 90° la dirección del eje sin un cambio de velocidad y alimentar de esta forma ambas cadenas que conforman el subsistema de transporte del cacao.

**Figura 45. Engranaje cónico.**



Fuente: Engranaje cónico [en línea] disponible en: <https://tracensl.com/engranajesconicos>

**Figura 46. Acople engranajes cónicos.**



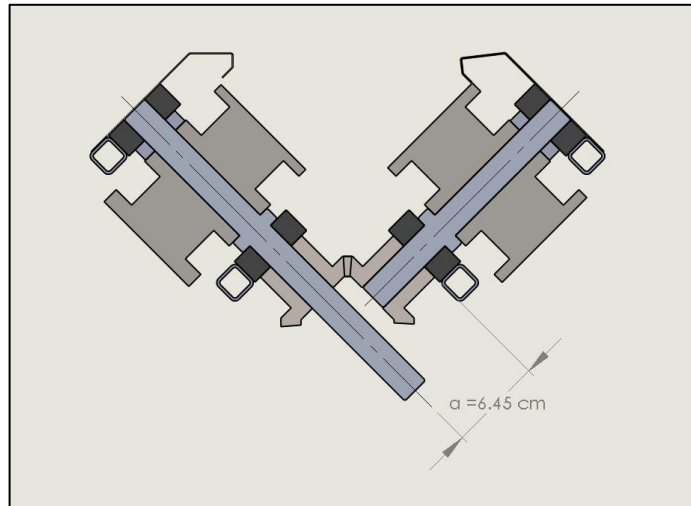
Los datos de entrada para el diseño de nuestro par de engranajes cónicos de inglete son diámetro del eje, la distancia de montaje, la relación de engrane.

*Diámetro del eje*  $d_{eje} = 25.4 \text{ mm}$

*Relación de engranajes*  $m_g = 1:1$

*Distancia de montaje*  $a = 64.5 \text{ mm}$

**Figura 47. Plano axial con distancia de montaje para engranaje cónico de inglete.**



El montaje de los engranajes cónicos de inglete es de importancia crítica si se desea lograr un rendimiento satisfactorio, por lo tanto, definimos el diámetro primitivo igual a la distancia de montaje mostrado en la **figura 48**.

*Diámetro primitivo*

$$d_p = 6.45 \text{ cm}$$

*Diámetro primitivo normalizado*

$$d_p = 6.5 \text{ cm}$$

Con estos datos se analiza la viabilidad del módulo, es decir que el número de dientes obtenido sea un número entero:

*Numero de dientes*

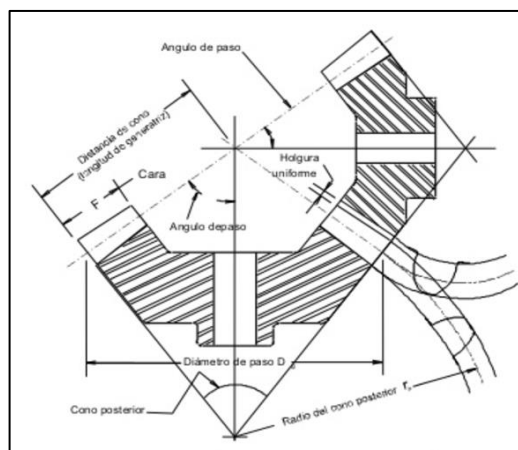
$$z = \frac{d_p}{m}$$

**Tabla 14. Viabilidad del módulo.**

MODULO	N. DIENTES	VIABILIDAD
1	65	viable
2	32.50	no
2.5	26	viable
3	21.67	no
4	16.25	no
6	10.83	no

De esta forma se selecciona para nuestro un módulo normalizado de 2.5 el cual nos da un número de dientes de 26 los cuales según la norma ANSI/AGMA, un módulo de 2.5 y cerca de 25 dientes permiten un buen balance entre la resistencia y el desgaste para aceros endurecidos gracias a que en estos engranajes el contacto del diámetro primitivo queda alejado de la región crítica del círculo base.

**Figura 48. Cálculo engranaje cónico.**



Fuente: Diseño elementos de Máquina-Robert L. Mott.

Calculamos entonces las dimensiones principales en el par de engranajes cónicos de inglete con dientes rectos para eso usamos las ecuaciones ANSI/AGMA<sup>6</sup>:

*Paso diametral*

$$P_d = \frac{Z_p}{d_p}$$

$$P_d = \frac{26}{65}$$

$$P_d = 0.4$$

*Angulo de paso del cono*

$$\gamma = \tan^{-1} \left( \frac{Z_p}{z_p} \right) = 45^\circ$$

*Distancia exterior del cono*

$$A_0 = 0.5 * \frac{d}{\text{sen}(\gamma)}$$

$$A_0 = 0.5 * \frac{65}{\text{sen}(45)}$$

$$A_0 = 45.96 \text{ [mm]}$$

*Ancho de cara nominal*

$$F_{nom} = 0.3 * A_0$$

$$F_{nom} = 13.78 \text{ [mm]}$$

*Longitud del cubo*

$$L_c = a - \frac{d_p}{2}$$

$$L_c = 64.5 - \frac{65}{2}$$

$$L_c = 32 \text{ [mm]}$$

*Diametro del cubo*

$$d_c = 0.95 * A_0$$

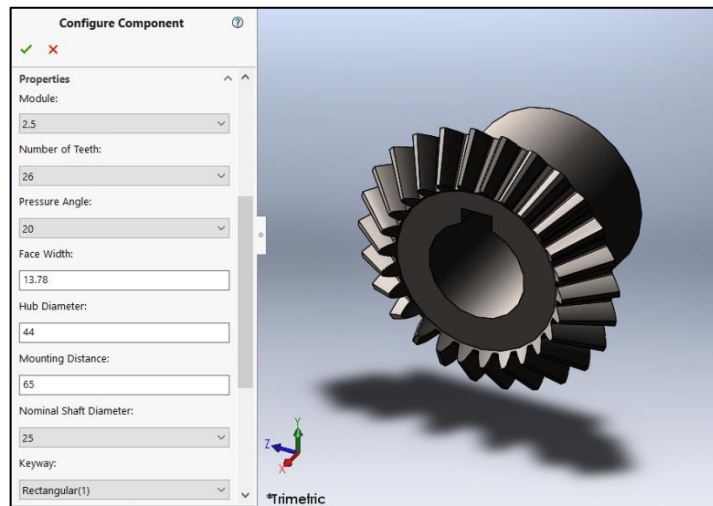
$$d_c = 43.66 \text{ mm}$$

---

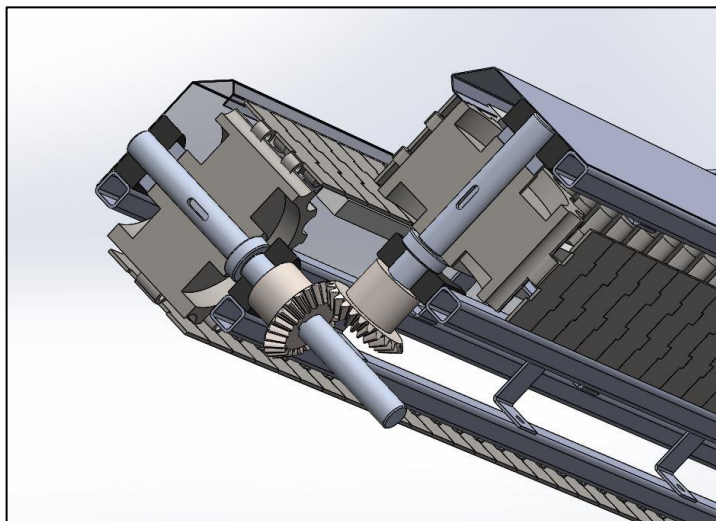
<sup>6</sup> ANSI/AGMA 2005-C96. Design manual for bevel gears, editor, American Gear; manufacturers Association, 1500 king street, suite 201, Alexandria, VA 22314

Los datos calculados y de acuerdo con los estándares de fabricación, es posible solicitar la pieza para ser fabricada cumpliendo las necesidades operativas y de montaje.

**Figura 49. Configuración del engranaje cónico en la herramienta SOLIDWORKS para extracción de TOOLBOX.**



**Figura 50. Disposición y montaje engranajes cónicos.**



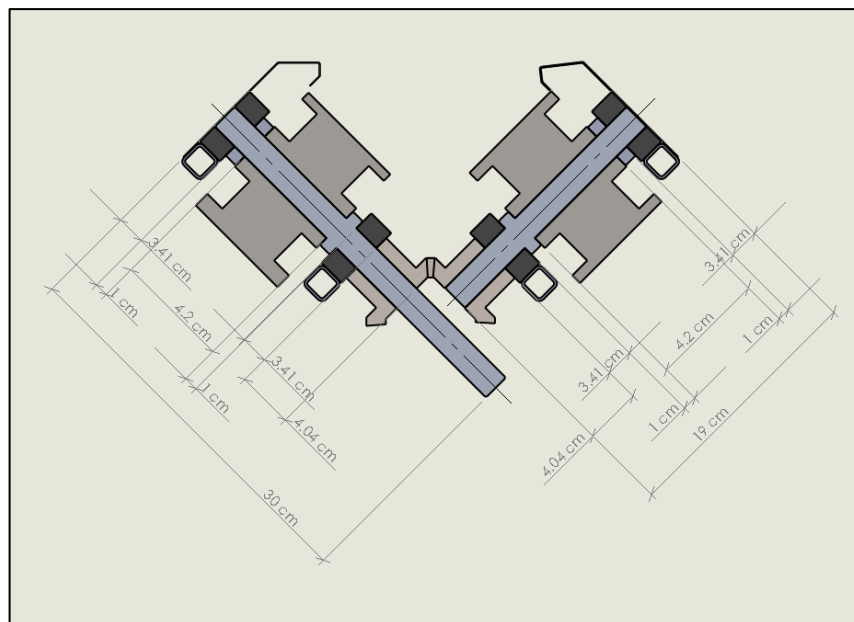
### 8.1.5 Cálculo y diseño de ejes.

El sistema de transporte requiere un total de 4 ejes, de los cuales 2 son iguales y conducido, mientras que los otros dos requieren un diseño independiente pues estos reciben las cargas de entrada de potencia para cada banda.

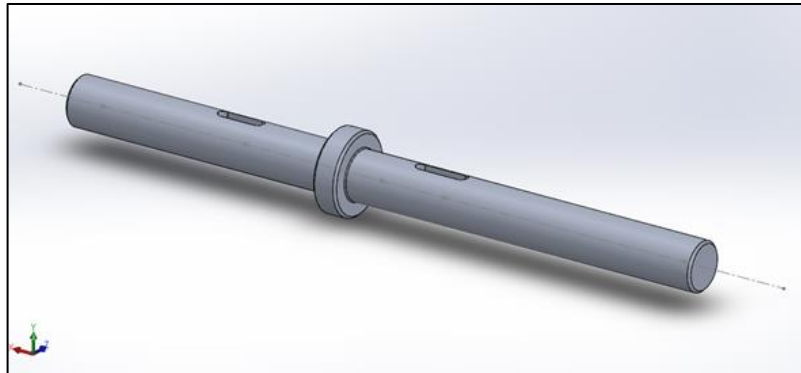
Teniendo en cuenta que el conjunto de transmisión tiene una velocidad de giro baja, no se diseñará bajo los parámetros comunes de fatiga rotatoria y debido a la baja carga presente tampoco se realizará análisis por rigidez. Los parámetros de diseño se tomaron de las restricciones que tenemos presentes en las dimensiones tanto del piñón, como de chumacera seleccionada.

De acuerdo con el montaje de los ejes de la cadena de transporte se diseñó y calculó para que no excedan los valores de carga permisible de acuerdo con el material AISI 304 (Inoxidable).

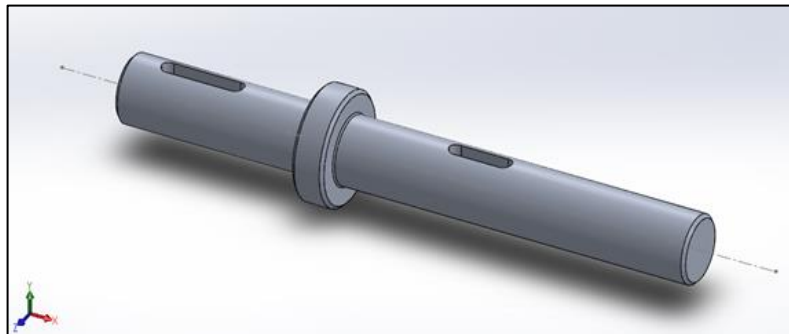
**Figura 51. Dimensionamiento de ejes.**



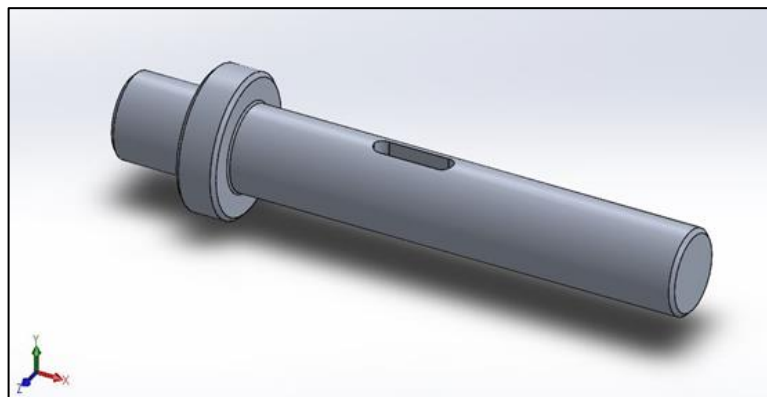
**Figura 52. Eje conductor de la banda transportadora izquierda.**



**Figura 53 Eje conductor de la banda transportadora derecha.**



**Figura 54. Eje conducido de la banda transportadora.**



Como fue mencionado anteriormente y siguiendo las restricciones, se tiene que el diámetro del eje será de 25 mm, se ubica un chavetero estándar de ¼ x ¼ de in, en la mitad del eje recordando que llevara solo un piñón y adicional a esto el eje llevara un buje fijo el cual permite al piñón apoyarse en él y limitar su movimiento lateral, la longitud del eje y dimensión del buje estará definida por el ancho de la banda y la chumacera.

## 6.2 RESULTADOS DEL PRIMER PROTOTIPO

Teniendo en cuenta las pruebas realizadas y los datos obtenidos se llega a la conclusión de que el ángulo óptimo para este proceso es el de 20 grados de apertura ya que a 25,30 y 40 grados de apertura se generaban mayor concentración de esfuerzos en la mazorca de cacao llegando al punto de fracturarse en algunos casos y en otros se produjo un atascamiento.

Para el ángulo seleccionado (20 grados) se tiene que la presión máxima que es de 59 psi, con la cual se calcula la fuerza para que se realice el corte y la apertura que se necesitaría para empujar cada mazorca sobre el sistema de corte y la cuña. Conocemos el diámetro de contacto con el sistema que es aproximadamente de 40 mm (1,5748 in).

*fuerza de corte de corteza*

$$F = P * A$$

$$F = 59 [Psi] * \frac{\pi * (1,5748)^2}{4} [in^2]$$

$$F = 114,92 [Lbf]$$

$$F = 52,13 [Kgf]$$

El resultado de las pruebas indican una fuerza promedio de corte y despulpado de 52,13 *Kgf* con un Angulo de inclinación de 50°, de acuerdo a la geometría misma del prototipo, teniendo en cuenta que en este caso se incluyeron la fuerza que necesita para pasar a través de la cuña, posteriormente se realizó un proceso de investigación en el cual se encontraron algunas pruebas realizadas a mazorcas de cacao para determinar la fuerza de corte de las mismas en las cuales se obtuvo un promedio de fuerza de corte de 35 *Kgf*<sup>7</sup>, cabe resaltar que los resultados de las pruebas dependen de factores como el tipo de mazorca de cacao, el estado de la misma y el tipo pruebas que se realicen entre otros.

---

<sup>7</sup> Rosero, A. & Toapanta, R. (2008). *Diseño de una Máquina Separadora de la Semilla del Cacao* (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Ecuador. 2008. p.32

## 7. REGLAMENTACIÓN

Todo el proceso de análisis y diseño se hizo siguiendo los requisitos sanitarios establecidos por la Resolución 2674 de 2013<sup>8</sup> para las actividades de fabricación, procesamiento, preparación, envase, almacenamiento, transporte, distribución y comercialización de alimentos y materias primas de alimentos, según el riesgo en salud pública, con el fin de proteger la vida y la salud de las personas. Adicionalmente se realizó el cumplimiento de las resoluciones 683, 4142 y 4143 de 2012 o las normas que las modifiquen, siendo esta la actualización a la ley 09 de 1979, es importante tener claridad de los artículos 9 (ver anexo B) y 18 (ver anexo C) los cuales son fundamentales para este proyecto. En estos se mencionan las condiciones específicas de utensilios y equipos utilizados para el procesamiento de alimentos y las operaciones de fabricación.

En base al proyecto relacionado principalmente con el cacao, se tiene conocimiento de la resolución 1511 del año 2011, en el cual se tiene en cuenta principalmente los artículos 3 (ver anexo D) y 6 (ver anexo E) los cuales hacen referencia tanto a las definiciones del fruto como a los requisitos que se deben tener en cuenta respecto a la materia prima (Cacao) para cualquier proceso.

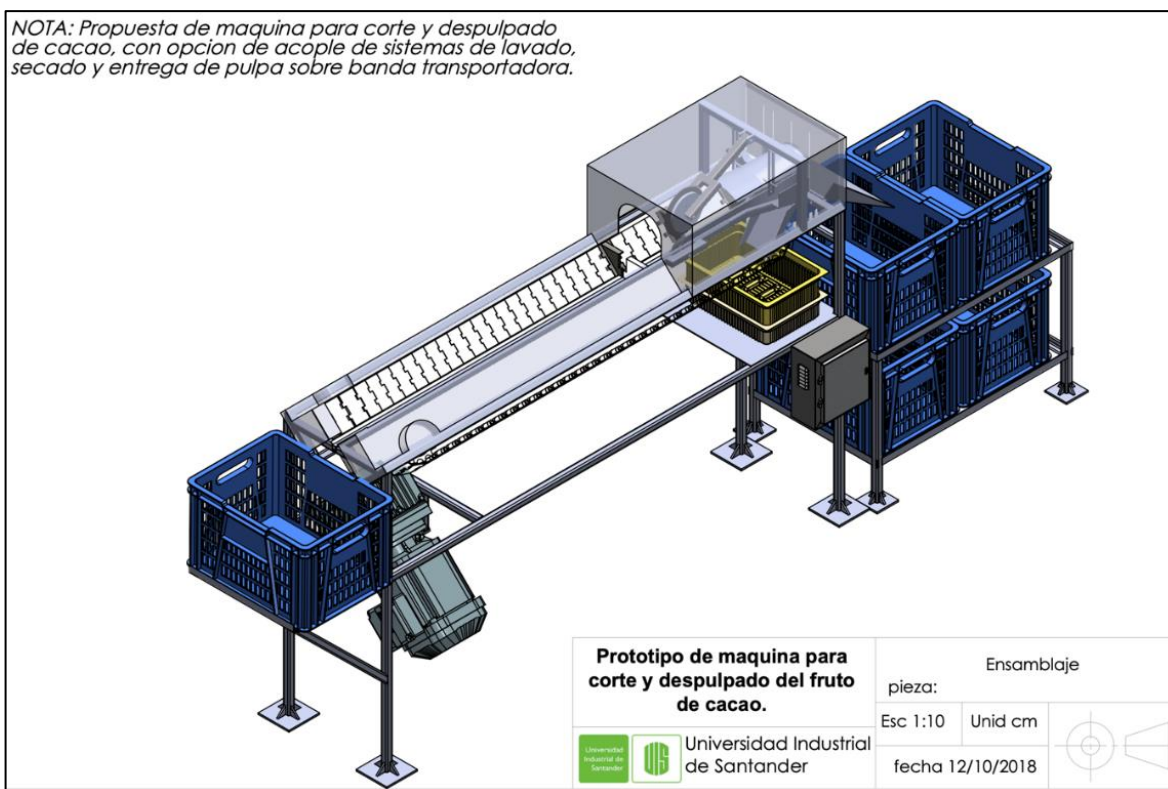
---

<sup>8</sup> Resolución 2674 de 2013. Requisitos sanitarios que se deben cumplir para las actividades de fabricación, procesamiento, preparación, envase, almacenamiento, transporte, distribución y comercialización de alimentos. [En línea]. (Aprobada en Julio de 2013). Consultada en 24 de mayo de 2020. Disponible en internet: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-2674-de-2013.pdf>

## 8. DISEÑO, CÁLCULOS Y SELECCIÓN DE COMPONENTES PARA PROTOTIPO PARA CORTE Y DESPULPADO DE CACAO

En este capítulo se presenta la información correspondiente al diseño del prototipo para el corte y despulpe de cacao. Se especifican todos los parámetros y metodología que se usó durante el análisis y diseño de la máquina, trazando como objetivo diseñar un prototipo eficiente y que cumpla con todas las especificaciones propuestas inicialmente. La **figura 30** muestra el diseño del prototipo inicial.

**Figura 55. Diseño del prototipo para corte y despulpado de cacao.**

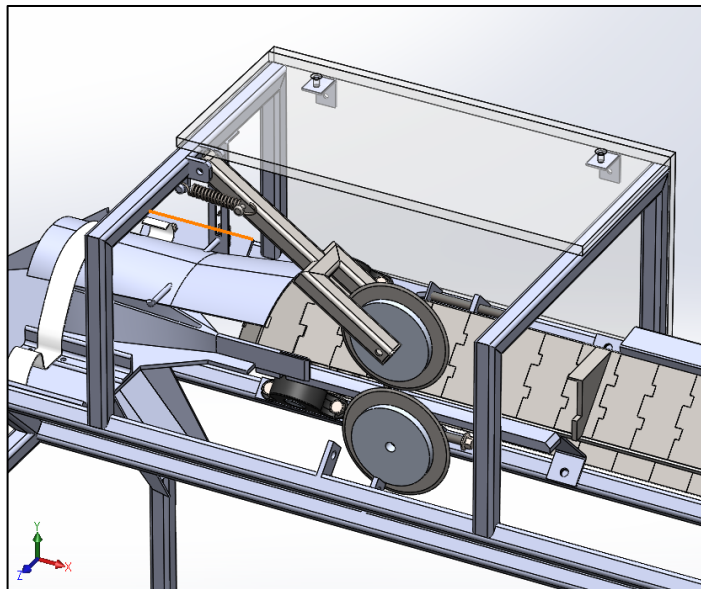


El diseño propuesto en este proyecto para la máquina consta de dos subsistemas consecutivos, un sistema de corte que tiene como principales elementos funcionales dos discos ubicados en la parte superior e inferior de la estructura que permiten realizar un corte longitudinal completo en la corteza de la mazorca de cacao, y un segundo subsistema de despulpado, el cual se lleva a cabo por medio de una hoja en forma de cuña, que separa la pulpa de la corteza del cacao.

La máquina cuenta con un sistema de entrada de potencia conformado por un motor eléctrico que transmite la potencia inicialmente por medio de un sistema de engranajes, que generan el movimiento de las bandas transportadoras y permiten la circulación de las mazorcas de cacao a través del sistema de corte y posteriormente al sistema de despulpado, para garantizar un óptimo funcionamiento del prototipo es necesario contar con dos (2) operarios, uno que realice la tarea de suministrar mazorcas de cacao a la banda transportadora y otro que supervise el proceso de corte, despulpado y cambio de recipientes los cuales reciben los productos resultantes del proceso.

## **8.2 SUB SISTEMA DE CORTE**

**Figura 56. Subsistema de corte.**

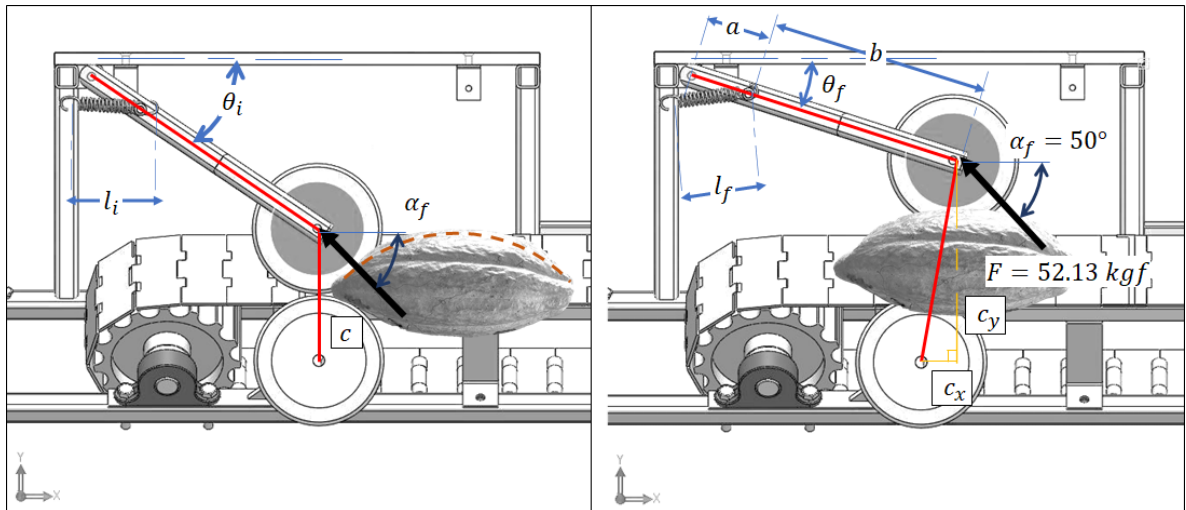


De acuerdo a la selección de alternativas definida nuestro análisis de matriz QFD el sub sistema de corte dispone de un montaje de doble disco de corte con  $d_{disco} = 11 \text{ cm}$ , donde uno de ellos está montado sobre un brazo oscilante que sigue el desarrollo de la corteza del cacao para su corte gracias a un resorte ubicado entre el brazo y la estructura de la máquina y un par de discos laterales de sujeción cuyo  $d_{disco2} = 7 \text{ cm}$  aportando así un hombro que permite una profundidad de corte no mayor a  $2 \text{ cm}$  suficiente para cortar la corteza y no dañar las semillas.

Para la fabricación de los discos de corte fue necesario la implementación de acero inoxidable AISI 420 al cual posteriormente se le realizo un tratamiento de temple.

Para el cálculo del resorte es necesario conocer cuál es la fuerza que este debe aplicar en su punto de máxima extensión y elongación de este.

**Figura 57. Estado inicial de montaje de discos para corte longitudinal de cacao.**



Del modelo CAD desarrollado con SOLIDWORKS y el estudio morfológico del fruto desarrollado en el capítulo 5 de la caracterización de la mazorca de CACAO CCN51 se obtiene:

<i>Angulo inicial del brazo</i>	$\theta_i = 35^\circ$
<i>Longitud inicial del brazo</i>	$l_i = 5.5 \text{ cm}$
<i>distancia a del brazo</i>	$a = 10 \text{ m}$
<i>distancia b del brazo</i>	$b = 8.5 \text{ cm}$
<i>distancia entre los discos de corte</i>	$c = 11 \text{ cm}$
<i>Angulo de inclinación de fuerza</i>	$\alpha_f = 50^\circ$
<i>Fuerza de corte</i>	$F = 52.13 \text{ kgf}$

Cuando el disco se encuentra en la parte más alta de su trayectoria a la mitad de la longitud de la mazorca tenemos una elevación vertical entre los discos

$$C_y = d_{disco2} + d_{mazorza_{m\acute{a}x}}$$

$$C_y = 9 [cm] + 10.9 [cm]$$

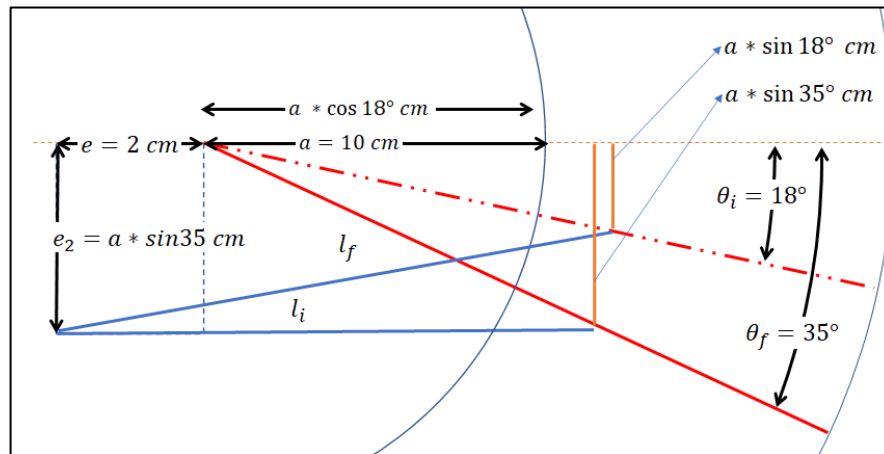
$$C_y = 19.9 [cm]$$

$$C_x = (a + b) * (\cos \theta_f - \cos \theta_i)$$

$$C_x = (22.5 [cm]) * (\cos 18^\circ - \cos 35^\circ)$$

$$C_x = 2.96 [cm]$$

**Figura 58. Dimensiones y cálculo de longitud final del resorte.**



*longitud final de resorte*

$$l_f = \sqrt{(2.6455)^2 + (11.51)^2}$$

$l_f$

$$l_f = 11.81 [cm]$$

$$= \sqrt{(e_2 - a * \sin \theta_2)^2 + (2 + a * \cos \theta_2)^2}$$

*Elongación máxima de resorte*

$$l_i = 2 + a * \cos \theta_1$$

$$l_i = 2 + 10 * \cos 35$$

$$l_i = 9.19 [cm]$$

$$x = l_f - l_i$$

$$x = 11.81 [cm] - 9.19 [cm]$$

$$x = 2.61 [cm]$$

$$x = 1.02755 [in]$$

Se hace un análisis de estática para saber cuál es la fuerza que aplica este resorte

*Angulo final de resorte*

$$\alpha_{lf} = \tan^{-1} \left( \frac{e_2 - a * \sin \theta_2}{2 + a * \cos \theta_2} \right) \quad \alpha_{lf} = \tan^{-1} \left( \frac{2.6455}{11.51} \right)$$

$$\alpha_{lf} = 12.94^\circ$$

*Estatica*

$$\sum M_{\text{pivote de brazo}} = 0 \quad F * (a + b) * \cos \theta_2 * (\sin \alpha_f - \cos \alpha_f)$$

$$= F_r * \sin \alpha * a * \cos \theta_2 + F_r$$

$$* \cos \alpha * a * \sin \theta_2$$

*Fuerza de resorte*

$$F_r = \frac{52.13 \text{ kgf} * 22.5 * \cos 18 * (\sin 50 - \cos 50)}{10 * (\sin 12.94 * \cos 18 + \cos 12.94 * \sin 18)}$$

$$0.9073506 + 1.51669$$

$$F_r = 26.74 [kgf]$$

*Fuerza con 1 resorte*

$$F_r = 58,951 [lbf]$$

*Fuerza con 2 resortes*

$$F_{r2} = 29,4755 [lbf]$$

Siguiendo metodología enseñada y dispuesta en las memorias de clase del Ing. Pedro José Díaz Guerrero se calculó el resorte.

La seleccionó el material ASTM A227, estirado en frio de calibre 10, teniendo en cuenta como requisitos una elevada resistencia máxima, de fluencia y fatiga, el cual es el acero para resorte de uso general de menor costo.

Para el análisis de esfuerzos y siguiendo la recomendación de que el índice del resorte (agudeza de la curvatura) esté entre  $4 \leq C \leq 12$ .

*Agudeza de la curvatura*

$$c = 8 [-]$$

*Diametro de alambre calibre #10*

$$D_w = 0,1019[in]$$

*Diametro del resorte*

$$D_s = C * D_w$$

$$D_s = 0,8152 [in]$$

*Factor de corte directo*

$$K_s = 1 + \frac{1}{2 * C}$$

$$K_s = 1,0625 [-]$$

*Factor de concentracion de esfuerzos*

*de Wahl*

$$K_w = \frac{4 * C - 1}{4 * C - 4} + \frac{0,615}{C}$$

$$K_w = 1,1840 [-]$$

*Esfuerzos de corte maximo y minimo*

*en agarre del resorte*

$$\tau_{max} = -4,231 * C^3 + 181,5 * C^2 - 3387 * C^1 + 28640$$

$$\tau_{max} = 10994 [Psi]$$

$$\tau_{min} = -2,2987 * C^3 + 139,7 * C^2 - 3427 * C^1 + 38404$$

$$\tau_{min} = 18752 [Psi]$$

*Esfuerzo de precarga*

$$\tau_1 = \frac{\tau_{max} - \tau_{min}}{2}$$

$$\tau_i = 14873 [Psi]$$

*Fuerza de precarga para  $\gamma \leq 12^\circ$*

$$\tau_1 = \frac{8 * F_i * D_s * K_w}{\pi * D_w^3}$$

$$F_i = 6,403[lbf]$$

*Constante del resorte*

$$F_r - F_i = K * x$$

$$K = \frac{29,4755 - 6,403}{1,02755} \left[ \frac{lbf}{in} \right]$$

$$K = 22,45 \left[ \frac{lbf}{in} \right]$$

*Modulo de young para acero ASTM A227*

$$E = 28 * 10^6$$

$$G = 0.4 * 28 * 10^6$$

*Modulo de corte*

$$G = 11,2 \times 10^6 \text{ Psi}$$

*Numero de espiras activas*

$$K = \frac{D_w^2 * G}{8 * D_s^2 * N_a}$$

$$N_a = \frac{0,1019^4 * 11,2 \times 10^6}{8 * 0,8152^3 * 22,45}$$

*Numero de espiras totales*

$$N_a = 12,41$$

$$N_t = N_a + 1$$

$$N_t = 13,41$$

*Longitud libre del resorte*

$$L_b = N_t * D_w$$

$$L_b = 13,41 * 0,1019$$

$$L_b = 1,3664 \text{ [in]}$$

*Esfuerzo de corte*

$$\tau = \frac{8 * F * D_s * K_w}{\pi * D_w^3}$$

$$\tau = \frac{8 * 29,4755 * 0,8152 * 1,1840}{\pi * 0,1019^3}$$

$$\tau = 68469,09 \text{ [Psi]}$$

*Resistencia ultima de acero ASTM A227*

$$S_{ys} = 138892 \text{ [Psi]}$$

*Factor de seguridad*

$$N = \frac{S_{ys}}{\tau}$$

$$N = \frac{138892}{68469,09}$$

$$N = 2,03$$

El resorte de tensión utilizado en la maquina cumple con las características calculadas, hecho de acero ASTM A227 con terminales de gancho, estirado en frio de calibre #10, con una longitud de 9.19 [cm] y un diámetro de 2,02 [cm].

### 8.3 SUB SISTEMA DE DESPULPADO

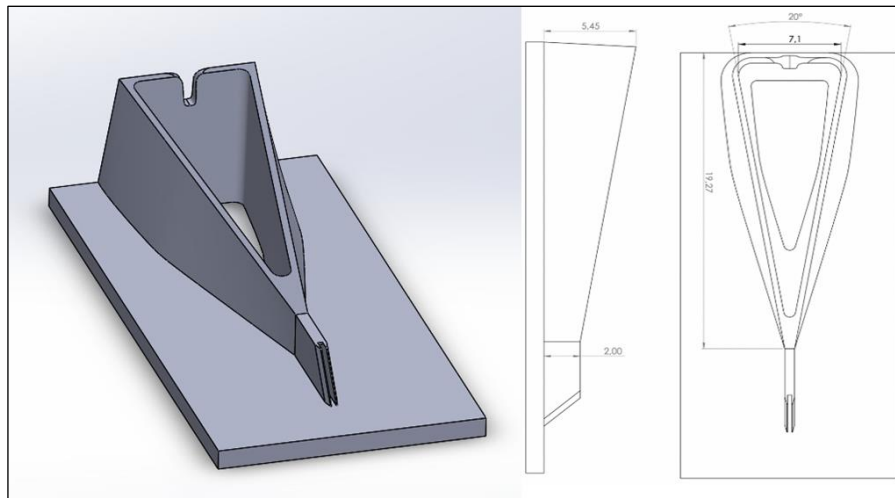
Se diseñó un sistema de hoja en forma de cuña que cumple con la función de recepción y despulpado de las mazorcas de cacao manteniendo un flujo constante, esto ocurre luego del proceso de corte. Se tiene conocimiento de que se debe procesar una tonelada del fruto al día, la cual consta aproximadamente de 830 mazorcas de cacao.

Este sistema estará en contacto directo con el producto, por este motivo es necesario que sea fabricado de un material que cumpla con las exigencias de la resolución 2674 de 2013. Por ello se implementa el uso de acero inoxidable AISI 304 el cual además de cumplir con la norma es un material de fácil acceso comercialmente.

Se usa un segundo prototipo con el cual se realizan las pruebas de funcionamiento de la cuña que permite despulpar las mazorcas de cacao. Teniendo en cuenta los datos de dimensionamiento obtenidos en la **Tabla 8** y los cálculos realizados posteriormente, se define el dimensionamiento ideal que tendrá la cuña para el proceso de despulpe. Se conoce que el espesor máximo de la cascara es de 1,9 Cm por lo cual se define como altura inicial de la cuña de 2 Cm y el diámetro máximo de la mazorca el cual es de 10,9 Cm utilizada como referencia para la medida de la altura final, tomando como 5,45 Cm la altura final siendo esta la mitad del diámetro máximo.

Definidas las dimensiones se realiza el modelamiento en SolidWorks y la construcción de este.

**Figura 59. Modelo inicial de la cuña.**



**Figura 60. Cuña para despulpado de cacao en prototipo 2.**



Se adapta esta cuña al sistema y se realizan las pruebas para el despulpe, adicionalmente se incluye una cubierta a la cuña la cual evita que las mazorcas de cacao se levanten o se salgan por la parte superior ejerciendo una presión vertical cuando se esté realizando el proceso de despulpe con el cual se puede garantizar su funcionamiento.

**Figura 61. Prototipo 2 de sistema de despulpado accionado por palanca. a) montaje de palanca b) montaje de cubierta.**



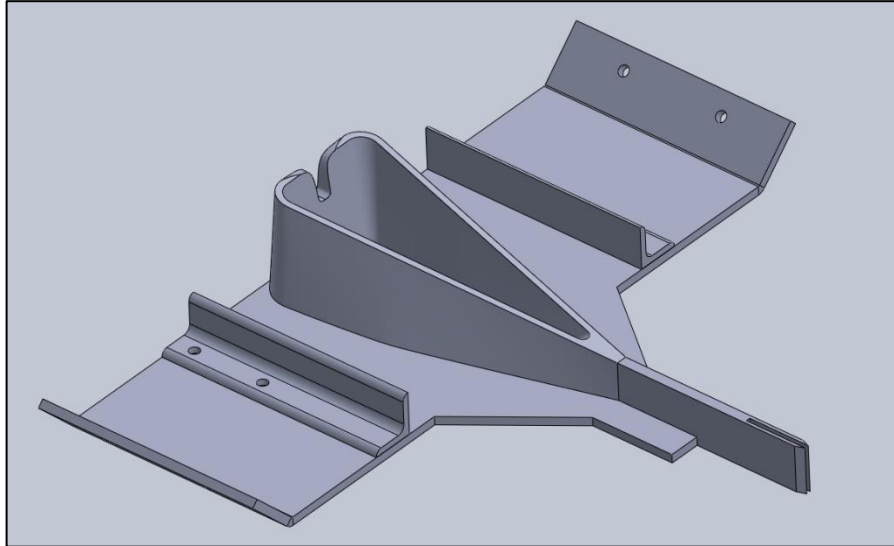
(a)

(b)

El prototipo 2 consta de un sistema de palanca con pivote el cual impulsa una barra guiada horizontalmente la cual a su vez transporta las mazorcas de cacao hacia la cuña, esta cuenta con una cubierta ajustada con material elástico lo cual garantiza el correcto funcionamiento de la cuña.

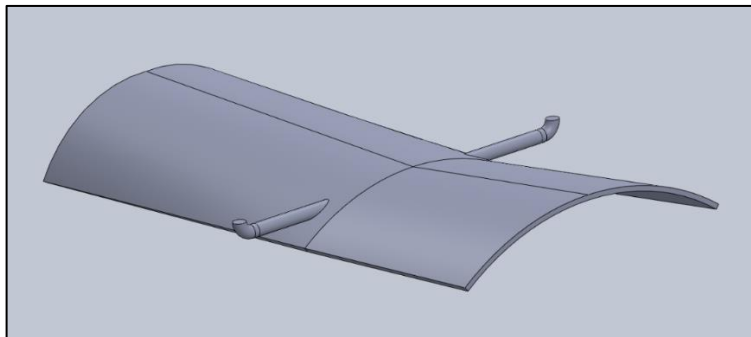
Como resultado final para su construcción se realizó una modificación con respecto a la cubierta, ya que en el caso del segundo prototipo estaba cumpliendo dos funciones de las cuales una era limitar el movimiento verticalmente y limitar las partes sobresalientes laterales. Por lo tanto, se realizó una adaptación a la cuña, a la cual se le agrego limitaciones laterales permitiendo así la implementación de una cubierta que solo limite el movimiento vertical.

**Figura 62. Modelo final de la cuña para despulpado con limitaciones laterales.**



La cuña se diseña como pieza independiente del sistema la cual se puede fácilmente acoplar y desacoplar en casos de mantenimiento. Se plantea su fabricación en acero inoxidable AISI 304 calibre 16, igualmente para la fabricación de la cubierta.

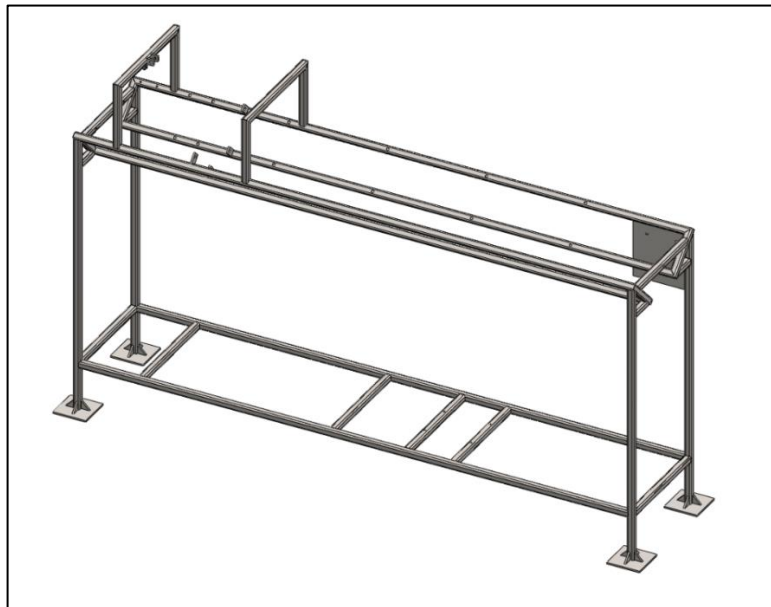
**Figura 63. Cubierta para la cuña.**



La cubierta cuenta con guías las cuales van a permitir un único movimiento vertical garantizando así que no se generen movimientos no deseados los cuales podrían causar desacomodo de la pieza y del fruto.

## 8.4 ESTRUCTURA

**Figura 64. Estructura del sistema.**



La estructura se diseñó con el objetivo de que funcione como soporte a todos los componentes del sistema, para su fabricación se plantea el uso de un perfil estructural cuadrado en acero inoxidable AISI 304 2 x 2 x 0.2 con soldadura tipo MIG.

## **9. ANÁLISIS ECONÓMICO**

Teniendo en cuenta el diseño planteado de cada uno de los sistemas se buscará darle un valor monetario a la construcción final del prototipo recordando que el diseño propuesto será un modelo el cual se puede escalar a futuro.

### **9.1 COSTO DE ADQUISICIÓN**

Para el proceso de construcción se analizaron las cotizaciones realizadas de las cuales se decide aceptar trabajar con la empresa DESING Ltda. Ubicada en la ciudad de Bucaramanga (anexo H) ya que su propuesta se ajusta a la inversión base de la empresa de \$27'000.000.00 y además cuenta con la experiencia de trabajar anteriormente con la empresa patrocinadora. En este caso la empresa seleccionada se hace responsable del suministro completo de los materiales requeridos y la respectiva construcción del prototipo.

Cabe resaltar que por decisión de la empresa patrocinadora se realiza la construcción del prototipo solo para corte debido a que ellos se encuentran realizando un estudio a las mazorcas de cacao y con este proceso de corte ellos pueden verificar el estado de la pulpa teniendo en cuenta que en algunos casos esta se encuentra en mal estado, el diseño propuesto realizaba un proceso de corte y despulpado continuo lo que podría ocasionar la acumulación de diferentes pulpas en diferentes estados, esto representaría una desventaja al momento de realizar un análisis a cada una de ellas.

## 9.2 COSTO DE OPERACIÓN

El costo de operación está relacionado al consumo generado por el motorreductor seleccionado el cual según las especificaciones de la empresa distribuidora es de 0.63 KW.

**Tabla 15. Consumo energético.**

ITEM	POTENCIA [Kw]	POTENCIA EN REGIMEN [Kwh]
Motorreductor	0.63	0.63
<b>total</b>		<b>0.63</b>

Teniendo en cuenta una jornada laboral de 8 horas por día y un trabajo de 6 días por semana se tiene que:

$$\begin{aligned} \text{Consumo diario} &= 0.63 \left[ \frac{Kw}{h} \right] * 8 h \\ &= 5.04 [Kw] \end{aligned}$$

Adicional se propone un valor aproximado del costo de energía eléctrica de 584 \$/dia:

$$\begin{aligned} \text{Costo diario de operacion} &= 5.04 Kw * 584 \frac{\$}{Kw} \\ &= 2993,76 \$/dia \end{aligned}$$

Para un costo semanal y mensual se tendría que:

$$\begin{aligned} \text{Costo semanal de operacion} &= 2993,73 \$/\text{dia} * \frac{6 \text{ dias}}{1 \text{ semana}} \\ &= 17962,38 \$/\text{semana} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo mensual de operacion} &= 17962,38 \$/\text{semana} * \frac{4 \text{ semanas}}{1 \text{ mes}} \\ &= 71849,52 \$/\text{mes} \end{aligned}$$

Teniendo en cuenta que la maquina debería ser operada por dos empleados los cuales realicen labores como suministro de mazorcas de cacao a la máquina, limpieza y labores varias por un valor mensual de \$1'200.000, se tiene que:

$$\begin{aligned} \text{Costo mensual de operacion total} &= 2 * 1'200.000 + 71849,52 \\ &= \$2'471.850 \end{aligned}$$

## 10. PROTOCOLO DE FUNCIONAMIENTO

Se debe tener presente las recomendaciones de funcionamiento para obtener un óptimo desempeño de la máquina.

- Verificar que no se encuentren objetos extraños en la máquina.
- La máquina cuenta con un interruptor de encendido ON (color verde) y apagado OFF (color rojo) ubicado en el costado derecho.
- Una vez encendida la maquina se requiere de un operario el cual suministre las mazorcas a la maquina las cuales debido al diseño de la banda de transporte se ubican de forma horizontal sobre la banda.
- Adicional a esto se requiere de un operario ubicado a la salida del sistema de corte el cual recibe las mazorcas de cacao y posteriormente las transporta al lugar en el cual se realiza el análisis de estas.
- Para finalizar el proceso apagar la máquina y desconectarla.

**Figura 65. Prototipo maquina cortadora de cacao.**



## 11. PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO

Para garantizar el buen funcionamiento de la maquina se recomienda realizar un mantenimiento al finalizar cada jornada laboral con agua lo cual permita eliminar cualquier rastro de partículas u fluidos los cuales se producen durante el proceso de corte.

- Verificar que la maquina se encuentre desconectada de la corriente eléctrica.
- Se requiere que un operario con el uso de la implementación respectiva (guantes, gafas) retire los resortes ubicados sobre los costados del brazo que soporta el disco de corte superior lo cual permite levantar el brazo.
- Se procede a realizar un lavado con un cepillo y agua sobre el sistema de corte y banda de transporte.
- Después de que se realice el lavado se procede a bajar el brazo que soporta el disco de corte y colocar nuevamente los resortes ubicados sobre los costados de este como se encontraban inicialmente.

## 12. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Se diseñó y construyó una máquina que cumple con la demanda de procesamiento requerida inicialmente de una tonelada de mazorcas de cacao por día, al realizar las pruebas se observa que se puede tener un margen de producción mayor llegando así a una producción máxima estable de 8 mazorcas por minuto lo cual teniendo en cuenta el peso promedio de la mazorca de cacao sería una producción aproximada de 4,4 toneladas al día. El diseño propuesto permite ser escalado a futuro y adicionalmente el ensamble de sistemas como el sistema de lavado y posterior al proceso de corte un sistema de despulpado.

Esta máquina cuenta con un sistema corte realizando un proceso eficaz y limpio, ya que cuenta con limitaciones en los discos de corte lo cual garantiza que no se vulnere la integridad de la pulpa de las mazorcas realizando un corte solo a la corteza permitiendo un mayor aprovechamiento de la pulpa.

**Figura 66. Vista 1 Prototipo final.**



**Figura 67. Vista 2 prototipo final.**



**Figura 68. Vista 3 Prototipo final.**



### 13. CONCLUSIONES

- La caracterización físico mecánica que se le realizó a la mazorca de cacao variedad CCN51 permitió determinar las propiedades condicionantes para el diseño del prototipo, la medición del largo, ancho y espesor de la cascara de la mazorca fueron los parámetros con los que se calculó la fuerza de corte y un ángulo de apertura eficiente. Se determinó el peso de la mazorca para establecer los requerimientos y calcular las dimensiones y capacidad del subsistema de potencia y transporte de los frutos.
- Se realizó una matriz de calidad (QFD) en la cual se determinó que los requerimientos de diseño del prototipo de corte y despulpado con mayor ponderación fueron capacidad, potencia y costo, posteriormente se realizó la evaluación de alternativas para cada uno de los subsistemas, dando como resultado la implementación de discos para el subsistema de corte, bandas transportadoras por módulos para el subsistema de alimentación, la implementación de una hoja en forma de cuña para el subsistema de separación y un sistema de transmisión por medio de engranajes.
- Teniendo en cuenta los datos obtenidos de la caracterización de la mazorca de cacao y la ponderación de las alternativas, se diseñó y construyó un prototipo de corte y despulpado de mazorcas de cacao que cumple con la capacidad operativa mínima de 1 tonelada de mazorcas de cacao variedad CCN51 por día, se realizaron las pruebas operativas y se determinó que el prototipo puede alcanzar una capacidad operativa estable de 4,4 toneladas por día.
- La construcción de este prototipo hace un aporte a la evolución tecnológica que está teniendo la industria agrícola en Colombia, la construcción de cada uno de los subsistemas de este prototipo se diseñó con el fin de optimizar el tiempo, capacidad y costo de producción, no obstante, está apto para posibles mejoras

y/o modificaciones futuras, que puedan optimizar más el proceso de corte y despulpado.

## BIBLIOGRAFIA

ARROYAVE, Carolina. Aplicación de la Metodología QFD en el Proceso de Ingeniería de requisitos. 2007. [En línea]. Disponible en: [https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/2375/arroyave\\_carolina\\_2007.pdf?sequence=1](https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/2375/arroyave_carolina_2007.pdf?sequence=1)

CENTENO, Diego Fabián. Herramienta para desgranar cacao. Trabajo de grado Diseñador Industrial. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías Físico-Mecánica. Escuela de Diseño Industrial. 2018

CRUZ BERNAL, Jonatán y CASTRO TORRES, Julián. Diseño y construcción de un beneficiadero para cacao en la finca la cristalina, cimitarra, Santander. Trabajo de grado Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia - IPRED.

FEDERACIÓN NACIONAL DE CACAOTEROS. 26 de 10 de 2016 [En línea]. Disponible en: <http://www.fedecacao.com.co/site/index.php/1pro-programas>.

HIBBELER R, Mecánica de Materiales. Tercera Edición. Prentice-Hall Hispanoamericana SA. México D.F., 856 páginas

LINDORF, I. R. Desarrollo y Anatomía del Fruto y de la Semilla de Theobroma Cacao. Fundación Instituto Botánico de Venezuela (FIBV), 1971. 291-265.

MOTT, R. Diseño de elementos de máquinas. 2006. [En línea]. Disponible en: [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=nrYd\\_BjTL0UC&oi=fnd&pg=PA1&dq=transmision+por+cadena&ots=1CJq2fraal&sig=aaGjAZWHEN1HCknGu2Oagezv4AA](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=nrYd_BjTL0UC&oi=fnd&pg=PA1&dq=transmision+por+cadena&ots=1CJq2fraal&sig=aaGjAZWHEN1HCknGu2Oagezv4AA)

NGAGIERT: Kakao, Machete und Maschinenbau - 2030 | Welt ohne Hunger. (2017). [En línea]. Disponible en: [from https://www.weltohnehunger.org/vorgestellt-beitrag-lesen/engagiert-kakao-machete-und-maschinenbau.html](https://www.weltohnehunger.org/vorgestellt-beitrag-lesen/engagiert-kakao-machete-und-maschinenbau.html)

NORTON R, Diseño de Máquinas. Primera Edición. Prentice-Hall Hispanoamericana S.A México D.F., 1048 páginas.

SÁNCHEZ MARÍN, F. T., PÉREZ GONZALES, A., SANCHO BRU, J. L., & RODRÍGUEZ CERVANTES, P. J. (n.d.). Mantenimiento mecánico de máquinas (III). Castello de la Plana: Publicacions de la Universitat de Jaume I. [En línea]. Disponible en: [https://books.google.com.co/books?id=NNPB-kICBuQC&pg=PA95&dq=transmisión+por+cadenas&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjyjfHlmcXaAhUuh-AKHb1cDAoQuwUINDAB#v=onepage&q=transmisión por cadenas&f=false](https://books.google.com.co/books?id=NNPB-kICBuQC&pg=PA95&dq=transmisión+por+cadenas&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjyjfHlmcXaAhUuh-AKHb1cDAoQuwUINDAB#v=onepage&q=transmisión%20por%20cadenas&f=false)

## ANEXOS

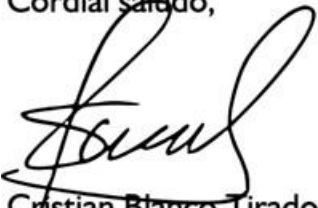
### ANEXO A. Carta de compromiso de financiamiento.

Bucaramanga, marzo 28 de 2019

Señores:  
Comité de Proyectos de Grado  
Escuela de Ingeniería Mecánica  
Universidad Industrial de Santander

De manera atenta les informo que el trabajo de grado: **Diseño de un prototipo mecánico para lavado, cortado y despulpado de cacao**, en proceso de ejecución por los estudiantes Franc E Contreras y Cesar Cadavid, se enmarca en el proyecto de regalías *Desarrollo procesos y productos para la valorización de mucílago y granos de cacao en el Departamento de Santander*. Para la elaboración del prototipo se ha destinado una partida de veintisiete millones de pesos (\$ 27.000.000).

Cordial saludo,



Cristian Blanco Tirado  
Profesor Escuela de Química  
Director proyecto regalías cacao

## **ANEXO B. Colombia, Resolución 2674 de 2013.**

**Artículo 9. Condiciones específicas:** Los equipos y utensilios utilizados deben cumplir con las siguientes condiciones específicas:

1. Los equipos y utensilios empleados en el manejo de alimentos deben estar fabricados con materiales resistentes al uso y a la corrosión, así como a la utilización frecuente de los agentes de limpieza y desinfección.
2. Todas las superficies de contacto con el alimento deben cumplir con las resoluciones 683, 4142 y 4143 de 2012 o las normas que las modifiquen, adicionen o sustituyan.
3. Todas las superficies de contacto directo con el alimento deben poseer un acabado liso, no poroso, no absorbente y estar libres de defectos, grietas, intersticios u otras irregularidades que puedan atrapar partículas de alimentos o microorganismos que afectan la inocuidad de los alimentos. Podrán emplearse otras superficies cuando exista una justificación tecnológica y sanitaria específica, cumpliendo con la reglamentación expedida por el Ministerio de Salud y Protección Social.
4. Todas las superficies de contacto con el alimento deben ser fácilmente accesibles o desmontables para la limpieza, desinfección e inspección.
5. Los ángulos internos de las superficies de contacto con el alimento deben poseer una curvatura continua y suave, de manera que puedan limpiarse con facilidad.
6. En los espacios interiores en contacto con el alimento, los equipos no deben poseer piezas o accesorios que requieran lubricación ni roscas de acoplamiento u otras conexiones peligrosas.
7. Las superficies de contacto directo con el alimento no deben recubrirse con pinturas u otro tipo de material desprendible que represente un riesgo para la inocuidad del alimento.
8. En lo posible los equipos deben estar diseñados y contruidos de manera que se evite el contacto del alimento con el ambiente que lo rodea.

9. Las superficies exteriores de los equipos deben estar diseñadas y construidas de manera que faciliten su limpieza y desinfección y eviten la acumulación de suciedades, microorganismos, plagas u otros agentes contaminantes del alimento.
10. Las mesas y mesones empleados en el manejo de alimentos deben tener superficies lisas, con bordes sin aristas y estar construidas con materiales resistentes, impermeables y de fácil limpieza y desinfección.
11. Los recipientes usados para materiales no comestibles y desechos, deben ser a prueba de fugas, debidamente identificados, contruidos de material impermeable, de fácil limpieza y desinfección y, de ser requerido, provistos de tapa hermética. Los mismos no pueden utilizarse para contener productos comestibles.
12. Las tuberías empleadas para la conducción de alimentos deben ser de materiales resistentes, inertes, no porosos, impermeables y fácilmente desmontables para su limpieza y desinfección. Las tuberías fijas se limpiarán y desinfectarán mediante la recirculación de las sustancias previstas para este fin.

## **ANEXO C. Colombia, Resolución 2674 de 2013.**

**Artículo 18. Fabricación:** Las operaciones de fabricación deben cumplir con los siguientes requisitos:

1. Todo el proceso de fabricación del alimento, incluyendo las operaciones de envasado y almacenamiento, deben realizarse en óptimas condiciones sanitarias, de limpieza y conservación y con los controles necesarios para reducir el crecimiento de microorganismos y evitar la contaminación del alimento. Para cumplir con este requisito, se deben controlar factores, tales como tiempo, temperatura, humedad, actividad acuosa ( $A_w$ ), pH, presión y velocidad de flujo. Adicionalmente, se debe vigilar las operaciones de fabricación, tales como congelación, deshidratación, tratamiento térmico, acidificación y refrigeración, asegurando que los tiempos de espera, las fluctuaciones de temperatura y otros factores, no contribuyan a la alteración o contaminación del alimento.

2. Se deben establecer y registrar todos los procedimientos de control físicos, químicos, microbiológicos y organolépticos en los puntos críticos del proceso de fabricación, con el fin de prevenir o detectar cualquier contaminación, falla de saneamiento, incumplimiento de especificaciones o cualquier otro defecto de calidad e inocuidad en las materias primas o el alimento, materiales de envase y/o producto terminado.

3. Los alimentos que por su naturaleza permiten un rápido crecimiento de microorganismos indeseables, deben mantenerse en condiciones tales que se evite su proliferación. Para el cumplimiento de este requisito deben adoptarse medidas efectivas como:

3.1. Mantener los alimentos a temperaturas de refrigeración no mayores de  $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

3.2. Mantener el alimento en estado congelado.

3.3. Mantener el alimento caliente a temperaturas mayores de  $60^{\circ}\text{C}$  ( $140^{\circ}\text{F}$ ).

3.4. Tratamiento por calor para destruir los microorganismos mesófilos de los alimentos ácidos o acidificados, cuando estos se van a mantener en recipientes sellados herméticamente a temperatura ambiente.

4. Los métodos de esterilización, irradiación, ozonización, cloración, pasteurización, ultrapasteurización, ultra alta temperatura, congelación, refrigeración, control de pH, y de actividad acuosa ( $A_w$ ) entre otros, que se utilizan para destruir y evitar el crecimiento de microorganismos indeseables, deben ser suficientes y validados bajo las condiciones de

fabricación, procesamiento, manipulación, distribución y comercialización, para evitar la alteración y deterioro de los alimentos.

5. Las operaciones de fabricación deben realizarse en forma secuencial y continua para que no se produzcan retrasos indebidos que permitan el crecimiento de microorganismos, contribuyan a otros tipos de deterioro o contaminación del alimento. Cuando se requiera esperar entre una etapa del proceso y la siguiente, el alimento debe mantenerse protegido y en el caso de alimentos susceptibles al rápido crecimiento de microorganismos durante el tiempo de espera, deben emplearse temperaturas altas ( $> 60^{\circ}\text{C}$ ) o bajas no mayores de  $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  según sea el caso.

6. Los procedimientos mecánicos de manufactura, tales como, lavar, pelar, cortar, clasificar, desmenuzar, extraer, batir, secar, entre otros, deben realizarse de manera tal que se protejan los alimentos y las materias primas de la contaminación.

7. Cuando en los procesos de fabricación se requiera el uso de hielo en contacto con los alimentos y materias primas, este debe ser fabricado con agua potable y manipulado en condiciones que garanticen su inocuidad.

8. Se deben tomar medidas efectivas para proteger el alimento de la contaminación por metales u otros materiales extraños, instalando mallas, trampas, imanes, detectores de metal o cualquier otro método apropiado.

9. Las áreas y equipos usados en la fabricación de alimentos para consumo humano no deben ser utilizados para la elaboración de alimentos o productos de consumo animal o destinados a otros fines.

10. No se permite el uso de utensilios de vidrio en las áreas de elaboración debido al riesgo de ruptura y contaminación del alimento.

11. Los productos devueltos a la empresa por defectos de fabricación, que tengan incidencia sobre la inocuidad y calidad del alimento no podrán someterse a procesos de reenvase, reelaboración, reproceso, corrección o reesterilización bajo ninguna justificación.

## **ANEXO D. Colombia, Resolución 1511 de 2011.**

**Artículo 3. Definiciones:** Para efectos de la aplicación del reglamento técnico que se establece a través de la presente resolución, se adoptan las siguientes definiciones:

**Cacao en grano:** Semilla proveniente del fruto del árbol *Theobroma cacao*, limpio y seco.

**Cacao en pasta, masa o licor de cacao:** Producto obtenido del cacao sin cáscara ni germen, que se obtiene de vainas de cacao de calidad comerciable, que ha sido limpiado y liberado de la cáscara del modo técnicamente más completo posible, sin quitar ni añadir ninguno de sus elementos constituyentes, el cual es molido finamente y su contenido de agua residual es bajo.

**Cacao en polvo o cocoa:** Producto de la molienda de la torta de cacao.

**Chocolate aromatizado:** Producto para consumo directo, al que se le han añadido aromatizantes permitidos, en cantidades que confieren al producto final, las características organolépticas que se declaran propiedades en el nombre del producto.

**Chocolate compuesto:** Producto para consumo directo al que se le ha agregado productos alimenticios, tales que no modifiquen la composición del chocolate.

**Chocolate de mesa:** Masa o pasta o licor de cacao mezclado o no con una cantidad variable de azúcares (sacarosa, dextrosa) y otros tipos de edulcorantes permitidos. Dentro de los chocolates de mesa se encuentran el chocolate para mesa semiamargo, chocolate para mesa amargo o sin azúcar, chocolate para mesa con azúcar, los cuales varían en el extracto seco de cacao, manteca de cacao, extracto seco magro de cacao y otros edulcorantes permitidos.

**Chocolate de mesa con leche:** Chocolate de mesa al que se le adiciona leche en polvo entera, semidescremada o descremada. El chocolate de mesa con leche puede ser con o sin azúcar.

Chocolate para consumo directo: Producto obtenido por la mezcla, en proporciones variables, de subproductos del cacao con o sin la adición de azúcar, y de otros productos alimenticios.

Chocolate relleno: Producto para consumo directo cuyo centro está claramente definido, a través de su composición, con respecto del revestimiento externo. Esta denominación no se aplicará a productos cuyo interior esté constituido de dulces de harina, productos de repostería o bizcochos.

Coberturas: Son las obtenidas de chocolate, sucedáneos del chocolate, chocolate compuesto o chocolate aromatizado que se utilizan generalmente para recubrir otros productos o hacer productos de chocolates o productos de sucedáneos para consumo directo.

Manteca de cacao: Grasa obtenida del cacao en grano.

Subproductos del cacao: Productos obtenidos a partir del cacao, como licor de cacao; manteca de cacao y cocoa o cacao en polvo.

Sucedáneos de chocolate para consumo directo: Productos obtenidos por la sustitución de la manteca de cacao por otras grasas vegetales en proporciones variables con la adición de otros productos alimenticios, preparados bajo moldeados especiales.

Torta de cacao: Producto obtenido a partir de la masa o pasta o licor de cacao, al cual se le elimina completa o parcialmente la manteca de cacao.

## **ANEXO E. Colombia, Resolución 1511 de 2011.**

**Artículo 6. Materia prima:** En la elaboración de chocolate y productos de chocolate para consumo humano se debe cumplir con los requisitos de las materias primas que a continuación se señalan:

1. El cacao empleado como materia prima en la elaboración del chocolate y productos de chocolate debe estar sano, libre de infestación, estar libre de impurezas y materias extrañas y no debe presentar malos olores ni residuos de contaminantes.

2. El cacao en pasta, masa o licor de cacao empleado en la fabricación de chocolate y productos de chocolate debe cumplir con los siguientes requisitos:

2.1. Cáscara de cacao y germen: 5% m/m como máximo, referido al extracto seco magro, o 4.5% como máximo, referido al libre de álcalis (para la cáscara de cacao solamente).

2.2. Manteca de cacao: 47% m/m.

# ANEXO F. Características Motor Nord Serie SI MR SK63-IEC 80S/4 HP0.75 REL 60.00.

**GETRIEBEBAU NORD**  
Member of the NORD DRIVESYSTEMS Group



YH4C6G - Página 1 / 2

Getriebebau NORD GmbH & Co. KG, P.O.Box 1262, D-22941 Bargteheide

MOTORREDUCTORES Y EQUIPOS S.A.S  
Angie Milena Yomay Gil  
Calle 6 50 176  
Medellin

### Ficha de datos técnicos

Número l Fecha	YH4C6G.0 l 08/07/2020
Número de cliente	161514
creado por	Angie Milena Yomay Gil
creado el	08/07/2020
Empleado del servicio postventa	Carles Morales
Teléfono	+49 4532 289 2464
Correo electrónico	carles.morales@nord.com

Pos.	Descripción	Material	Cantidad
1	<b>Motorreductor Flexbloc con motor IEC NORD</b>		1
	<b>SK 1SI63 - IEC80 - 80S/4</b>		
	Nombre del producto	Sinfin SI Universal	
	Velocidad de entrada	1690 1/min	
	Funcionamiento del motor	Conexión directa a red	
	Relación de reducción	60	
	Velocidad de salida	28 1/min	
	Factor de servicio	1,2	
	Par de salida	108 Nm	
	Fuerza radial máx.	28 kN	
	Fuerza axial máx.	6,3 kN	
	Potencia	0,63 kW	
	Tensión	265/460 V	
	Frecuencia	60 Hz	
	Clase de Rendimiento	IE1 Eficiencia estándar	
	Corriente 1	2,6 A	
	Corriente 2	1,5 A	
	Coseno	0,76	
	Servicio del motor	S1 - Continuo	
	Índice de protección	Protección IP 55	
	Aislamiento	F	
	Posición de montaje	Universal	
	Tipo de carcasa	Universal	
	Cilindro IEC	IEC80	
	Eje de salida	Eje hueco 25mm	
	Diseño del eje Flexbloc	Eje hueco con chaveta	
	Medida del eje de salida	25H7 mm	
	Material del eje de salida	Estándar	
	Opciones de venteo del reductor	Sin tapón válvula	
	Teniendo Diseño	Rodamientos estándar	
	Refrigeración	Ventilador estándar	
	Posición de las cajas de bornes	1	
	Entrada de cables	l	
	Tipo de lubricante	Aceite sintético CLP PG 680	
	Cantidad de lubricante	0,180 l	
	Tratamiento de superficies sellado	Sin conversión de sellado de la superficie	
	Tipo de pintura	Sin pintar (F 0)	
	Peso	16,4 kg	

## ANEXO G. Cotización cadena Regina.



Versión: 0  
Código: F - 69

# COTIZACIÓN

N° **004**

**FECHA** DICIEMBRE 6 DE 2018

**CLIENTE** CADAVID CESAR **NIT** 1096223047 **TEL.** 3107709509

**DIRECCIÓN** 0 **CIUDAD/PAIS** BUCARAMANGA **FAX** 0

**CONTACTO** \_\_\_\_\_ **E-MAIL** cesarcadavidr@gmail.com **No Interno** GJ-964

**ASUNTO:** \_\_\_\_\_

Ítem	DESCRIPCIÓN	CANT.	V. UNIT	VALOR TOTAL
1	MTS CADENA INOX P915 K400, MARCA REGINA PRESENTACION 3.05 METROS CANTIDAD: 12,20 METROS (4 ROLLOS X 3,05 MTS)	12,2	\$ 118.000	\$ 1.439.600
<b>SUB TOTAL</b>				<b>\$ 1.439.600</b>
DESCUENTO				
TOTAL				\$ 1.439.600
<b>IVA 19%</b>				<b>\$ 273.524</b>
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 1.713.124</b>

**NOTA:** SE ASUMIRAN FLETES CON FACTURAS SUPERIORES A \$ 500.000 ANTES DE IVA, EN CIUDADES PRINCIPALES SIN REXPEDICION.

**TIEMPO DE ENTREGA** INMEDIATA, SALVO VENTA PREVIA  
**VALIDEZ DE LA OFERTA** 30 DIAS  
**CONDICIONES DE PAGO** ANTICIPADO

CORDIALMENTE,

**GUSTAVO ADOLFO JARAMILLO R.**  
 ASESOR COMERCIAL  
**OXICORTES S.A.S**  
 TEL: (574) 448 13 23 EXT 120  
 CEL: (57) 313 746 05 73  
 Email: ventas2@oxicortes-colombia.com



**ANEXO H. Cotización de construcción del prototipo.**



OFERTA D312/18

Bucaramanga, diciembre 05 de 2018

Señores  
**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**Ingeniero CRISTIAN BLANCO TIRADO**  
 Bucaramanga

En razón a su amable solicitud a continuación presentamos a su consideración nuestra propuesta técnica y comercial para el Suministro de máquina para el procesamiento de cacao.

**DESING LTDA**

<b>SUMINISTRO MAQUINA PROCESAMIENTO DE CACAO</b>	
<b>1</b>	<p><b>Características del Suministro:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dimensiones nominales: Ancho 40cm, longitud 1.2 m, altura promedio 1.15m.</li> <li>➤ Chasis Inoxidable configurado con perfiles y tubo cuadrado en acero inoxidable AISI 304 con disposición óptima para escurrimiento de fluidos, soportes al piso con sistema ajustable para nivelar, todo acorde a requerimiento del diseño mecánico. Chasis sobre ruedas para posibilitar reubicación.</li> <li>➤ Banda modular en material atóxico abierta PASO 1", ancho 114,3 mm, con sus accesorios (piñones, guía y otros); plásticos para las cabezas de mando, tensores y los puntos intermedios de soporte y guía.</li> <li>➤ Deflectores laterales inoxidables para asegurar no caída de producto.</li> <li>➤ Cabezas de mando y tensora sobre ejes soportados en chumaceras inoxidables – plásticas.</li> <li>➤ - Motorreductor trifásico 220/440 Vac, tipo eje hueco para acople directo, dispone capucha o guarda inoxidable para protección de salpicaduras de agua.</li> <li>➤ Cofre de control eléctrico con variador de velocidad, puesta en marcha y parada de emergencia.</li> </ul>
<b>VALOR TOTAL OFERTA</b>	
<b>SON: VEINTISIETE MILLONES DE PESOS MCTE.</b>	
<b>\$27'000.000</b>	

**CONDICIONES COMERCIALES**

**La propuesta no incluye:**

- ✓ Impuesto a las ventas IVA.
- ✓ Pólizas e impuestos de timbre solicitados por el cliente.
- ✓ Obras Civiles.
- ✓ Tolvas de cargue y descargue.

**CARRERA 14 N 13-54 PBX + 57 7 6711064 BUCARAMANGA – COL**  
[desingbucaramanga@hotmail.com](mailto:desingbucaramanga@hotmail.com) [desingltda@hotmail.com](mailto:desingltda@hotmail.com)  
**WWW.DESINGLTDA.COM**



1



OFERTA D312/18

- ✓ *Elementos y accesorios eventualmente requeridos o solicitados y que no se encuentren expresamente relacionados en esta oferta.*

FORMA DE PAGO : 50% anticipo.  
Saldo más Iva al despacho.

PLAZO DE ENTREGA : 75 días hábiles fabricación y montaje.  
Montaje en coordinación conjunta.

VALIDEZ OFERTA : 30 días.

*DESING LTDA. Garantiza sus equipos por seis meses contra defectos de fabricación, más no por mal manejo y/o por desgaste natural por su uso. La garantía de las unidades motrices, los elementos neumáticos y los elementos eléctricos se trasladan a los proveedores y los fabricantes de los mismos.*

Cordialmente,



**OMAR RODRÍGUEZ SILVA**  
Gerente General

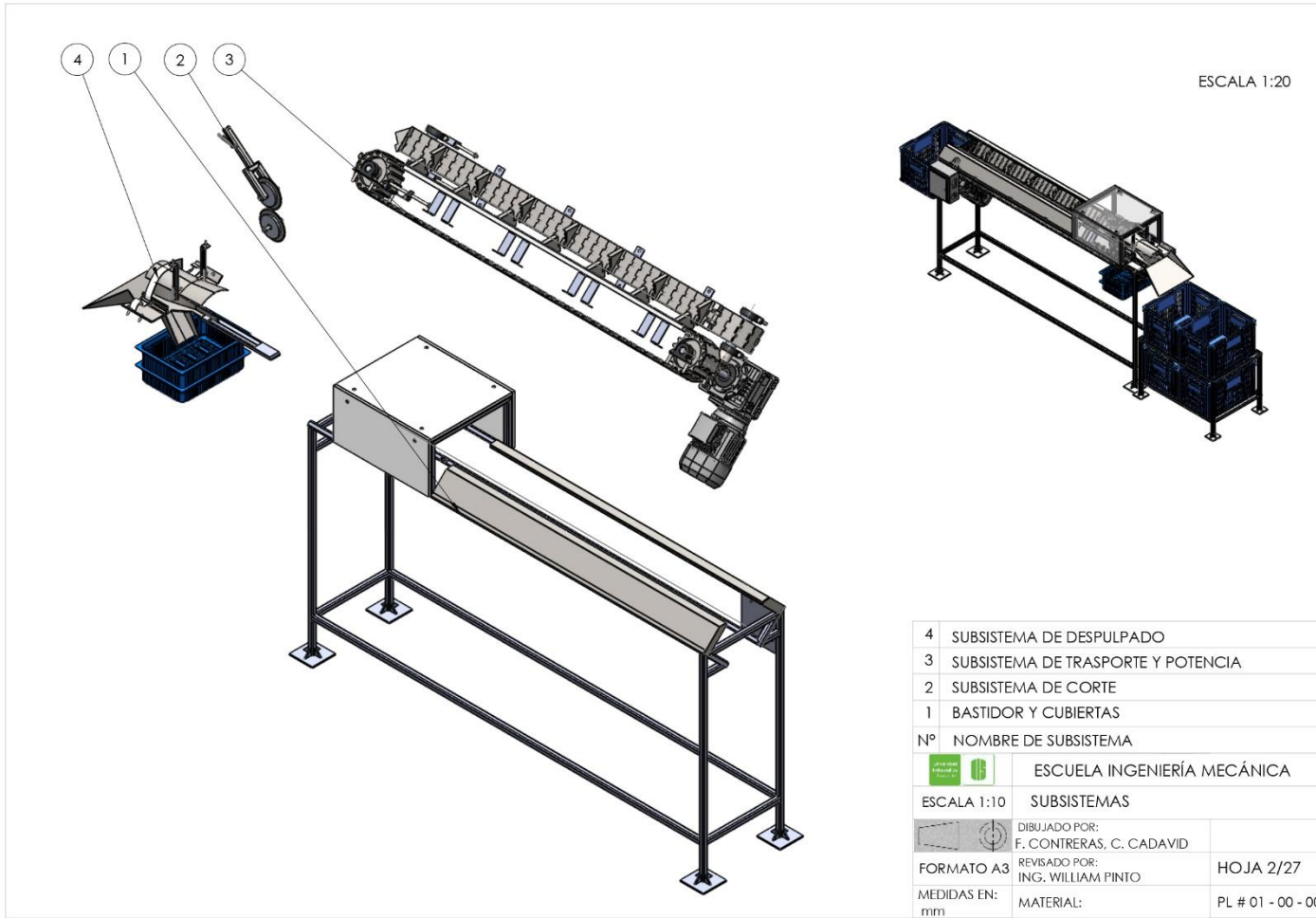
CARRERA 14 N 13-54 PBX + 57 7 6711064 BUCARAMANGA – COL  
[desingbucaramanga@hotmail.com](mailto:desingbucaramanga@hotmail.com) [desingltda@hotmail.com](mailto:desingltda@hotmail.com)  
[WWW.DESINGLTDA.COM](http://WWW.DESINGLTDA.COM)

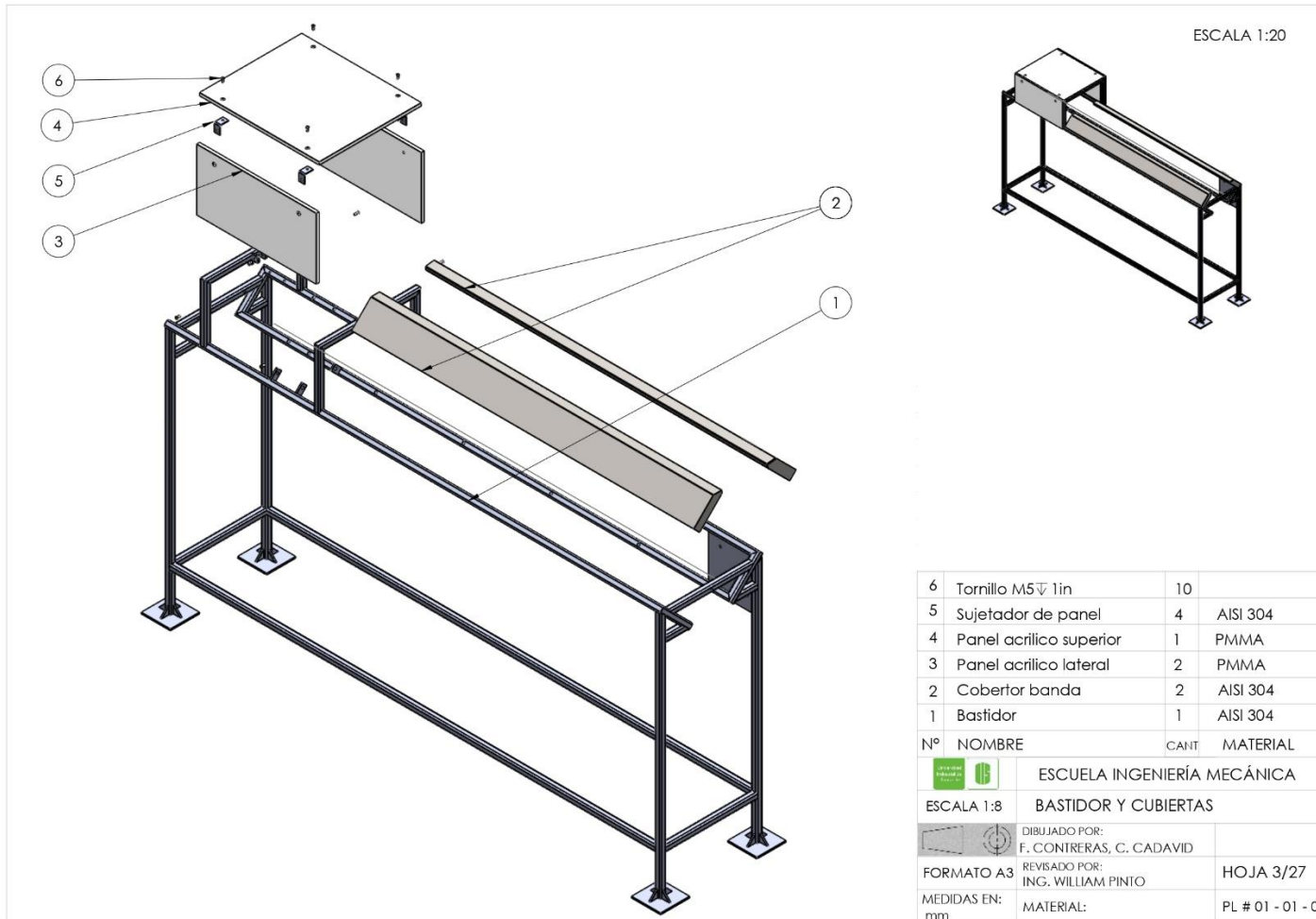


2

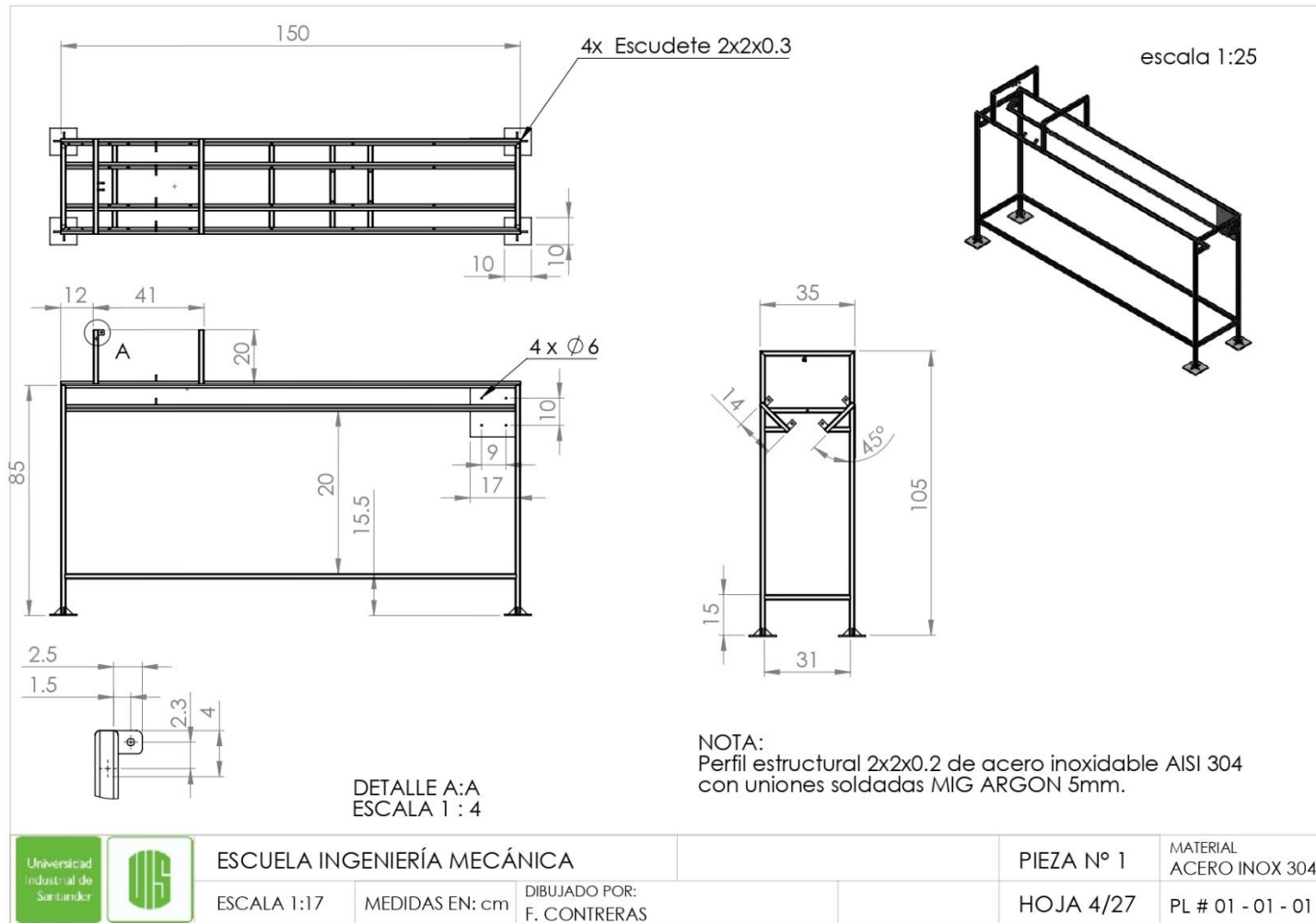
**ANEXO I. Planos del prototipo.**

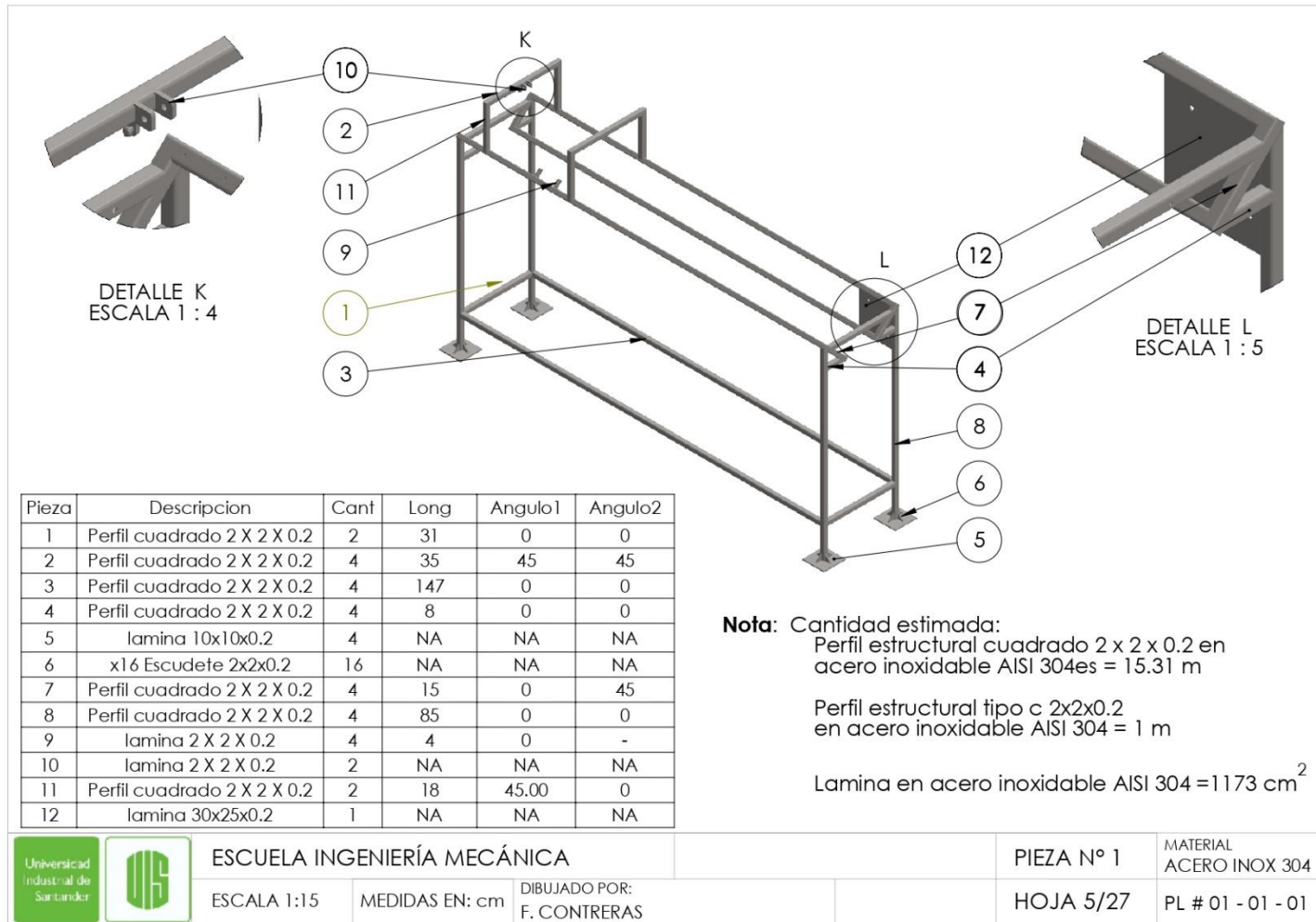


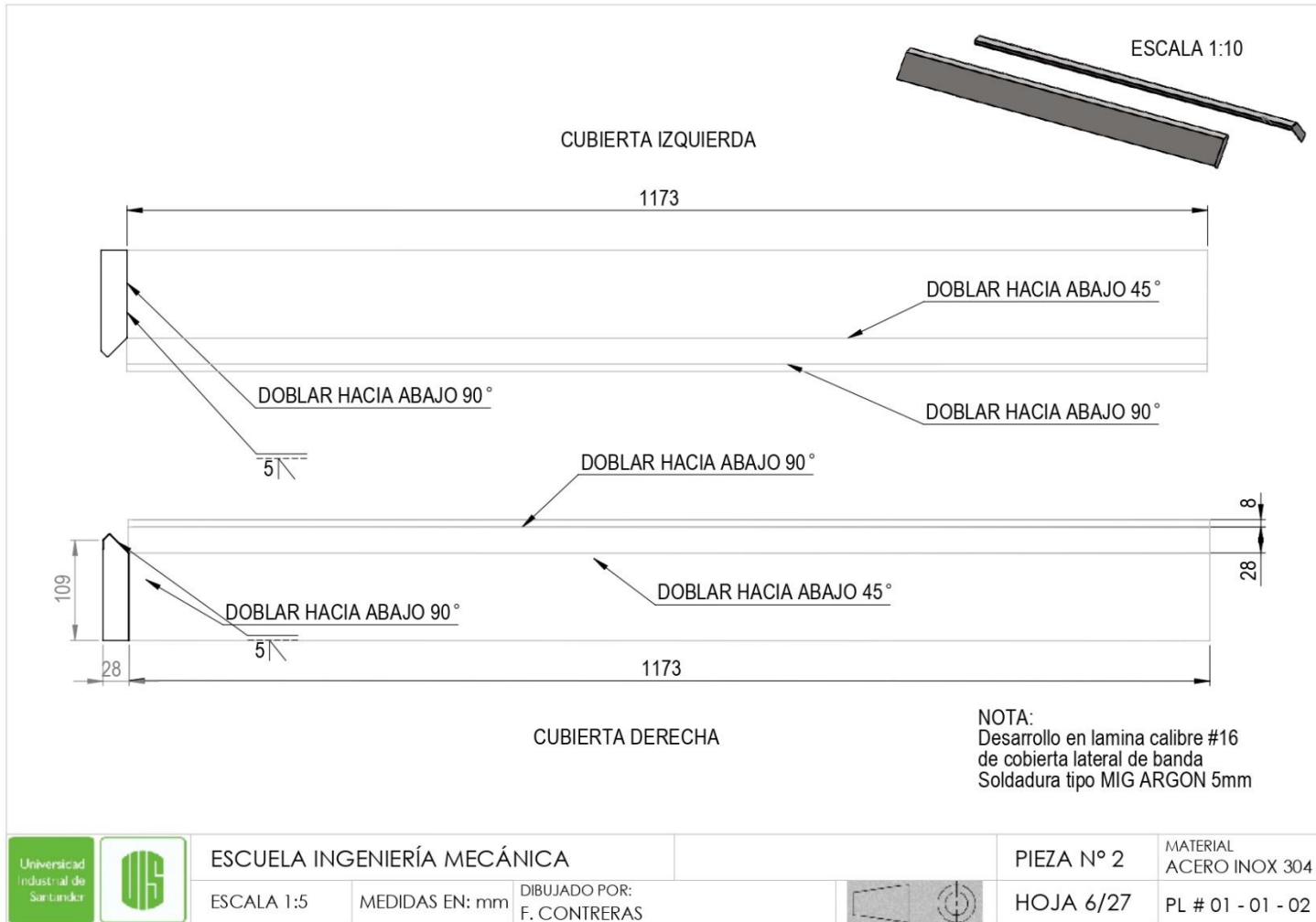


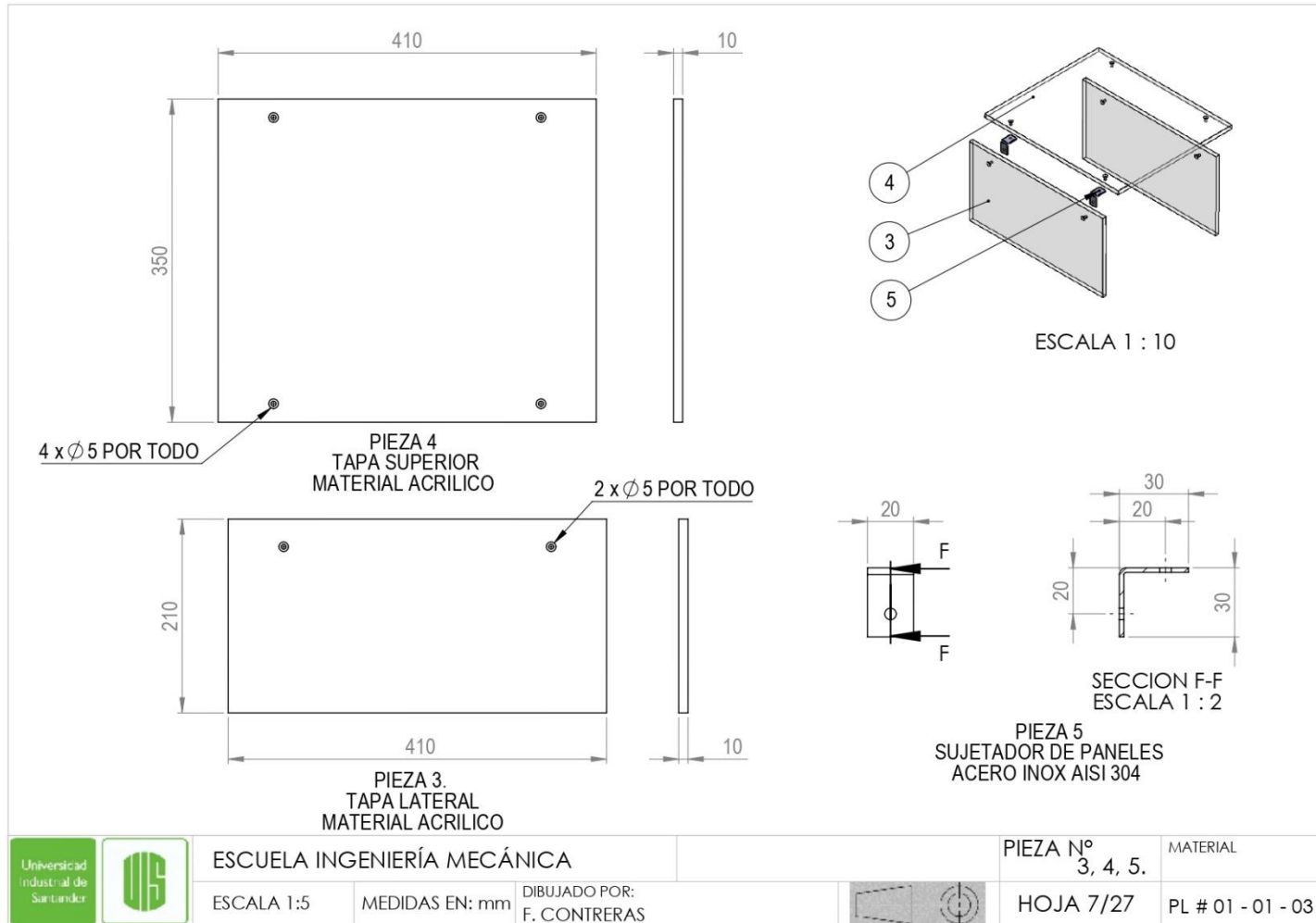


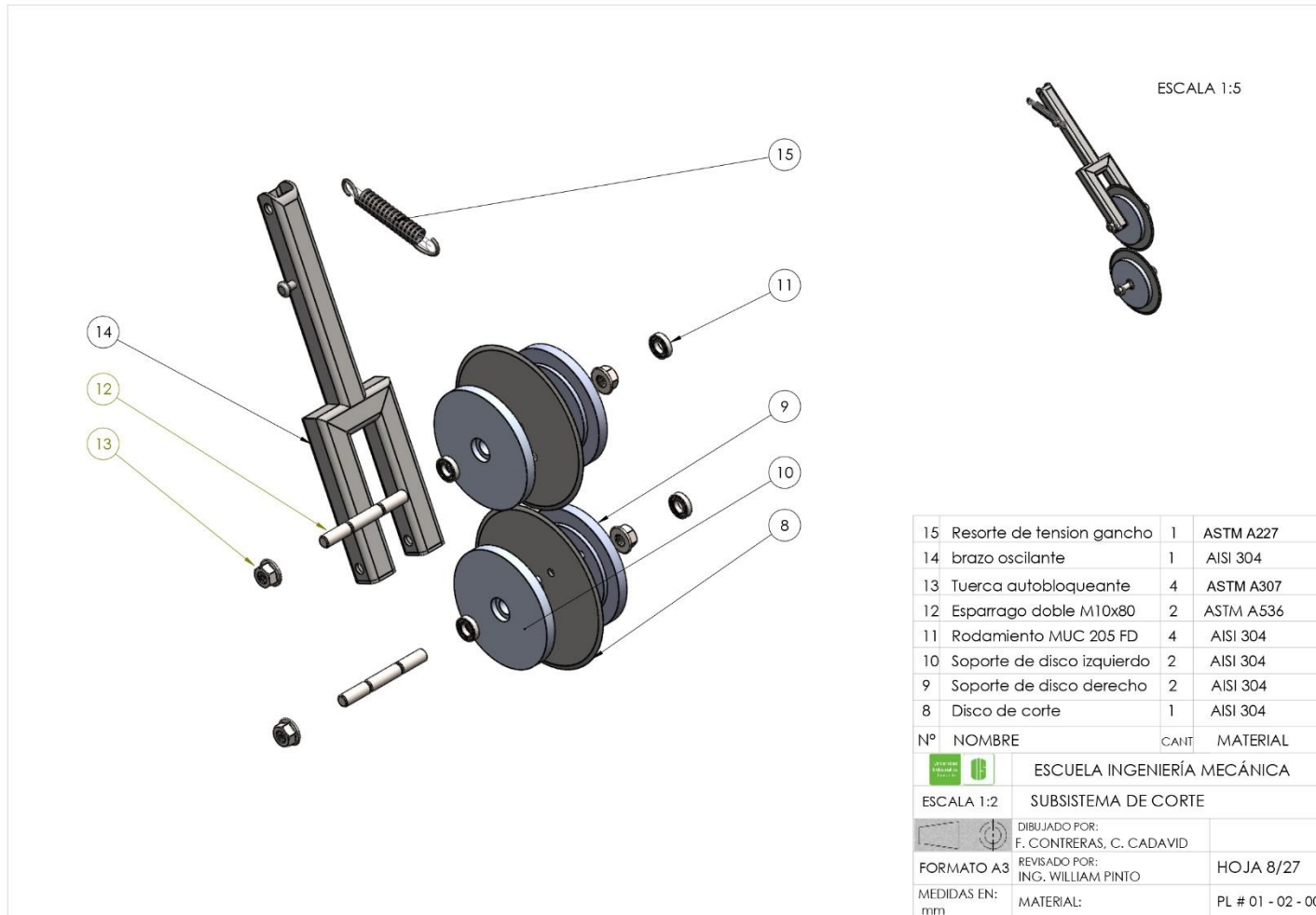
6	Tornillo M5 $\nabla$ 1in	10	
5	Sujetador de panel	4	AISI 304
4	Panel acrílico superior	1	PMMA
3	Panel acrílico lateral	2	PMMA
2	Cobertor banda	2	AISI 304
1	Bastidor	1	AISI 304
Nº	NOMBRE	CANT	MATERIAL
 ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA			
ESCALA 1:8	BASTIDOR Y CUBIERTAS		
 DIBUJADO POR: F. CONTRERAS, C. CADAVID			
FORMATO A3	REVISADO POR: ING. WILLIAM PINTO	HOJA 3/27	
MEDIDAS EN: mm	MATERIAL:	PL # 01 - 01 - 00	





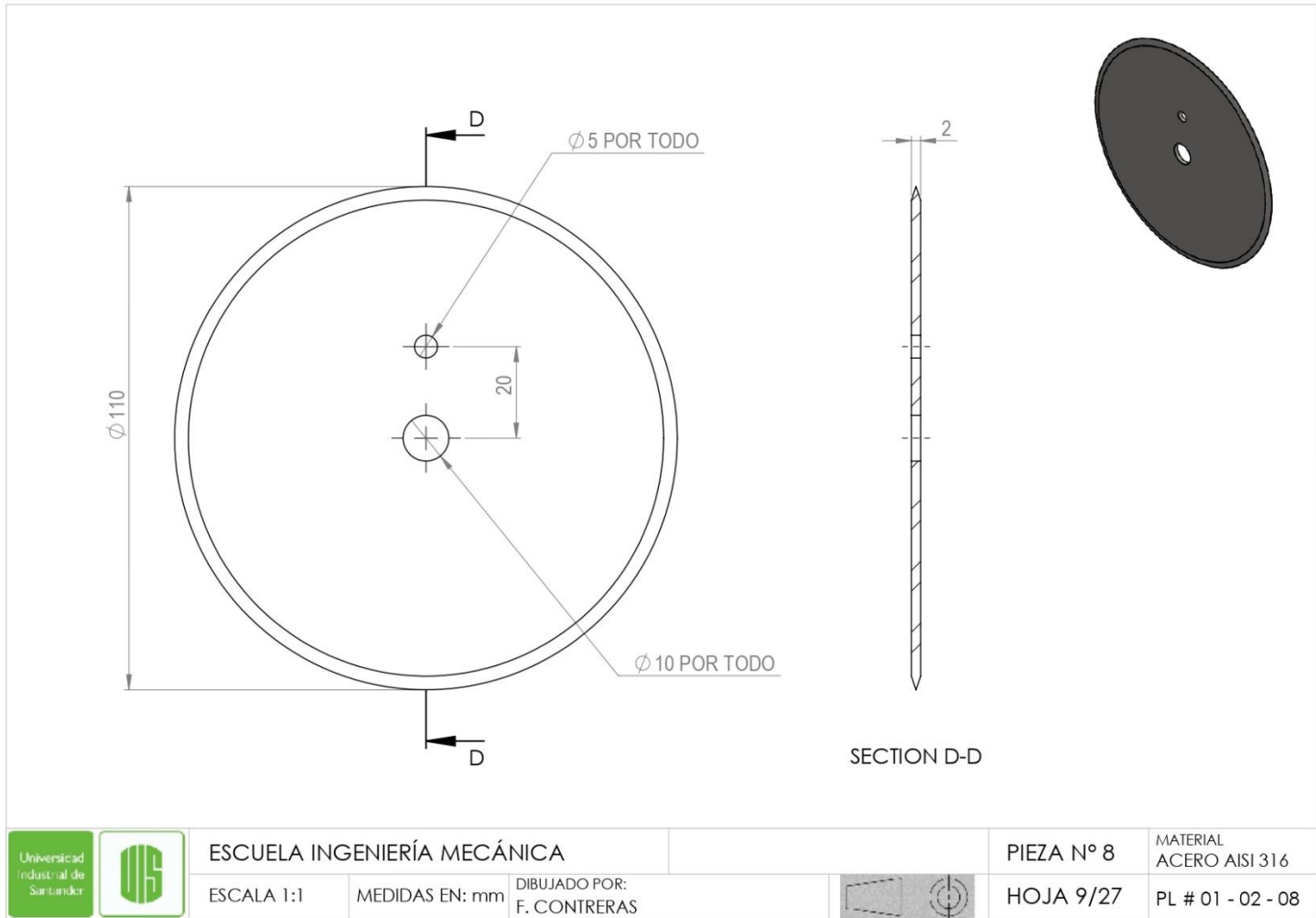








15	Resorte de tension gancho	1	ASTM A227
14	brazo oscilante	1	AISI 304
13	Tuerca autobloqueante	4	ASTM A307
12	Esparrago doble M10x80	2	ASTM A536
11	Rodamiento MUC 205 FD	4	AISI 304
10	Soporte de disco izquierdo	2	AISI 304
9	Soporte de disco derecho	2	AISI 304
8	Disco de corte	1	AISI 304
Nº	NOMBRE	CANT	MATERIAL
		ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	
ESCALA 1:2	SUBSISTEMA DE CORTE		
	DIBUJADO POR: F. CONTRERAS, C. CADAVID		
FORMATO A3	REVISADO POR: ING. WILLIAM PINTO		HOJA 8/27
MEDIDAS EN: mm	MATERIAL:	PL # 01 - 02 - 00	

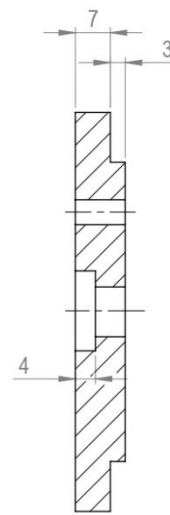
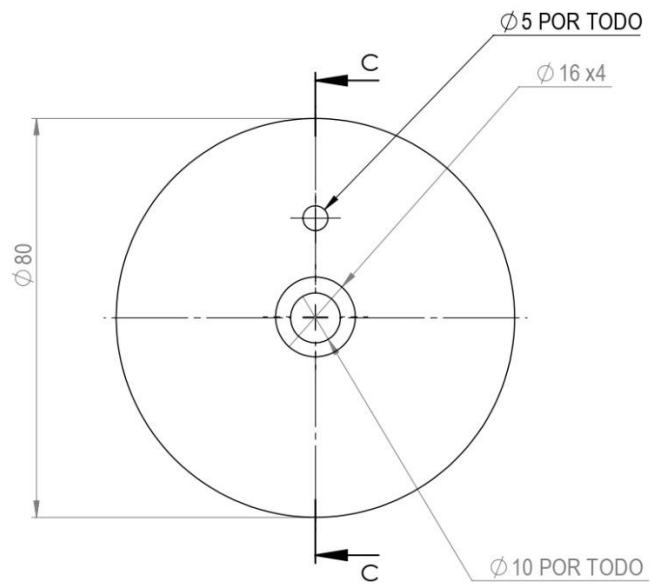


ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA  
 ESCALA 1:1 MEDIDAS EN: mm DIBUJADO POR:  
 F. CONTRERAS

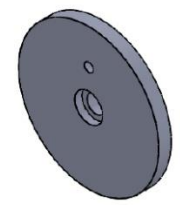


PIEZA N° 8  
 HOJA 9/27

MATERIAL  
 ACERO AISI 316  
 PL # 01 - 02 - 08



SECTION C-C



ESCALA 1:2



ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA

ESCALA 1:1

MEDIDAS EN: mm

DIBUJADO POR:  
F. CONTRERAS

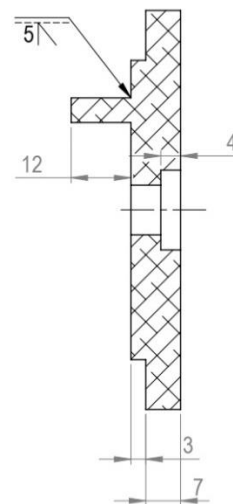
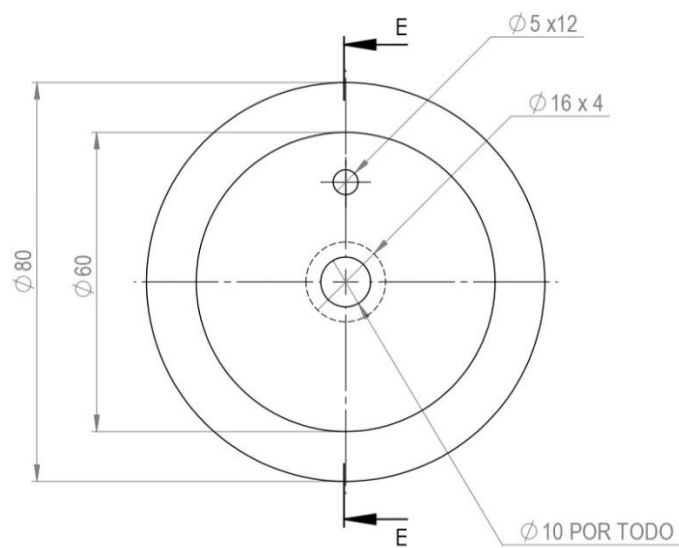


PIEZA N° 9

HOJA 10/27

MATERIAL  
ACERO INOX 304

PL # 01 - 02 - 09



ESCALA 1:2

SECTION E-E

NOTA:  
Soldadura tipo MIG ARGON 5mm



ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA

ESCALA 1:1

MEDIDAS EN: mm

DIBUJADO POR:  
F. CONTRERAS

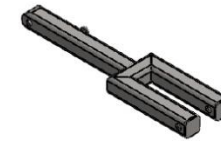
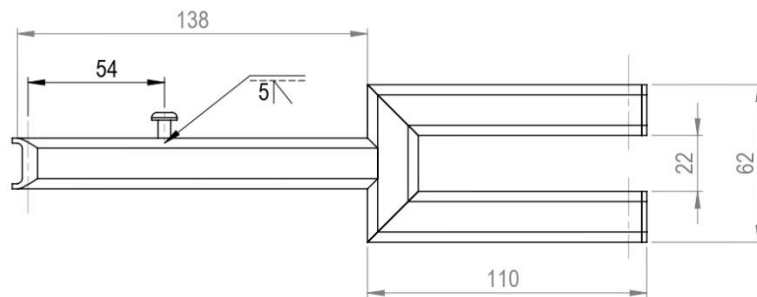


PIEZA N° 10

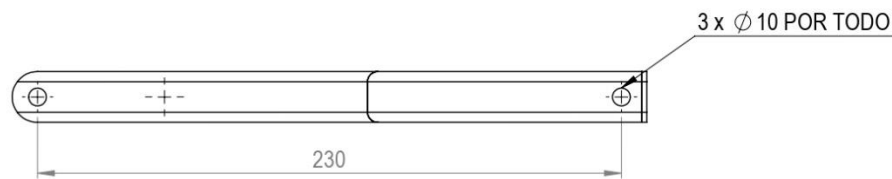
MATERIAL  
ACERO INOX 304

HOJA 11/27

PL # 01 - 02 - 10



ESCALA 1:2



NOTA:  
Soldadura tipo MIG ARGON 5mm

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	LONGITUD	ANGULO EXTREMOS
1	BRAZO OSCILANTE		1		
		TUBO CUADRADO 20 X 20 X 2	1	138	90°, 90°
		TUBO CUADRADO 20 X 20 X 2	2	110	45°, 90°
		TUBO CUADRADO 20 X 20 X 2	1	62	45°, 45°



ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA

ESCALA 1:2

MEDIDAS EN: mm

DIBUJADO POR:  
F. CONTRERAS



PIEZA N° 14

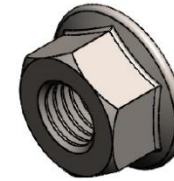
MATERIAL  
ACERO INOX 304

HOJA 12/27

PL # 01 - 02 - 14



PIEZA 13  
2 x M10 x 80mm  
ESPARRAGO DOBLE ROSCA  
MATERIAL ACERO 1046  
ESCALA 1:1



PIEZA 12  
4 x HEX DIN-985 M10  
MATERIAL ACERO CON  
RECUBRIMIENTO ZINC  
ESCALA 1:1



PIEZA 11  
4 x MUC 205 FD  
RODAMIENTO BOLAS  
ESCALA 1:1



PIEZA 15  
2 x RESORTE TENSION EXTREMO GANCHO  
Ø 2.02 x 9.19 CALIBRE 10  
MATERIAL ASTM A227  
ESCALA 1:2



ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA

MEDIDAS EN: mm

DIBUJADO POR:  
F. CONTRERAS

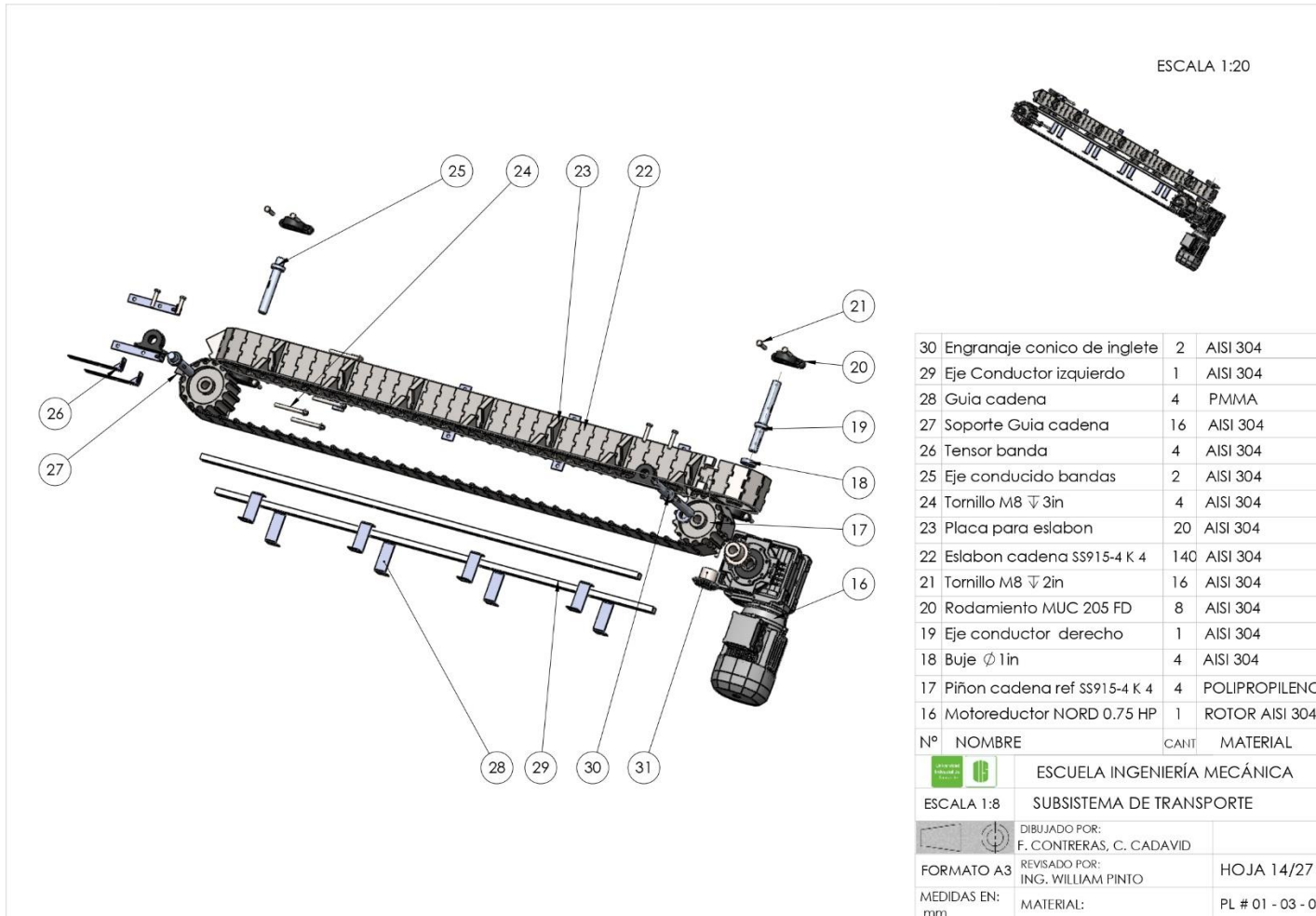


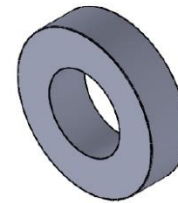
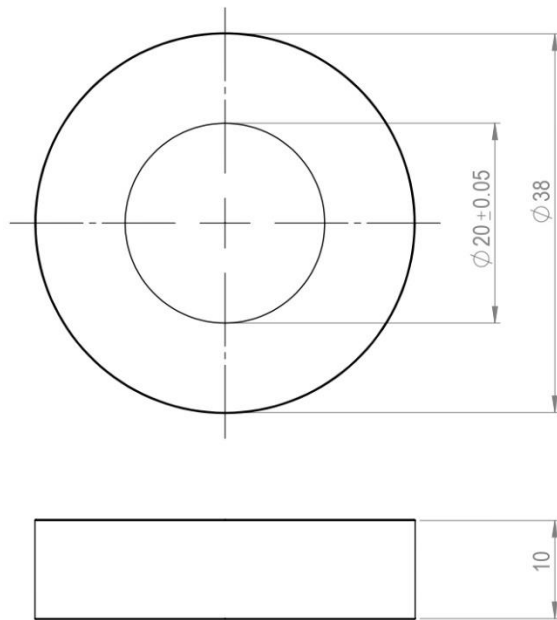
PIEZA N°  
11, 12, 13, 15.

MATERIAL

HOJA 13/27

PL # 01 - 02 - 15





ESCALA 1:2



ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA

ESCALA 2:1

MEDIDAS EN: mm

DIBUJADO POR:  
F. CONTRERAS

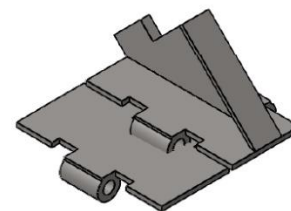
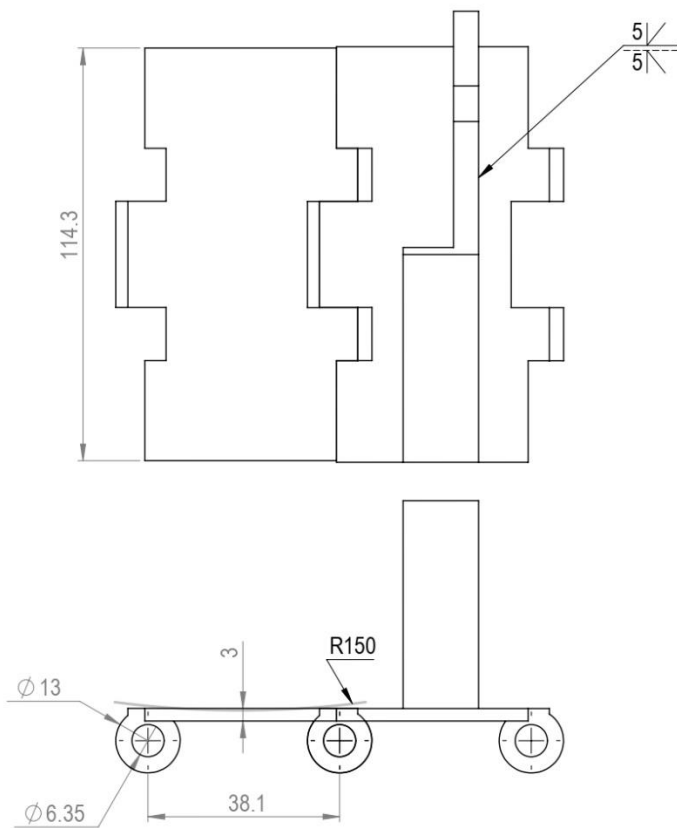


PIEZA N° 18

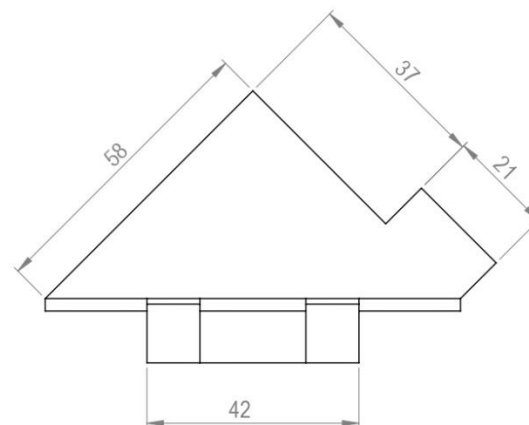
HOJA 15/27

MATERIAL  
ACERO INOX 304

PL # 01 - 03 - 18



ESCALA 1:2



ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA

ESCALA 1:1

MEDIDAS EN: mm

DIBUJADO POR:  
F. CONTRERAS

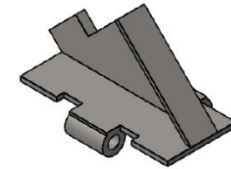
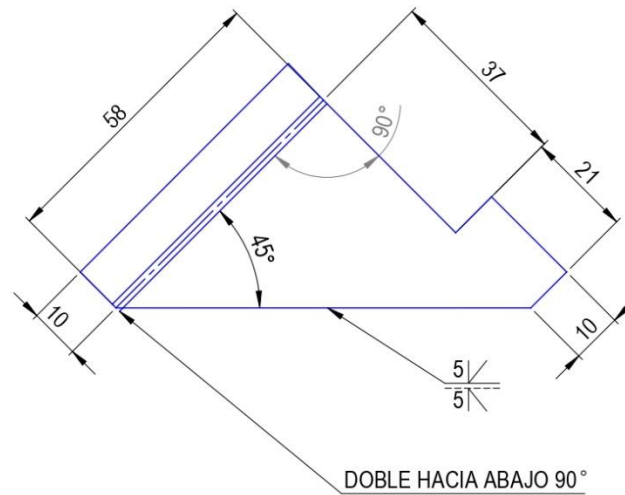
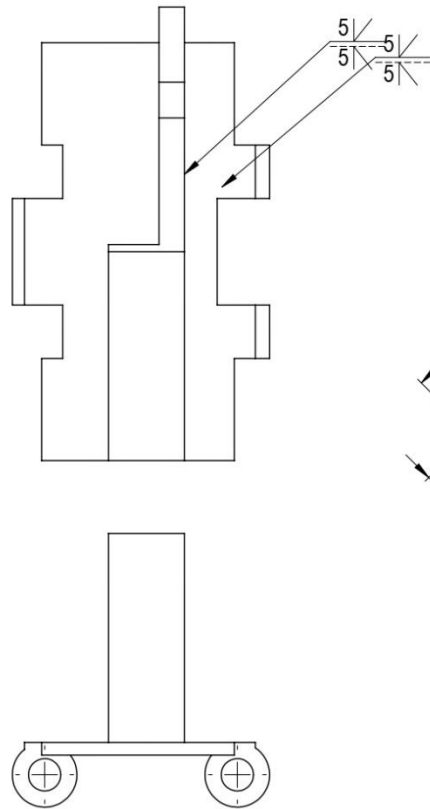


PIEZA Nº 22

HOJA 16/27

MATERIAL  
ACERO INOX 304

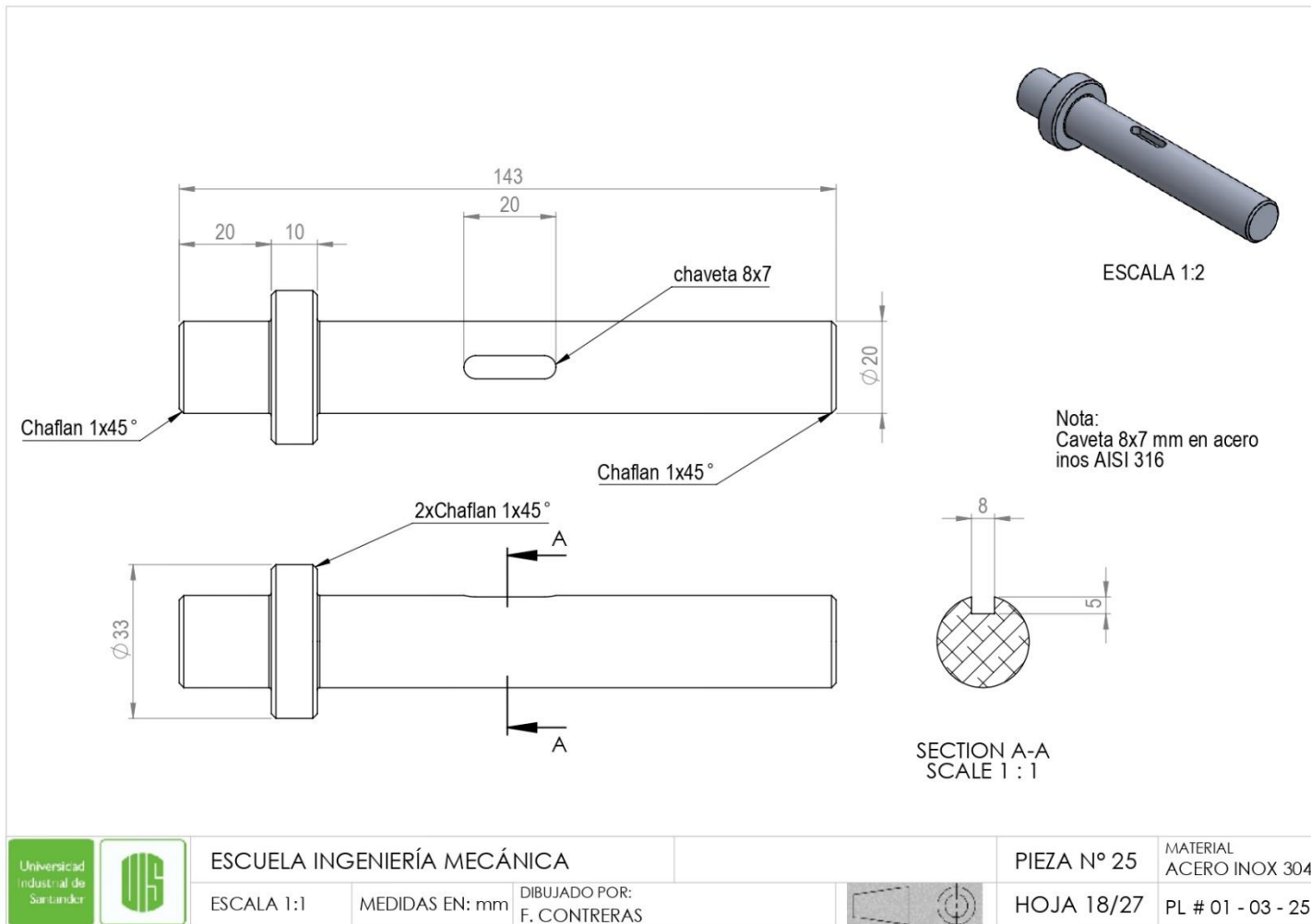
PL # 01 - 03 - 22

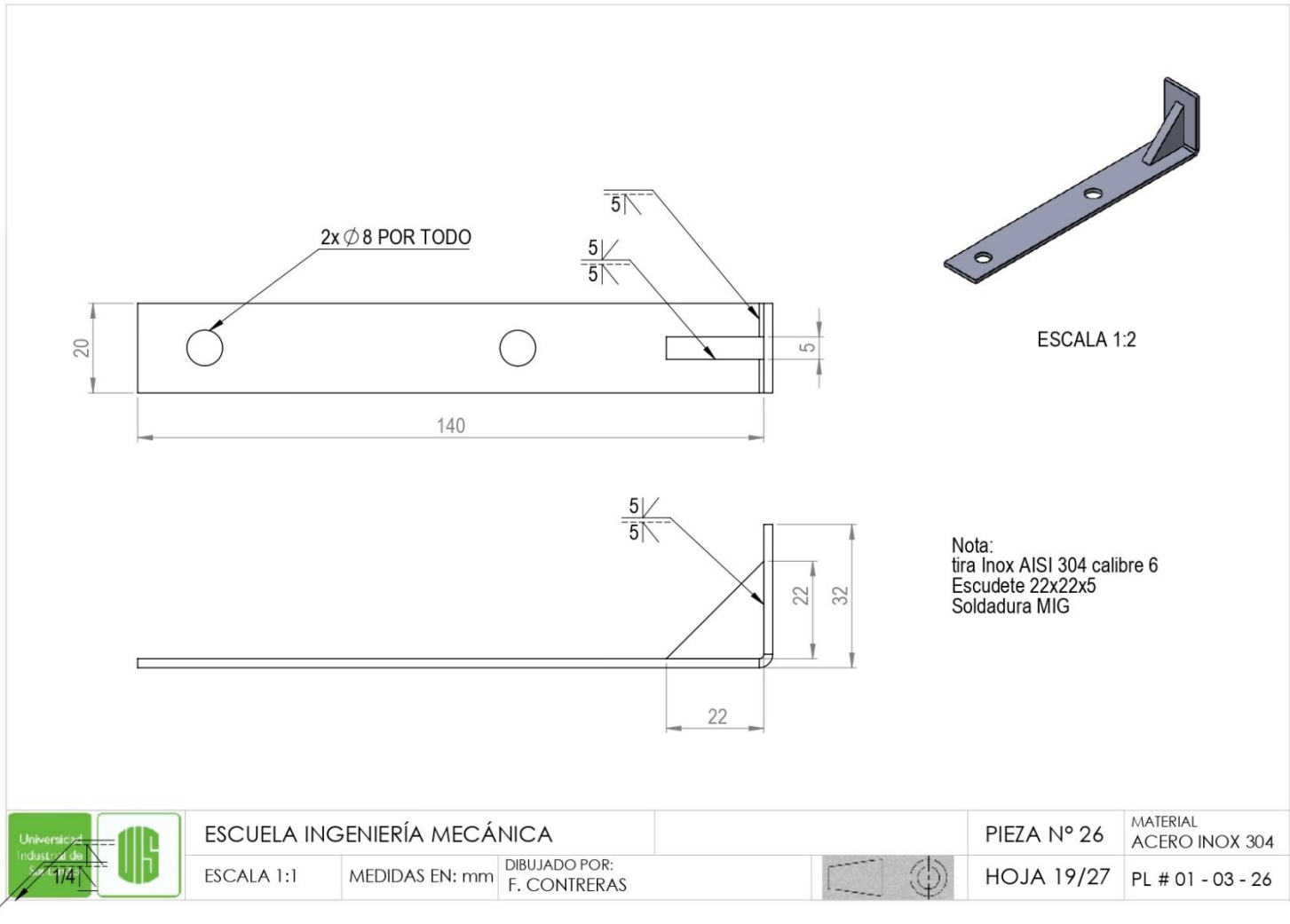


ESCALA 1:2

NOTA:  
Desarrollo de placa modulo para  
cadena en lamina calibre #12

		ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA			PIEZA N° 23	MATERIAL
		ESCALA 1:1	MEDIDAS EN: mm		DIBUJADO POR: F. CONTRERAS	HOJA 17/27

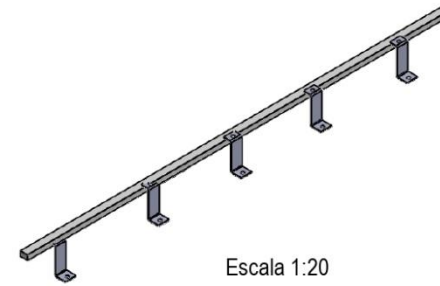
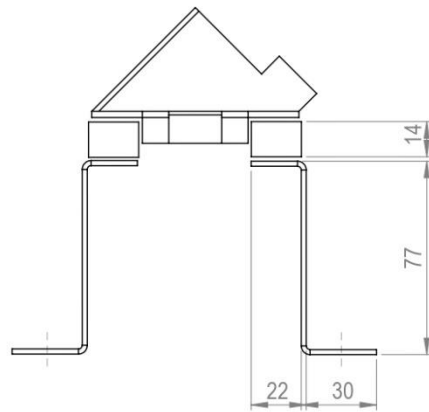




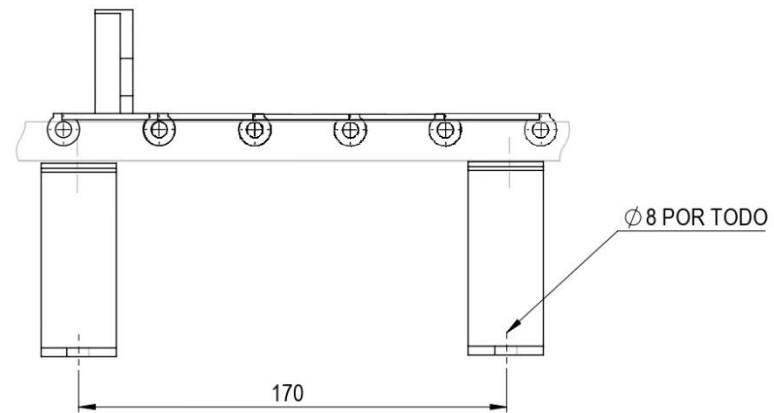
ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA		PIEZA N° 26	MATERIAL ACERO INOX 304
ESCALA 1:1	MEDIDAS EN: mm	HOJA 19/27	PL # 01 - 03 - 26
DIBUJADO POR: F. CONTRERAS			

Nota: seccion transversal para montaje de soporte y polimero de desgaste y banda.

Escala 1:2



Escala 1:20

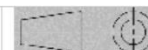


ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA

ESCALA 1:2

MEDIDAS EN: mm

DIBUJADO POR:  
F. CONTRERAS

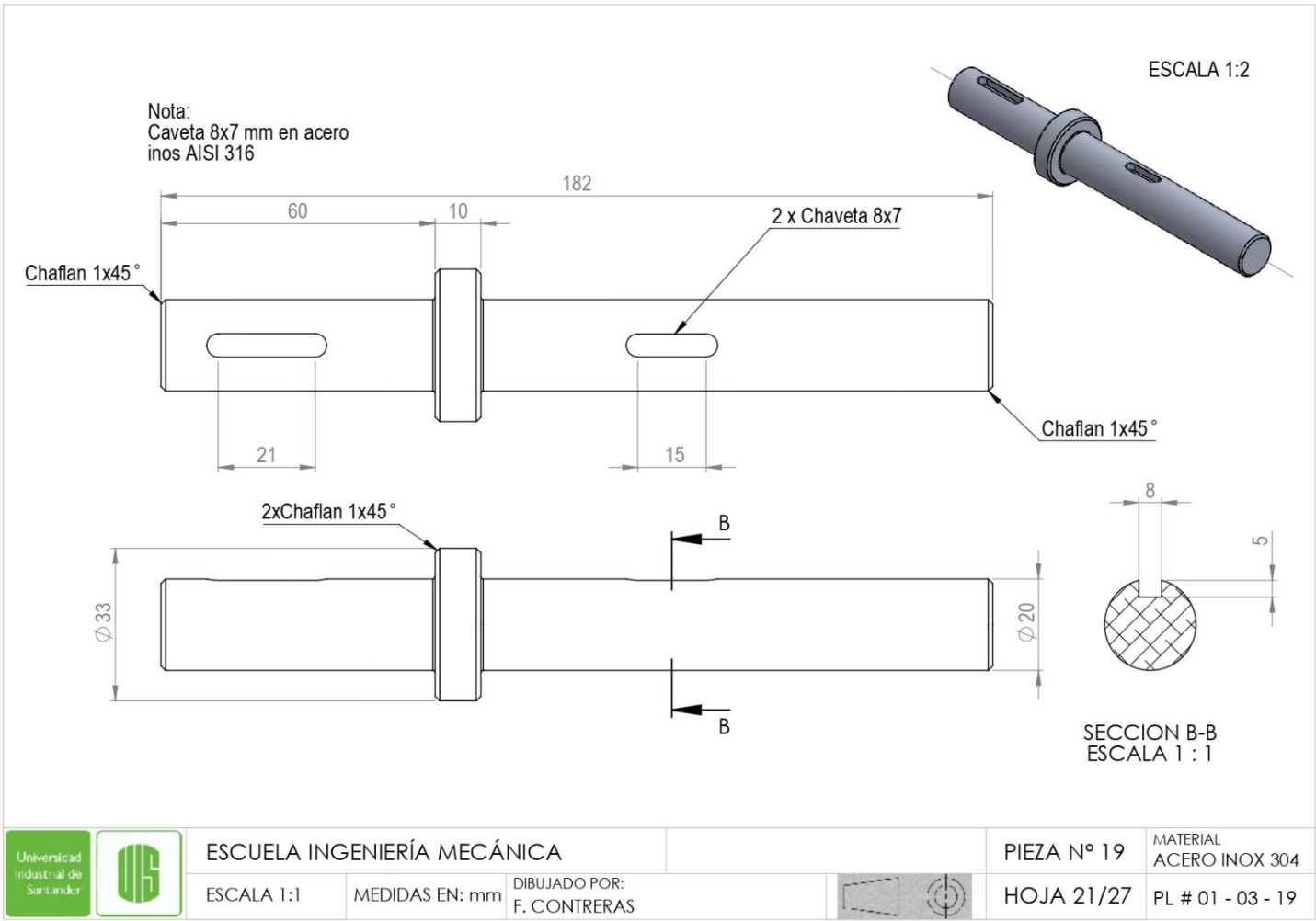


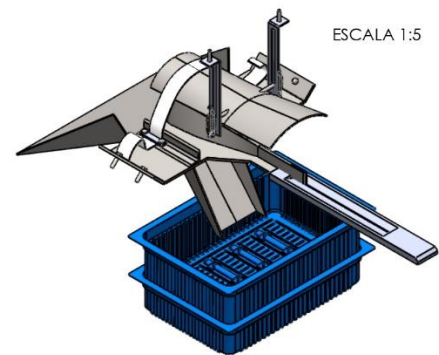
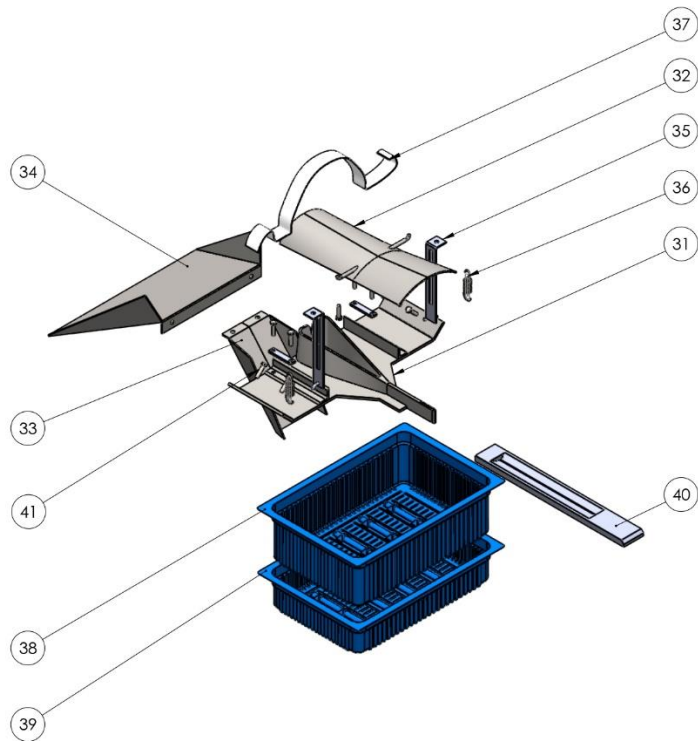
PIEZA N° 29



HOJA 20/27

MATERIAL  
ACERO INOX 304

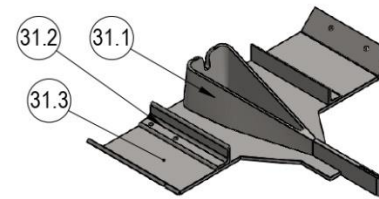
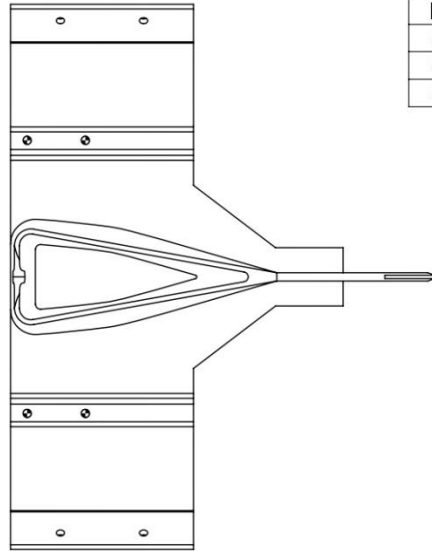
PL # 01 - 03 - 29



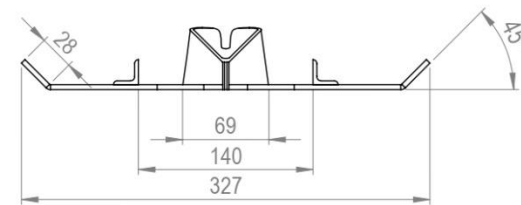
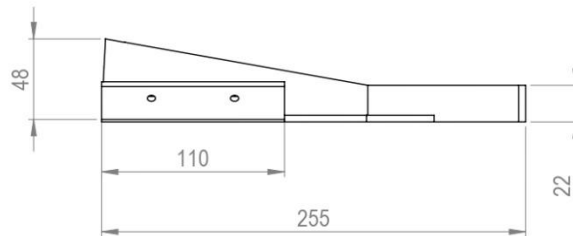


41	Tornillo M5 $\nabla$ 1in	10	AISI 304
40	Guía soporte disco inferior	1	AISI 304
39	Bandeja de lixiviados	1	PLASTICO
38	Bandeja de drenado	1	PLASTICO
37	Banda elastica	1	
36	Resorte de posicionamiento	2	ASTM A227
35	Guía tunel de cuña	2	AISI 304
34	Bandeja de cortezas	1	AISI 304
33	Bandeja de pulpa	1	AISI 304
32	Cobertor tunel de cuña	1	AISI 304
31	Cuña de despulpado	1	AISI 304
Nº	NOMBRE	CANT	MATERIAL
	 ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA		
ESCALA 1:5	SUBSISTEMA DE DESPULPADO		
	DIBUJADO POR: F. CONTRERAS, C. CADAVID		
FORMATO A3	REVISADO POR: ING. WILLIAM PINTO	HOJA 22/27	
MEDIDAS EN: mm	MATERIAL:	PL # 01 - 04 - 00	

ITEM	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
31.1	1	CUÑA DESPULPADO	INOX AISI 304
31.2	2	ANGULO 20x20x3	INOX AISI 304
31.3	3	LAMINA CALIBRE 12	INOX AISI 304



ESCALA 1:5

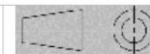


ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA

ESCALA 1:3

MEDIDAS EN: mm

DIBUJADO POR:  
F. CONTRERAS

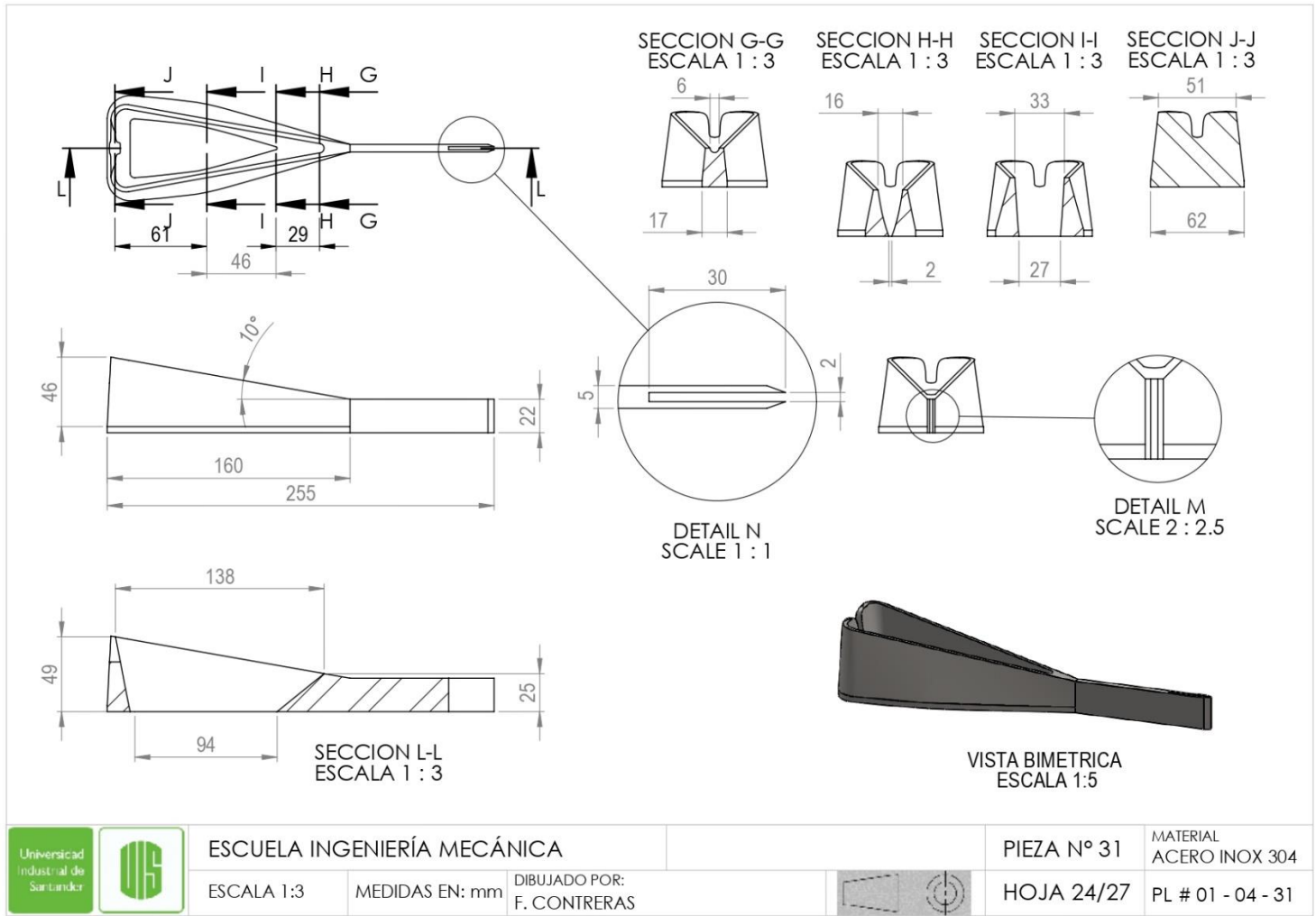


PIEZA N° 31

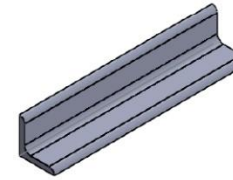
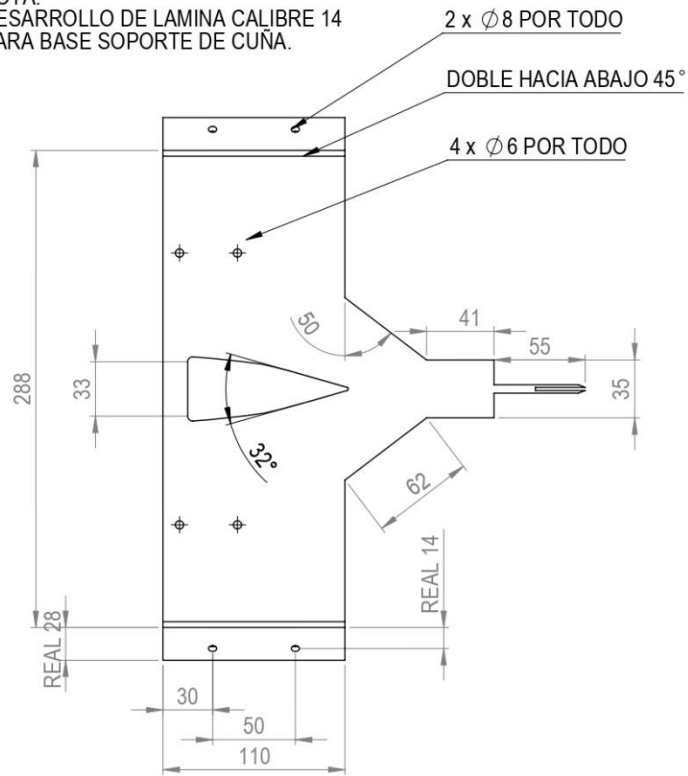
HOJA 23/27

MATERIAL  
ACERO INOX 304

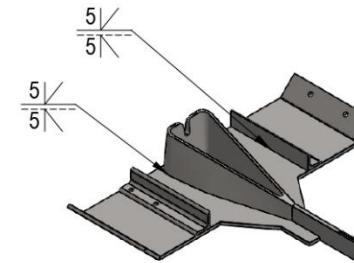
PL # 01 - 04 - 31



NOTA:  
DESARROLLO DE LAMINA CALIBRE 14  
PARA BASE SOPORTE DE CUÑA.



ANGULO ESTRUCTURAL  
20x20x3



ESCALA 1:5

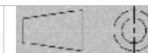


ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA

ESCALA 1:3

MEDIDAS EN: mm

DIBUJADO POR:  
F. CONTRERAS

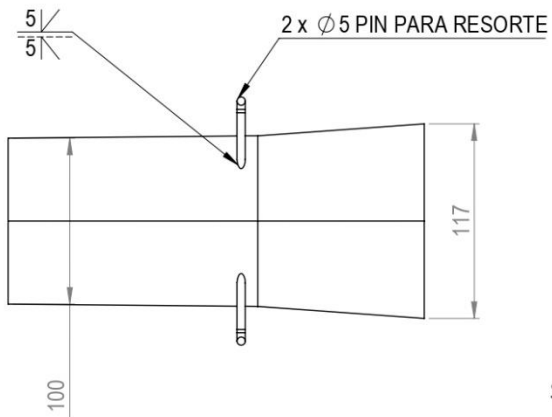


PIEZA N° 31

HOJA 25/27

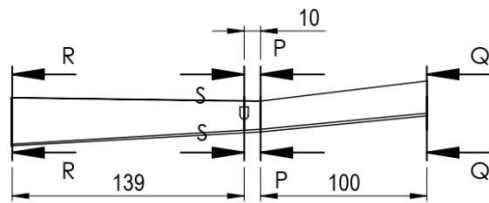
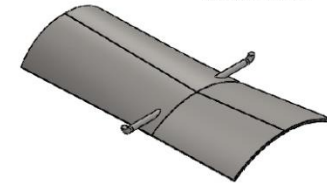
MATERIAL  
ACERO INOX 304

PL # 01 - 04 - 31

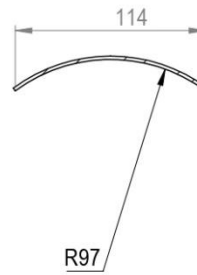


NOTA:  
LAMINA CALIBRE 16 DOBLADA  
CON ANCLAJE PARA RESORTE  
DE REPOSICIONAMIENTO.

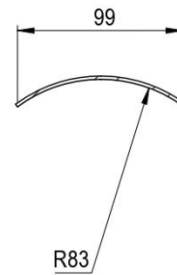
ESCALA 1:4



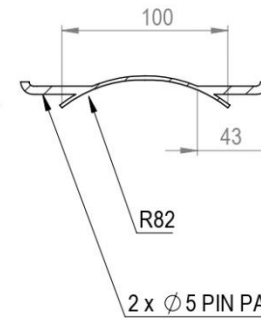
SECTION Q-Q  
SCALE 1 : 3



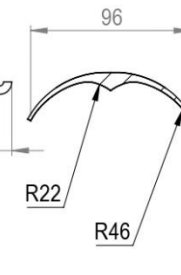
SECTION P-P  
SCALE 1 : 3



SECTION S-S  
SCALE 1 : 3



SECTION R-R  
SCALE 1 : 3



2 x Ø 5 PIN PARA RESORTE

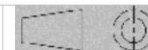


ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA

ESCALA 1:3

MEDIDAS EN: mm

DIBUJADO POR:  
F. CONTRERAS



PIEZA N° 32

HOJA 26/27

MATERIAL  
ACERO INOX 304

PL # 01 - 04 - 32

