



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA DESCORTEZADORA DE COCO”

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
MAGÍSTER EN DISEÑO, PRODUCCIÓN Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

CARLOS ANÍBAL LANDA CHANGALOMBO
carlos.landa@epn.edu.ec

MIGUEL ANGEL MORA TIPAN
miguel.mora@epn.edu.ec

DIRECTOR:
VÍCTOR HUGO GUERRERO BARRAGÁN
victor.guerrero@epn.edu.ec

Quito, Enero, 2018

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Carlos Aníbal Landa Changalombo y Miguel Angel Mora Tipan, bajo mi supervisión.

Víctor Hugo Guerrero Barragán, Ph.D.

DIRECTOR DE PROYECTO

DECLARACIÓN

Nosotros, Carlos Aníbal Landa Changalombo y Miguel Angel Mora Tipan, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Miguel Angel Mora Tipan

Carlos Aníbal Landa Changalombo

ÍNDICE DE CONTENIDO

Certificación.....	i
Declaración.....	ii
Índice de contenido.....	iii
Índice de tablas.....	viii
Índice de figuras.....	xi
Resumen.....	xvii
Abstract.....	xviii
1 PROCESAMIENTO DEL FRUTO DEL COCOTERO	1
1.1. Introducción	
1.2. Producción de coco en el Ecuador.....	3
1.2.1. Tipos de cocoteros producidos en el Ecuador	
1.2.2. Fibra de coco.....	5
1.3. Proceso de obtención de fibras.....	6
1.3.1. Selección del coco	
1.3.2. Desfibrado del coco	
1.3.3. Secado de la fibra.....	7
1.3.4. Separación o trituración de la fibra	
1.4. Descortezado del coco.....	8
1.5. Equipo descortezadores	
1.5.1. Descortezadora con rodillos dentados	
1.5.2. Descortezadora con punzón rotatorio.....	9
1.5.3. Descortezadora con pinzas	
1.5.4. Descortezadora con eje rotatorio.....	10
1.6. Definición del problema	
1.7. Justificación e importancia	11

1.8.	Objetivos y alcance	
2.	ESPECIFICACIONES DE DISEÑO	13
2.1.	Definición de necesidades	
2.1.1.	Maquinaria disponible	
2.1.2.	Requerimientos del equipo	
2.1.3.	Especificaciones técnicas de diseño	14
2.2.	Análisis funcional	15
2.2.1.	Estructura funcional	
2.2.2.	División modular del sistema	16
2.3.	Alternativas de solución para los módulos	17
2.3.1.	Alternativas módulo 1: Colocación del coco y retirado de la fibra	
2.3.2.	Alternativas módulo 2: Sujeción del coco	19
2.3.3.	Alternativas módulo 3: Descortezado del coco	21
2.4.	Alternativas de diseño	23
2.5.	Evaluación y selección de alternativas	25
3.	DISEÑO DEL EQUIPO	29
3.1.	Parámetros de diseño	
3.1.1.	Dimensiones del coco	
3.1.2.	Selección del tipo de sistema	31
3.2.	Diseño del sistema motriz	38
3.2.1.	Diseño del soporte	
3.2.2.	Mecanismo de sujeción	40
3.2.3.	Mecanismo de descortezado	45
3.2.4.	Sistema de desplazamiento vertical	50
3.3.	Diseño del bastidor.....	54
3.3.1.	Diseño de la columna	

3.3.2.	Simulación del bastidor.....	55
3.4.	Selección del sistema de control.....	58
3.4.1.	Selección de los componentes del sistema hidráulico	
3.4.2.	Simulación sistema hidráulico	62
3.4.3.	Diseño y selección del sistema eléctrico	68
3.5.	Desplazamientos angulares y fuerzas aplicadas	72
3.5.1.	Desplazamientos angulares sistema de sujeción	73
3.5.2.	Fuerza aplicada al sistema de sujeción	74
3.5.3.	Desplazamientos angulares sistema de descortezado.....	75
3.6.	Diseño estructural	77
3.6.1.	Diseño por resistencia ultima (estático)	
3.6.2.	Verificación de los pernos del sistema de sujeción.....	80
3.6.3.	Verificación de la esbeltez de vástago de desplazamiento	
3.6.4.	Diseño a fatiga (componentes principales).....	82
3.7.	Costos de fabricación.....	83
3.7.1.	Costos de materiales y mano de obra	84
3.7.2.	Costo de ingeniería.....	86
3.7.3.	Costo total	
3.7.4.	Retorno de la inversión inicial	87
4.	CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS.....	88
4.1.	Construcción del sistema motriz	
4.1.1.	Construcción de las partes de los cilindros hidráulicos.....	89
4.1.2.	Construcción partes del mecanismo de sujeción.....	94
4.1.3.	Construcción partes del mecanismo de descortezado	96
4.1.4.	Construcción de las partes de la guía deslizante.....	97
4.2.	Construcción del bastidor.....	99

4.3.	Montaje de los sistemas.....	100
4.3.1.	Montaje de los cilindros	101
4.3.2.	Montaje del mecanismo de sujeción.....	104
4.3.3.	Montaje del mecanismo de descortezado	106
4.3.4.	Montaje del mecanismo de desplazamiento.....	107
4.3.5.	Montaje del bastidor	108
4.3.6.	Montaje del sistema hidráulico.....	109
4.3.7.	Montaje del sistema eléctrico	111
4.4.	Análisis de costos.....	112
4.5.	Operación y mantenimiento	113
4.5.1.	Verificación de la descortezadora	
4.5.2.	Operación del equipo.....	114
4.5.3.	Mantenimiento del equipo.....	117
4.6.	Análisis de resultados	118
4.6.1.	Validación de la descortezadora	
4.6.2.	Grado de semi-automatización	
4.6.3.	Costos de fabricación	119
4.6.4.	Tiempo de descortezado	123
4.6.5.	Porcentaje de retirado de fibra	124
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	125
5.1	Conclusiones	
5.2	Recomendaciones.....	126
	Bibliografía.....	127
Anexo I	Memoria de cálculo.....	129
Anexo II	Pruebas y ensayos.....	130
Anexo III	Páginas web maquinaria disponible.....	137

Anexo IV	Informe de simulación y análisis.....	140
Anexo V	Planos de detalle y montaje.....	141

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Producción de coco en el Ecuador.....	3
Tabla 1.2. Valores característicos de la fibra de coco.....	5
Tabla 2.1. Características de los equipos de descortezado existentes en el mercado.....	14
Tabla 2.2. Especificaciones de diseño.	
Tabla 2.3. Módulos del equipo	16
Tabla 2.4. Alternativas propuestas de diseño.....	23
Tabla 2.5. Costos aproximados alternativa 1.	24
Tabla 2.6. Costos aproximados alternativa 2.	
Tabla 2.7. Costos aproximados alternativa 3.	
Tabla 2.8. Evaluación de criterios.	25
Tabla 2.9. Evaluación de costos de fabricación.	26
Tabla 2.10. Evaluación de capacidades de producción.	
Tabla 2.11. Evaluación de retirado de la fibra.	
Tabla 2.12. Evaluación de costos de operación.	
Tabla 2.13. Evaluación del control del coco.	27
Tabla 2.14. Conclusiones para la selección.	
Tabla 3.1. Rangos de intervalos de confianza de dimensiones.....	31
Tabla 3.2. Presión de ingreso de los dientes.....	36
Tabla 3.3. Presión de ruptura de la fibra.	37
Tabla 3.4. Rangos de intervalos de confianza de presiones.	38
Tabla 3.5. Parámetros de diseño mecanismo de sujeción.	40
Tabla 3.6. Elementos del mecanismo de sujeción.	41
Tabla 3.7. Parámetros reales del cilindro de sujeción.	44
Tabla 3.8. Parámetros de diseño mecanismo de sujeción.	45

Tabla 3.9. Elementos del mecanismo de descortezado	46
Tabla 3.10. Parámetros de construcción del cilindro de descortezado.	49
Tabla 3.11. Parámetros de diseño mecanismo de desplazamiento vertical.	50
Tabla 3.12. Elementos del mecanismo de desplazamiento vertical.	51
Tabla 3.13. Parámetros de construcción del cilindro de desplazamiento vertical.	53
Tabla 3.14. Elementos del bastidor.	54
Tabla 3.15. Propiedades del acero ASTM A36.	55
Tabla 3.16. Detalle de elementos del sistema hidráulico.	63
Tabla 3.17. Detalle de materiales eléctricos.....	68
Tabla 3.18. Variaciones angulares θ_2 y θ_4	76
Tabla 3.19. Fuerzas del mecanismo de sujeción.	79
Tabla 3.20. Fuerzas proyectadas de la barra AB.	
Tabla 3.21. Costo de construcción de los cilindros.	84
Tabla 3.22. Costos de construcción de los sistemas y bastidor.	85
Tabla 3.23. Costos de materiales prefabricados.	86
Tabla 3.24. Resumen de costos.	
Tabla 3.25. Ahorros anuales anticipados.	
Tabla 3.26. Flujo de efectivo	
Tabla 4.1. Detalle de construcción de los cilindros.....	89
Tabla 4.2. Detalle de construcción de los vástagos.	90
Tabla 4.3. Detalle de construcción de los pistones	91
Tabla 4.4. Detalle de construcción de las tapas posteriores.	92
Tabla 4.5. Detalle de construcción de las tapas frontales.	93
Tabla 4.6. Detalle de construcción de las bridas frontales	
Tabla 4.7. Detalle de montaje de los cilindros	101
Tabla 4.8. Detalle de montaje del sistema de sujeción	105

Tabla 4.9. Detalle de montaje del sistema de descortezado.	106
Tabla 4.10. Detalle de montaje del sistema de desplazamiento.....	107
Tabla 4.11. Detalle de montaje del bastidor.	108
Tabla 4.12. Valores de máquinas descortezadoras.	112
Tabla 4.13. Pruebas de verificación de la descortezadora.	113
Tabla 4.14. Pruebas de verificación.	114
Tabla 4.15. Programa de operación	115
Tabla 4.16. Programa de mantenimiento.	117
Tabla 4.17. Especificaciones de diseño.	118
Tabla 4.18. Evaluación de criterios semi-automatización.	
Tabla 4.19. Valoración del grado de semi-automatización.....	119
Tabla 4.20. Requisitos para las pruebas de validación.	120
Tabla 4.21. Pruebas de validación de la descortezadora.....	121
Tabla 4.22. Resultados de las pruebas de validación	123

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Partes del coco.....	1
Figura 1.2. Usos del coco a nivel mundial.....	2
Figura 1.3. Aplicaciones de la fibra de coco.	
Figura 1.4. Cocotero variedad alta.....	4
Figura 1.5. Cocotero variedad baja.	
Figura 1.6. Cocotero híbrido.....	5
Figura 1.7. Fibra de coco.	
Figura 1.8. (a) Coco verde. (b) Coco amarillo. (c) Coco marrón.....	6
Figura 1.9. (a) Desfibrado manual. (b) Desfibrado industrial.	
Figura 1.10. Secado de la fibra de coco.....	7
Figura 1.11. Separación de la fibra de coco.	
Figura 1.12. (a) Descortezado con machete. (b) Descortezado con punto.....	8
Figura 1.13. Descortezadora con rodillos dentados.....	9
Figura 1.14. Descortezadora con punzón rotatorio.	
Figura 1.15. Descortezadora con pinzas dentadas.....	10
Figura 1.16. Descortezado rotatorio.	
Figura 2.1. Función global del descortezado.....	15
Figura 2.2. Funciones generales de descortezado.	
Figura 2.3. Detalle de las funciones del descortezado.....	16
Figura 2.4. División modular.	
Figura 2.5. a) Posicionamiento manual. b) Base guía.....	17
Figura 2.6. Cercado del equipo.....	18
Figura 2.7. Colocación por tolva.	
Figura 2.8. Sujeción manual del coco.....	19
Figura 2.9. Sujeción palanca-resorte.....	20

Figura 2.10. Sujeción por pinzas.....	21
Figura 2.11. Descortezado por pinzas.....	22
Figura 2.12. a) Descortezado con rodillos helicoidales. b) Rodillos dentados.	
Figura 2.13. Alternativas seleccionadas.....	28
Figura 3.1. Muestra de cocos.....	29
Figura 3.2. Distribución normal t-Student.....	30
Figura 3.3. Distribución normal para nivel de confianza de 95%.....	31
Figura 3.4. Construcción y armado de los componentes.	32
Figura 3.5. Mecanismos de sujeción.	
Figura 3.6. Mecanismos de descortezado.	
Figura 3.7. Montaje del cilindro superior para el descortezado.....	33
Figura 3.8. Medición del manómetro 115 psi.....	34
Figura 3.9. Penetración palas descortezado a 115 psi.	
Figura 3.10. Tubos dentados de 3,5, 4,5 y 5 pulgadas.	35
Figura 3.11. Ensayo con cilindros dentados.....	36
Figura 3.12. Ingreso de dientes.	
Figura 3.13. Desagarro de la fibra.....	37
Figura 3.14. Dimensionamiento con valores promedios de altura y radio.....	38
Figura 3.15. Dimensiones máximas y mínimas de altura y radio del coco.....	39
Figura 3.16. Dimensionamiento del soporte del coco.	
Figura 3.17. Mecanismo de sujeción con manzana interior de soporte.....	40
Figura 3.18. Punto abertura máxima del sistema de sujeción.....	41
Figura 3.19. Mecanismo de sujeción carrera total.....	42
Figura 3.20. Circunferencia mínima formado por las palas.	
Figura 3.21. Circunferencia máxima formado por las palas.	43
Figura 3.22. Medidas básicas cilindro sujeción retraído.	

Figura 3.23. Medidas básicas cilindro sujeción extendido.....	44
Figura 3.24. Mecanismo de descortezado	45
Figura 3.25. Punto inicio del sistema de descortezado.	46
Figura 3.26. Mecanismo descortezado carrera total.	47
Figura 3.27. Circunferencia menor formado por las palas.....	48
Figura 3.28. Circunferencia mayor formado por las palas.	
Figura 3.29. Desplazamientos angulares.	
Figura 3.30. Dimensiones básicas.	49
Figura 3.31. Mecanismo de desplazamiento vertical.....	50
Figura 3.32. Desplazamiento inicial del cilindro.....	51
Figura 3.33. Desplazamiento final del cilindro.	52
Figura 3.34. Seccionado del cilindro de desplazamiento.	53
Figura 3.35. Esquema del bastidor.....	54
Figura 3.36. Diagrama de cuerpo libre de la columna.....	55
Figura 3.37. Esfuerzo equivalente de Von Mises.	56
Figura 3.38. Deflexión.	57
Figura 3.39 Coeficiente de seguridad.	
Figura 3.40. Esquema del distribuidor hidráulico MB-3/2S-3.	58
Figura 3.41. Diagrama del distribuidor hidráulico MB-3/2S-3.....	59
Figura 3.42. Bomba Integral Hydraulik.	
Figura 3.43. Tanque de 33 litros.....	60
Figura 3.44. Manguera Interpump Hypress2SC.	
Figura 3.45. Filtro de respiradero.	61
Figura 3.46. Filtro de succión.	
Figura 3.47. Válvula reguladora de caudal.	
Figura 3.48. Sistema en estado de reposo.....	62

Figura 3.49. Sistema en estado inicial.....	64
Figura 3.50. Sistema en extensión del cilindro sujeción.....	65
Figura 3.51. Sistema en despliegue del cilindro desplazamiento.	
Figura 3.52. Sistema en despliegue del cilindro descortezado.....	66
Figura 3.53. Retracción de cilindros de sujeción y descortezado.....	67
Figura 3.54. Sistema en retracción del cilindro desplazamiento.	
Figura 3.55. Diagrama eléctrico de la descortezadora.	68
Figura 3.56. Diagrama eléctrico pulsado ON.....	69
Figura 3.57. Diagrama eléctrico soltar ON.	
Figura 3.58. Diagrama eléctrico presionar OFF.	70
Figura 3.59. Diagrama eléctrico soltar OFF.	
Figura 3.60. Motor SIEMENS.	71
Figura 3.61. Conjunto eléctrico 22AF.	72
Figura 3.62. Esquema de la descortezadora.	
Figura 3.63. Asignación de variables mecanismo de sujeción.	73
Figura 3.64 Variación angular θ_2 vs. Carrera del sistema de sujeción.	
Figura 3.65. Variación angular θ_1 vs. Carrera del sistema de sujeción.....	74
Figura 3.66. Variables cálculo de fuerza.	
Figura 3.67. Asignación de variables mecanismo de descortezado.....	75
Figura 3.68. Variación angular θ_2 vs. Carrera mecanismo de descortezado.	76
Figura 3.69. Variación angular θ_4 vs. Carrera mecanismo de descortezado.	
Figura 3.70. Diagrama de cuerpo libre del sistema de sujeción.....	77
Figura 3.71. Diagrama de cuerpo libre de la barra AB.	78
Figura 3.72. Seccionamiento del vástago de desplazamiento vertical.	80
Figura 3.73. Barra AB análisis resistencia a la fatiga	82
Figura 4.1. Mapa de Procesos de la descortezadora.	88

Figura 4.2. Material base y plano de detalle de los cilindros.	89
Figura 4.3. a) Material base y plano a detalle vástagos. b) Proceso de cilindrado del vástago.	90
Figura 4.4. a) Material base y plano a detalle pistones. b) Proceso de ranurado.	91
Figura 4.5. Material base y plano a detalle de las tapas posteriores.	92
Figura 4.6 Tapa posterior.	93
Figura 4.7 a) Material base y plano brida frontal. b) Brida frontal.	94
Figura 4.8. a) Material base y plano base. b) Base mecanismo sujeción.	
Figura 4.9. a) Material base y plano manzana. b) Proceso de fresado manzana.	95
Figura 4.10. a) Material base y plano del asiento. b) Proceso de cilindrado del asiento.	
Figura 4.11. Material base y plano platinas.	96
Figura 4.12. Material base y plano de la base del mecanismo descortezado.	
Figura 4.13. a) Material base y plano de la manzana. b) Manzana de cierre.	97
Figura 4.14. a) Material base platinas de descortezado. b) Plano de detalle las platinas.	
Figura 4.15. Material base de la guía deslizante.	98
Figura 4.16. Guía deslizante con montaje de las guías de duralón.	
Figura 4.17. Guía deslizante con soporte.	
Figura 4.18. Guía deslizante de duralón.	99
Figura 4.19. Construcción de la estructura.	
Figura 4.20. Construcción del soporte del cilindro de empuje.	100
Figura 4.21. Soporte para las ruedas.	
Figura 4.22. Elementos constitutivos de los cilindros.	101
Figura 4.23. a) Posición inicial cilindro. b) Posición final cilindro.	103
Figura 4.24. Pruebas mediante sangrado en el cilindro.	104

Figura 4.25. Elementos constitutivos del mecanismo sujeción.	
Figura 4.26. Elementos del mecanismo de descortezado.....	106
Figura 4.27. a) Conexión de acoples. b) Conexión de mangueras.....	110
Figura 4.28. Centralina hidráulica.	
Figura 4.29. Conexión total del sistema hidráulico.....	111
Figura 4.30. Borneras del motor trifásico.	
Figura 4.31. Serie de cocos.....	120
Figura 4.32. a) Proceso de descortezado. b) Coko descortezado.....	121
Figura 4.33. a) Fibra y coko bruto. b) Pesaje del sobrante y fibra.....	122
Figura 4.34. a) Presión máxima sujeción. b) Presión máxima descortezado.	
Figura 4.35. Fibra obtenida y cocos descortezados.	123

RESUMEN

El descortezado de la fibra del coco se lo realiza por métodos manuales, mecánicos y con el uso de máquinas. Las prácticas más comunes son manuales por medio de un machete o mecánicamente por medio de una punta. Existen máquinas de rodillos dentados, punzón rotatorio, pinzas y eje rotatorio. El objetivo de este proyecto fue diseñar y construir una descortezadora de coco para brindar al mercado nacional una alternativa que permita industrializar el proceso de descortezado. Se formuló un conjunto de tres alternativas de equipos. El equipo a diseñar fue seleccionado en base a la ponderación de costo de fabricación, capacidad de producción, porcentaje de retirado total de fibra, costo de operación y control del movimiento del coco en el descortezado. Se determinó las especificaciones técnicas requeridas, se evaluó el desempeño de la máquina fabricada y se formuló un plan de mantenimiento preventivo. Todo esto con el fin reducir tiempos de trabajo operacional, reducir costos de fabricación, aumentar la cantidad de fibra retirada tradicionalmente por medio de una descortezadora semi-automatizada. El equipo desarrollado es de tipo oleo-hidráulico, accionado por medio de un mando de palancas que activan los mecanismos de sujeción, desplazamiento y descortezado. Se realizó la verificación y validación del equipo por medio de un protocolo de pruebas obteniendo un promedio de 3 cocos descortezados por minuto, un porcentaje de retirado de fibra superior al 95%, con un costo inferior a \$4500 dólares y un porcentaje de semi-automatización del 90%. Se cumplió con todos los parámetros de diseño planteados y se obtuvo un equipo robusto, confiable, de bajo costo y fácil mantenimiento.

Palabras Clave: Semi-automatización, descortezado, corteza y cocotero.

ABSTRACT

Coconut fiber dehusking is performed by manual, mechanical and machine-based methods. The most common practices are manual by means of a machete or mechanically by means of a tip. There are toothed roller devices, a rotary punch, tweezers and a rotary shaft machines. The objective of this project was to design and build a coconut dehusker to provide the national market with an alternative to industrialize the dehusking process. A set of three equipment alternatives was formulated. The equipment to be designed was selected based on the manufacturing cost weight, production capacity, percentage of total fiber removal, operating cost and coconut control in the dehusking. The required technical specifications were determined, the performance of the machine manufactured was evaluated and a preventive maintenance plan was formulated in order to reduce operational working times, reduce manufacturing costs, increase the amount of fiber traditionally removed by means of a semiautomated deburring machine. The equipment developed is hydraulic oil type, driven by means of a lever control that activates the clamping, displacement and dehusking mechanism. The equipment was checked and validated by means of a test protocol, obtaining an average of 3 peeling coconuts per minute, a percentage of fiber removal of more than 95%, costing less than \$ 4500 and a semiautomation percentage of 90%. All the design parameters were met and robust, reliable, low cost and easy maintenance equipment was obtained.

Keywords: Semiautomation, dehusking, bark and coconut.

1 PROCESAMIENTO DEL FRUTO DEL COCOTERO

En el primer capítulo se hace referencia a las partes del coco, sus principales usos artesanales e industriales, tipos de cocoteros, hectáreas, toneladas producidas anualmente en el Ecuador, características, procesos requeridos para la obtención de la fibra y maquinaria existente en el mercado internacional para el descortezamiento y transformación del coco. Adicionalmente se indica los objetivos, definición, justificación y alcance del proyecto.

1.1. Introducción

El coco es un fruto fibroso de la palmácea *Cocos Nucifera* o cocotero. Está constituido por una parte interior pulpa (endosperma), líquido, envoltura o cascara dura (endocarpio), material fibroso (mesocarpio) y una cascara exterior (exocarpio). En la figura 1.1 se muestra las partes del coco.

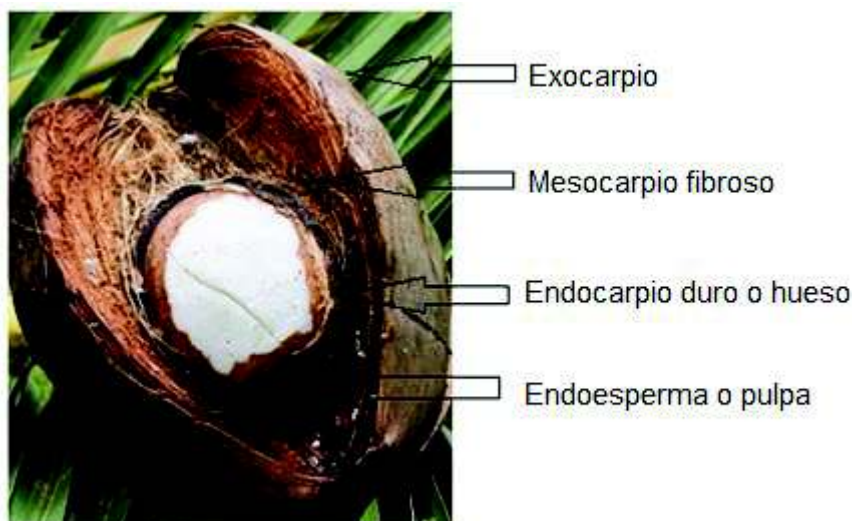


Figura 1.1. Partes del coco.
(Fuente: propia)

En Ecuador se utiliza ciertas partes del coco, principalmente su agua en la preparación de bebidas, la pulpa para consumo directo o en la preparación de platos típicos. El casco duro se utiliza para botones, piezas de bisutería y otras artesanías, la cascara fibrosa en floricultura y rellenos. Se realiza procesos industriales para la obtención de la leche de coco, crema de coco, grasas, aceites comestibles, confitería y copra. En la figura 1.2 se detalla la utilización de las diversas partes del coco, los usos son a nivel de país como internacionalmente.

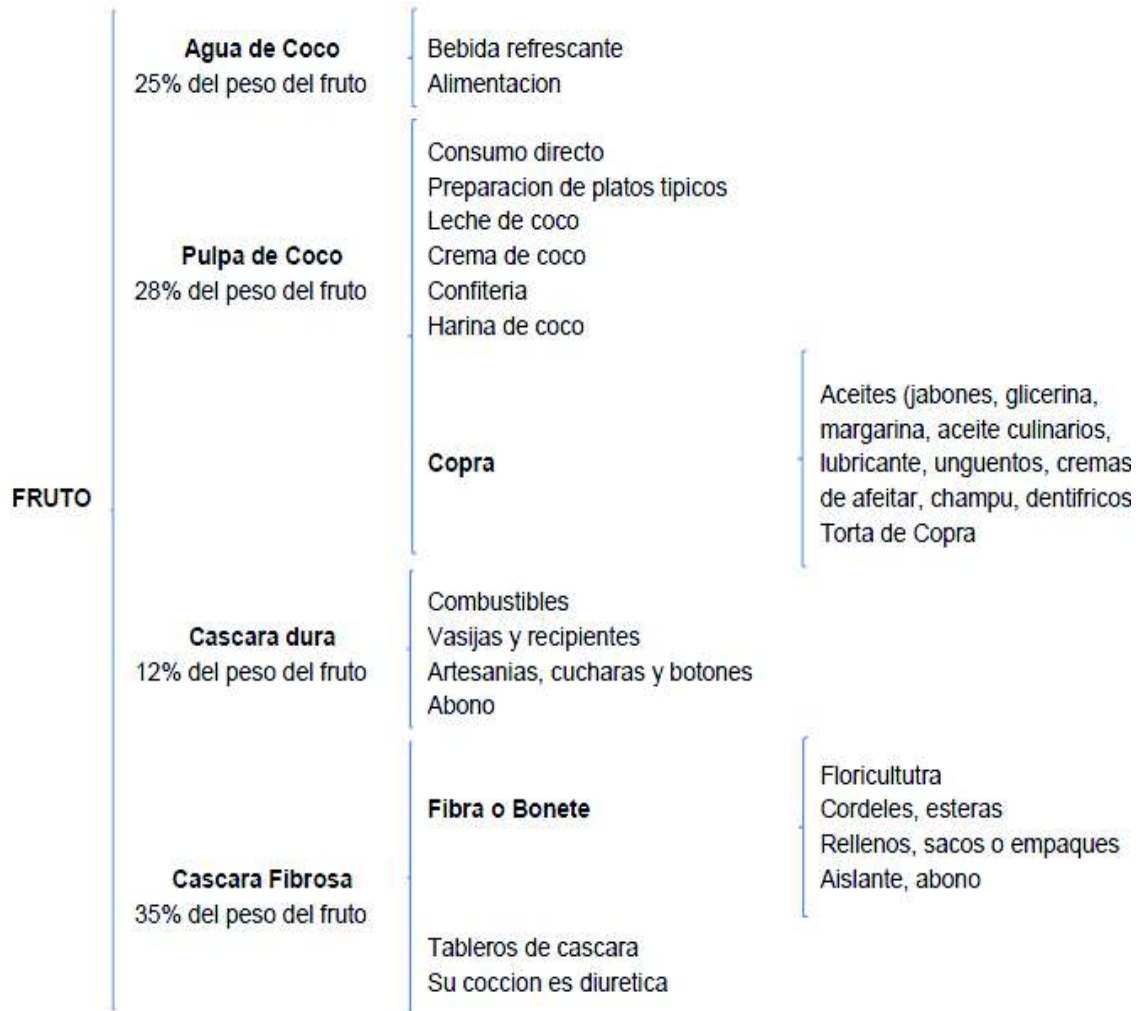


Figura 1.2. Usos del coco a nivel mundial.
(Fuente: (Pailacho Rodríguez, 2007))

A nivel mundial la fibra de coco se convierte en una alternativa de material. Se usa como agregado liviano en procesos industriales en la industria del concreto aligerado, producción de materiales compuestos, compostaje, cultivo hidropónico, revestimiento vehicular, tableros aglomerados, módulos estructurales, fibra para reforzar resina de poliéster, palas de aerogeneradores, entre otros. En la figura 1.3 se muestra algunos productos constituidos con este tipo de fibra los cuales son biodegradables.



Figura 1.3. Aplicaciones de la fibra de coco.
(Fuente: (Quintanilla Alas, 2010))

1.2. Producción de coco en el Ecuador

La producción de cocotero en el Ecuador se encuentra ubicada en diversas partes del país, teniendo como principal zona productora la perteneciente a la costa ecuatoriana, esta zona posee un clima tropical propicio para el cultivo del cocotero. La producción principalmente se da en las provincias de “Esmeraldas, Manabí, Guayas, Los Ríos y el Oro. Donde se encuentra el 85% del total cultivado. Sin embargo, puede encontrarse hasta los 400 metros sobre el nivel del mar” (Tomalá Aquino, 2015). En la tabla 1.1 se puede observar la cantidad de toneladas de cocotero producidas anualmente en las diversas provincias del Ecuador.

Tabla 1.1. Producción de coco en el Ecuador.

Provincia	Hectárea Plantada	Toneladas anuales
Loja	102	583
Esmeraldas	660	6500
Manabí	1210	11011
Guayas	189	1568
Sucumbíos	165	770
Napo	55	260
Orellana	22	95
Galápagos	1	6

(Fuente: (Andino Moscoso, 2012))

1.2.1. Tipos de cocoteros producidos en el Ecuador

En el Ecuador principalmente se destaca tres variedades de grupos de cocoteros. Estas variedades son altas (criolla), bajas (manila) e híbridas.

1.2.1.1. Cocotero variedad alta

El tipo de cocotero mostrado en la figura 1.4 presenta un fruto con gran cantidad de agua, su líquido es de sabor poco dulce, existen una gran diversidad de variedades. Su longevidad es de 40 a 90 años, robustos y prosperan en todo tipo de suelos y condiciones climáticas. Florecen de 8 a 10 años de ser plantados, siendo la producción media al año de 50 a 80 cocos.

Como ventajas destacan el tamaño del fruto, la robustez de la planta y el contenido elevado de copra. Los inconvenientes principales son: el fructificación tardío, la dificultad para el cultivo y la baja producción de frutos por planta.



Figura 1.4. Cocotero variedad alta.
(Fuente: (123RF, 2010))

1.2.1.2. Cocotero variedad baja

En la figura 1.5 se aprecia la variedad de cocotero baja, la cual posee la capacidad de autofecundación, tienen una longevidad de 30 a 35 años. Prosperan en suelos fértiles y florecen al cuarto año de ser plantados. La producción media es de 150 a 240 frutos por planta al año. Su principal uso es la producción de agua para consumo en bebidas, por el pequeño tamaño del fruto es poco atractivo para consumo como fruta fresca.

Algunas de sus ventajas son la precocidad de producción, el elevado número de frutos por planta y el crecimiento lento. Los inconvenientes son el pequeño tamaño del fruto, la mala calidad de la copra y su susceptibilidad a periodos cortos de sequía.



Figura 1.5. Cocotero variedad baja.
(Fuente (123RF, 2010))

1.2.1.3. Cocotero variedad híbrida

Se observa en la figura 1.6 la variedad híbrida la cual muestra las mejores características de las variedades altas y bajas. Los frutos son de tamaño mediano a grandes, buen sabor de jugo y alto rendimiento de copra. Su crecimiento es lento y producción de frutos alta.



Figura 1.6. Cocotero híbrido.
(Fuente: (123RF, 2010))

1.2.2. Fibra de coco

La fibra del coco de la figura 1.7 es de tipo lignocelulósica (celulosa y lignina). La lignina provee la resistencia y rigidez a la fibra, se encuentra dentro de la categoría de fibras fuertes. Las características, hacen que la fibra de coco sea un material resistente a los impactos, compresiones y flexiones. El espesor de la fibra es de 2 a 5 cm. La fibra de coco posee un rango de medida de 15 a 35 cm de largo y diámetro de 12 a 25 μm .



Figura 1.7. Fibra de coco.
(Fuente (123RF, 2010))

Como característica favorable de la fibra es su alta cantidad de carbono que confiere alta resistencia a la degradación sin afectar al medioambiente, debido a ser un material 100% natural y biodegradable. En la tabla 1.2 se muestra algunas propiedades de la fibra.

Tabla 1.2. Valores característicos de la fibra de coco.

Densidad (g/cm ³)	Resistencia tracción (MPa)	Modulo Young (GPa)	Elongación (%)	Absorción humedad (%)
1,15 – 1,46	130 - 220	4 - 6	15 - 40	10

(Fuente: (Conde Rito, 2010))

1.3. Proceso de obtención de fibras

El proceso de obtención de la fibra comprende la selección, desfibrado o descortezado, secado, separación o trituración de la fibra. A continuación se detallan estos procesos.

1.3.1. Selección del coco

Es deseable el mayor grado de maduración del coco para la obtención de gran cantidad de la fibra, teniendo como referencia su tamaño y su color. La fruta no debe presentar fracturas porque estas representan mayor probabilidad de humedad.

El color es una característica que indica el estado de maduración del coco, el verde perteneciente a un coco tierno, el amarillo oscuro a un coco sazón y el color marrón determina un coco seco, en la figura 1.8 a, b y c se observan los tres tipos de coco.

Los cocos se suelen pesar para estimar la cantidad de fibra. El peso promedio alcanzado por este fruto al llegar a su desarrollo máximo es mínimo de 2 kilogramos.



Figura 1.8. (a) Coco verde.



(b) Coco amarillo.
(Fuente (123RF, 2010))



(c) Coco marrón.

1.3.2. Desfibrado del coco

Seleccionado el fruto, se procede a separar la fibra de la cáscara dura del coco, previo a este paso se puede haber retirado o no la copra del fruto o se puede haber realizado un proceso bacteriológico conocido como enriado para facilitar la separación y extracción de los haces fibrosos (este proceso retira el material fenólico el cual imparte la fuerza exterior del bonete). En la figura 1.9 a y b se observa el proceso de desfibrado.



Figura 1.9. (a) Desfibrado manual.



(b) Desfibrado industrial.

(Fuente: (Lara, Youtube, 2013))

1.3.3. Secado de la fibra

En la figura 1.10 se observa el secado de la fibra, el cual se lo realiza generalmente esparciendo las cáscaras del coco en un lugar al aire libre. La luz solar caliente y seca la fibra. Existen métodos por medio de hornos o secadores pero estos aumentan el costo de producción de la fibra.



Figura 1.10. Secado de la fibra de coco.
(Fuente: (ISPERMAR, 2014))

1.3.4. Separación o trituración de la fibra

A la fibra seca se la puede someter a un proceso de trituración para obtener un tipo de fibra más fina y uniforme, dependiendo del uso para la que sea requerida. También se puede realizar un proceso de desmembrado de la fibra manualmente como se observa en la figura 1.11. Una vez realizado la trituración de la fibra o separación se puede organizar en forma de no tejidos, en forma de bloques o según la forma que se desea para el producto.



Figura 1.11. Separación de la fibra de coco.
(Fuente: (Conde Rito, 2010))

1.4. Descortezado del coco

Para definir el proceso de descortezado del coco se debe partir de la diferencia entre desfibrado y descortezado. En el proceso de desfibrado no es necesario retirar el endocarpio, ni la copra del coco, este proceso se lo realiza mediante molienda, triturado, o pulverizándolo para obtener como material resultante las partículas de la fibra en forma granulada con diámetros inferiores a 1 mm, mientras que el proceso de descortezado consiste en obtener la fibra sin afectar el endocarpio, con lo cual se evita la ruptura de la cascara dura y no se afecte a la calidad de la fibra.

No es un requisito pero se puede tomar en cuenta que el retirado de la fibra sea longitudinalmente con el fin de conservar el largo de la fibra obteniendo así trozos de cascara para el uso en diversos subproductos del coco.

El descortezado se lo puede realizar por medio de métodos artesanales ya sea a mano, con machete o punto. Estos son métodos que requieren el trabajo experto y son fatigosos para usarlos como se observa en las figuras 1.12 a y b, también se los realiza por medio de maquinaria industrial especializada. Del coco se aprovecha aproximadamente el 80% de su fibra, ya que por lo general se desecha la cubierta externa y zonas que presentan algún defecto que llegue a afectar la calidad de la fibra.



Figura 1.12. (a) Descortezado con machete.

(b) Descortezado con punto.

(Fuente: (Treasuresaroundus, 2012))

1.5. Equipo descortezadores

1.5.1. Descortezadora con rodillos dentados

La máquina mostrada en la figura 1.13 trabaja con un motor de diésel de 1 hp o por medio de un motor eléctrico de 3 hp de 1440 rpm, su peso aproximado es de 80 kg. El número de cocos desfibrados es de 150 a 250 cocos por hora. Dependiendo del tipo de mecanismo el porcentaje de retirado total de fibra es del 75 al 80%.



Figura 1.13. Descortezadora con rodillos dentados.
(Fuente: (Lara, YOUTUBE, 2012))

1.5.2. Descortezadora con punzón rotatorio

En la figura 1.14 se muestra el equipo descortezador con punzón cuya capacidad es de 60 a 80 cocos por hora. El equipo pela la cáscara, el coco es insertado en un punzón vertical accionado por una bomba hidráulica y gira describiendo un movimiento circular retirando la fibra. Este no requiere la fuerza humana directa como en otros métodos. Es de fácil funcionamiento, necesita de trabajo experto, la operación es rápida y el mantenimiento simple. Fácilmente puede ser montado y desmontado y puede ser llevado de un lugar al otro. Posee como desventaja la inseguridad para el operario, estos dispositivos no paran para que puedan ser insertados los cocos.



Figura 1.14. Descortezadora con punzón rotatorio.
(Fuente: (Manoharan, 2009))

1.5.3. Descortezadora con pinzas

La máquina de la figura 1.15 descortezadora de 200 a 300 cocos por hora bajo condiciones de funcionamiento estándar. Construida en acero estructural, con un peso de 200 a 250 Kg, sus dimensiones son 1,10 x 1,20 x 1,40, trabaja por un medio de un motor de 2 a 3 hp. puede tener motor eléctrico o a diésel. Funciona por medio de tres cilindros hidráulicos los cuales realiza la sujeción, posicionamiento y el descortezado del coco, todo con control de mando de palanca y retira del 80 al 90% de la fibra.



Figura 1.15. Descortezadora con pinzas dentadas.
(Fuente: (Engineering, 2010))

1.5.4. Descortezadora con eje rotatorio

El descortezador mostrado en la figura 1.16 requiere el posicionamiento del coco en los puntos de sostén para fijar a la fruta y que pueda girar, por medio de una cuchilla se realiza el desbastado describiendo un movimiento longitudinal al coco. La desventaja es el tipo de fibra obtenida, el peligro de accidentes por no poseer el control sobre la fibra desbastada y que esta acabara esparcida randomicamente.



Figura 1.16. Descortezado rotatorio.
(Fuente: (Vikatan, 2015))

1.6. Definición del problema

La producción de la fruta del cocotero en Ecuador alcanza unas 2500 hectáreas anuales según datos del Centro de Información Proyecto SICA, Direcciones Provinciales MAG para el año 2012. Esta producción se ha incrementado fundamentalmente por la obtención de su jugo.

El descortezamiento del fruto se realiza por medio de métodos artesanales de forma manual con machete o punto, los cuales requieren de un trabajo demandante y extenuante. En otros países como India, Indonesia o Malasia se destacan equipos de descortezado con rodillos dentados, descortezado con punzón rotatorio, descortezado con pinzas dentadas y descortezado con eje rotario.

En este trabajo de tesis se considera que no existe en el mercado nacional una máquina que permita industrializar el proceso de descortezado del coco. Con el fin de semi-automatizar el proceso y reducir tiempos de trabajo operacional, se plantea como requerimiento el diseño y construcción de un equipo especializado para descortezar el coco. Las ventajas al contar con esta máquina es obtener mayor cantidad de fibra en menor tiempo de operación y reduciendo el riesgo operacional.

1.7. Justificación e importancia

Las fibras de coco o mesocarpio que se desecha tradicionalmente se las utiliza en procesos industriales que incluyen la producción de materiales compuestos, compostaje, cultivo hidropónico, revestimiento vehicular, etc. Con la utilización de estos nuevos materiales biodegradables se realiza un aporte para mitigar los problemas de contaminación ambiental producidos por los materiales comunes.

Existen dos maneras de obtención de la fibra por medio del descortezado y desfibrado. El proceso de descortezado permite obtener la fibra sin afectar el endocarpio del coco, evitando la ruptura de la cascara dura y no se afecte a la calidad de la fibra. En el desfibrado no es necesario retirar el endocarpio, ni la copra del coco, este proceso se lo realiza mediante molienda, triturado o pulverizando y se obtiene como material resultante partículas de la fibra en forma granulada con diámetros inferiores a 1 mm.

Para facilitar el proceso de descortezado y aumentar el aprovechamiento de la fibra obtenida se deberá recurrir a equipos disponibles a nivel mundial. Estos equipos están generalmente constituidos por una unidad motriz la cual realiza el descortezado ya sea por medio de rodillos dentados, punzón rotatorio, pinzas dentadas y eje rotario, alimentada por un motor eléctrico o diésel.

1.8. Objetivos y alcance

El objetivo general de este proyecto es de diseñar y construir una máquina descortezadora que separe completamente el material fibroso del fruto del coco.

Los objetivos específicos son:

- Formular un conjunto de alternativas de diseño para los sistemas constitutivos de la descortezadora.
- Determinar las especificaciones técnicas ideales para el desempeño del equipo.
- Evaluar el desempeño de la descortezadora construida a través de un protocolo de pruebas definido para este propósito.
- Formular un plan de mantenimiento preventivo para la descortezadora construida.

El alcance del proyecto contempla:

- Formulación de especificaciones y requerimientos de diseño por medio de estudios técnicos de diversos equipos y sistemas existentes en el mercado internacional.
- Análisis funcional de una descortezadora, estableciendo funciones primarias y secundarias para el sistema.
- Formulación de alternativas de diseño y selección de las más adecuadas para el desempeño proyectado del equipo.
- Determinación de los requerimientos de descortezado a nivel de laboratorio, por medio de pruebas definidas.
- Diseño detallado de los sistemas, dimensionando las partes constitutivas del equipo, construcción de prototipo de los sistemas principales.
- Selección de componentes estándar para los sistemas.
- Construcción de los sistemas y ensamblaje de la descortezadora.
- Evaluación de desempeño de los sistemas a través del protocolo de pruebas.

2. ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

Este capítulo trata sobre el diseño de la máquina descortezadora y se realiza un análisis funcional del equipo a construirse. Para el desarrollo y selección de alternativas de solución se lleva a cabo una división por módulos de las funciones específicas de posicionamiento, sujeción, descortezado del fruto y retirado de la fibra. Finalmente se analiza ventajas y desventajas de los sistemas y se selecciona una alternativa.

2.1. Definición de necesidades

La creciente demanda global existente de nuevos materiales y nuevos productos amigables con el medio ambiente crea la necesidad de la obtención de diversas fibras naturales. En el presente proyecto se debe construir un equipo semi-automatizado con el cual se realice el retirado de la fibra del coco. Se considera como parte inicial los mecanismos a utilizarse y los diversos tamaños de los cocos para desempeñar la función de descortezado.

2.1.1. Maquinaria disponible

A nivel mundial existen algunas alternativas de equipos descortezadores, los cuales cuentan con diferente desempeño, funcionamiento, fiabilidad y costo. Los principales países fabricantes de estos equipos son: Malasia, Indonesia e India.

Se ha clasificado los equipos en base al tipo de mecanismo de descortezado. Se ha obteniendo como principales máquinas semi-automatizadas de descortezado a nivel internacional:

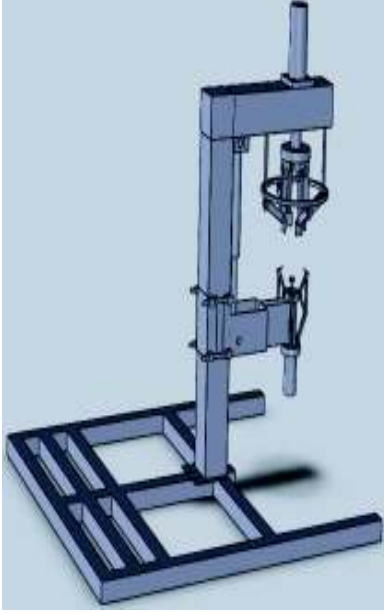
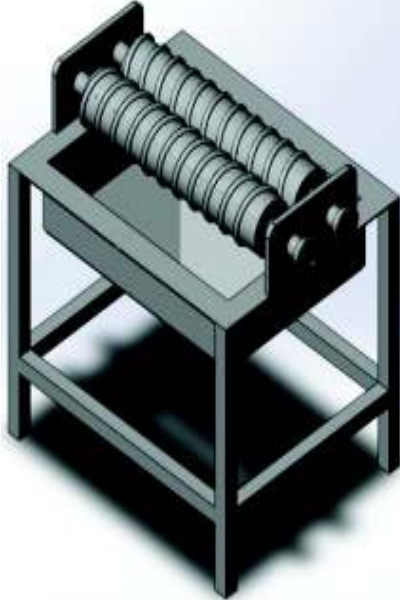
1. Sistemas de descortezado con pinzas.
2. Sistema de descortezado por rodillos.

2.1.2. Requerimientos del equipo

De la revisión bibliográfica se determina los requerimientos principales que deben cumplir los equipos. En la tabla 2.1 se detalla los requerimientos principales de los equipos.

- Productos a descortezar por hora.
- Tamaño de los cocos.
- Rapidez de descortezado de cada coco.
- Capacidad de retirado de la fibra del coco.

Tabla 2.1. Características de los equipos de descortezado existentes en el mercado.

Equipo	Mecanismo tipo pinzas	Mecanismo tipo rodillo
Esquema		
Cocos por hora	200 a 300	150 a 250
Tamaño de cocos	Todos	Todos
Rapidez descortezado	Depende del operario 3-5 cocos/minuto	Depende del número de rodillos 3-4 cocos/minuto
Cantidad de fibra retirada	80-90% de fibra	75-80% de fibra
Costo (comercial)	\$5.500	\$2.500

(Fuente: (ALIBABA G. , ALIBABA.COM, 1999) y (ALIBABA G. , ALIBABA.COM, 1999))

2.1.3. Especificaciones técnicas de diseño

En base al análisis técnico de los equipos, se ha establecido las especificaciones de diseño de la descortezadora. En la tabla 2.2 se muestran las especificaciones a tener en cuenta para el diseño y construcción del equipo.

Tabla 2.2. Especificaciones de diseño.

Descripción	Especificación	Detalle
Grado de semi automatización	> 75 %	Equipo fácil de operar (sujeción y descortezado semi automatizado)
Costes de fabricación	< \$ 4500	Optimizar recursos y reducir costos
Tiempo descortezado	16 a 22 segundos	De acuerdo con parámetros internacionales (valores promedio de equipos disponibles mundialmente)
Retirado de fibra	> 85 %	

(Fuente: (ALIBABA G. , ALIBABA.COM, 1999) y (ALIBABA G. , ALIBABA.COM, 1999))

2.2. Análisis funcional

2.2.1. Estructura funcional

Por medio de la estructura funcional se establece claramente la función primaria y funciones secundarias del sistema de descortezado. Mediante diagramas de flujo se complementa las funciones con entradas y salidas.

Nivel 0

La figura 2.1 muestra el nivel 0 que destaca la función global o primaria. La función primaria a desarrollarse con el equipo es descortezar el coco, logrando con esto retirar su fibra. Las entradas y salidas van a ser materiales, energía y el tipo de señal.

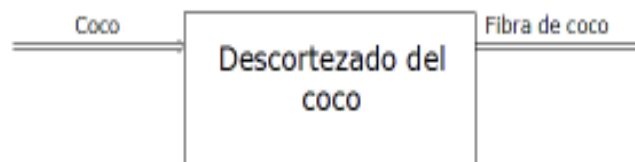


Figura 2.1. Función global del descortezado.
(Fuente: propia)

Nivel 1

En este nivel se especifica de manera general las funciones para realizar el descortezado. En la figura 2.2 se puede observar los procesos semi-automatizados. Se tiene como funciones generales la sujeción, el descortezado y retirado de la fibra.

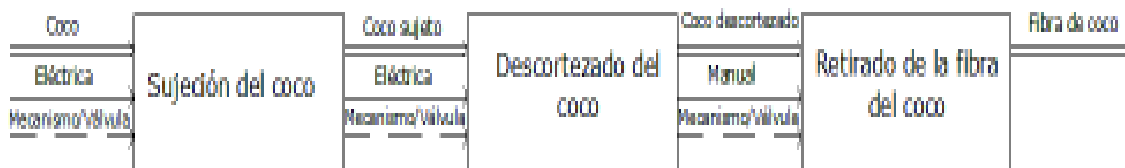


Figura 2.2. Funciones generales de descortezado.
(Fuente: propia)

Nivel 2

La figura 2.3 especifica a detalle cada proceso inmerso en el descortezado. En el diagrama se detalle las funciones del anterior nivel y funciones complementarias como son la colocación del coco y liberación la fruta.



Figura 2.3. Detalle de las funciones del descortezado.
(Fuente: propia)

2.2.2. División modular del sistema

La división modular del sistema de descortezado se la realiza por medio de la selección de funciones para agruparlas en bloques. Se observa en la figura 2.4 la división en tres módulos considerando la semejanza de funciones e interface de flujos energéticos, mecanismos requeridos para realizar las funciones y el tipo de señales necesarias.

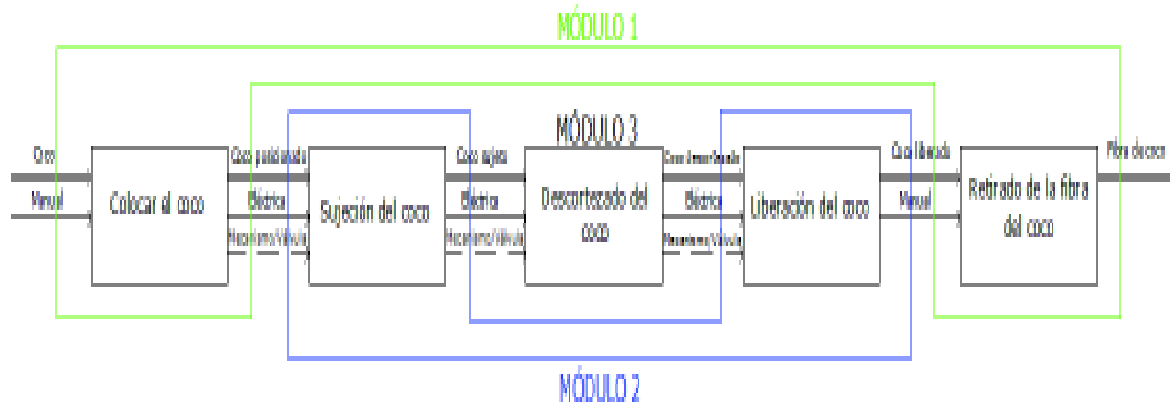


Figura 2.4. División modular.
(Fuente propia)

Al estudiar el diagrama se ha establecido tres funciones principales. En la tabla 2.3 se enumera las funciones correspondientes a cada uno de los tres módulos.

Tabla 2.3. Módulos del equipo

Módulo	Funciones
1	Colocar el coco
	Retirado de la fibra del equipo
2	Sujeción del coco
	Liberación del coco
3	Descortezado del coco

(Fuente: propia)

2.3. Alternativas de solución para los módulos

2.3.1. Alternativas módulo 1: Colocación del coco y retirado de la fibra

La función principal a realizar es la alimentación de los cocos al equipo. Esta actividad se la pueda realizar de forma manual o por medio de un sistema de abastecimiento de acuerdo a los requerimientos del sistema. Entre las alternativas más usuales existen tres maneras de posicionar el coco en el equipo. A continuación se detalla el posicionamiento del coco por medio de una base guía, en un cercado y con un sistema de abastecimiento.

2.3.1.1. Posicionamiento en una base guía

En las figuras 2.5 a y b se posicionan manualmente el coco por parte del operario en un recipiente con forma elíptica. Este recipiente cumple la función de dar alojamiento y soporte a la fruta.



Figura 2.5. a) Posicionamiento manual.
(Fuente: (Chau, 2008))



b) Base guía.
(Fuente propia)

Ventajas

- Fácil posicionamiento del coco en la base guía.
- Fácil diseño y construcción.
- Bajo costo.

Desventajas

- Tiempo en la colocación del coco.
- Posicionamiento unitario por coco.

2.3.1.2. Posicionamiento dentro de un cercado

El coco es colocado por el operario en la zona interna del equipo, conformada por las rejillas perimetrales. Como se observa en la figura 2.6 el cercado da soporte al coco que se encuentra en libre desplazamiento en la parte superior de los rodillos.



Figura 2.6. Cercado del equipo.
(Fuente: (Oahza, 2011))

Ventajas

- Se puede colocar más de un coco a la vez.
- El operario no tiene contacto con la máquina.

Desventajas

- Se debe colocar el coco a la entrada del equipo.
- Construcción de complejidad media.
- Costo medio.

2.3.1.3. Posicionamiento con sistema de abastecimiento

El equipo de la figura 2.7 es un dispositivo complementario que alimenta los cocos continuamente por medio de una tolva inclinada. Este sistema es específico para un tipo de equipo descortezador.



Figura 2.7. Colocación por tolva.
(Fuente: (Vasanth, 2012))

Ventajas

- Ahorro de tiempo apto para descortezamiento industrial.
- El operario no tiene contacto con la máquina.

Desventajas

- El coco debe ser colocado a una altura determinada.
- Alto costo.

2.3.1.4. Retirado de la fibra del equipo

Para todos los equipos de descortezado se realiza la función de retirado de la fibra de forma manual por parte del operario. Dependiendo de los sistemas la fibra obtenida puede concentrarse en un solo lugar o estar dispersa. Se puede recoger la fibra en sacos o en dispositivos de almacenamiento determinados para esta función.

2.3.2. Alternativas módulo 2: Sujeción del coco

La sujeción del coco se puede realizar manualmente o por medio de dispositivos mecánicos. A continuación se detalla las formas de sujeción manual, por medio de mecanismo de pinzas y palanca - resorte.

2.3.2.1. Sujeción Manual

En la figura 2.8 el operario presiona con la mano el coco hasta que el mecanismo descortezador cumpla su función. Esta sujeción se puede utilizar en máquinas descortezadoras de rodillos con punzones o paletas.



Figura 2.8. Sujeción manual del coco.
(Fuente: (EIK SENG, 2009))

Ventajas

- No requiere inversión.

Desventajas

- Riesgo de atrapamiento de la mano o manga del operador.
- Descortezado de unidad por unidad.

- Aumento de tiempo de operación.

La liberación es manualmente cuando el operario deja de presionar la fruta contra los rodillos o punzones.

2.3.2.2. Sujeción por palanca

El mecanismo que se observa en la figura 2.9 sujeta el coco contra los rodillos por medio de una palanca que presiona la fruta con los rodillos hasta obtener la fibra. El retorno de la palanca se realiza por medio de un resorte o manualmente por parte del operador. Este mecanismo se utiliza en los equipos que trabajan con rodillos helicoidales o dentados.



Figura 2.9. Sujeción palanca-resorte.
(Fuente: (VIETNAM NEWS, YOUTUBE, 2014))

Ventajas

- El operario no tiene contacto con el mecanismo descortezador.

Desventajas

- Requiere de una atención especial y un trabajo experto de parte del operador.
- Golpeteo de los rodillos por presión irregular.

La liberación se realiza automáticamente al contraerse el resorte cuando el operario deja de transmitir fuerza a la palanca.

2.3.2.3. Sujeción por pinzas

El mecanismo de la figura 2.10 sujeta el coco por medio de tres muelas activadas por un cilindro en la parte inferior del mecanismo. Este sistema es específico para la maquina descortezado por pinzas. Los cilindros pueden ser accionados mediante energía hidráulica o neumática.

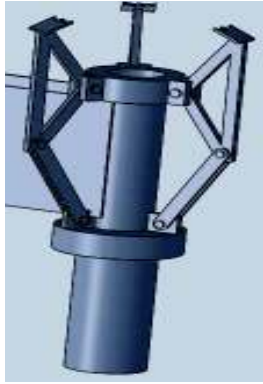


Figura 2.10. Sujeción por pinzas.
(Fuente propia)

Ventajas

- Sistema automatizado.
- Fiable y seguro para el operario.
- Tiempo mínimo de sujeción.

Desventajas

- Diseño complejo.
- Costo elevado.

La liberación de la fruta se realiza al accionarse el mando de control por parte del operario con lo cual se activa el mecanismo de sujeción. Al realizarse la retracción del cilindro se libera el coco.

2.3.3. Alternativas módulo 3: Descortezado del coco

La función principal a cumplir es de separar la fibra del coco de la cascara dura. Se detalla a continuación los mecanismos de descortezados por pinzas y con rodillos.

2.3.3.1. Descortezado por pinzas

El mecanismo de la figura 2.11 realiza la función de descortezado por medio de palas o pinzas activadas por un cilindro controlado con mando por palanca. Este mecanismo ingresa verticalmente las muelas de penetración por la parte superior de la fruta, posteriormente se realiza un desplazamiento circular del mecanismo provocando el descortezado de la fruta por medio de las cuatro palas. El accionamiento es por medio de energía neumática o hidráulica.



Figura 2.11. Descortezado por pinzas.
(Fuente propia)

Ventajas

- Perfecto agarre del mesocarpio mediante las pinzas
- El operario no tiene contacto directo con el equipo.
- Sistema de control electromecánico.
- Bajo tiempo de desprendimiento de la fibra.

Desventajas

- Diseño complejo.
- Costo elevado.

2.3.3.2. Descortezado por rodillos helicoidales o dentados

En los sistemas de la figura 2.12 a y b el descortezamiento se lo realiza por medio de uno o varios rodillos helicoidales o dentados colocados en forma lineal. Este mecanismo obtiene parcialmente la fibra al no ser de una forma controlada ya que este sistema tiene contacto con el mesocarpio y el endocarpio del coco, obteniendo así a parte de la fibra restos de la zona dura de la fruta.

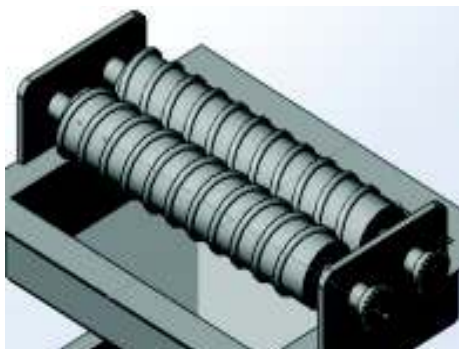
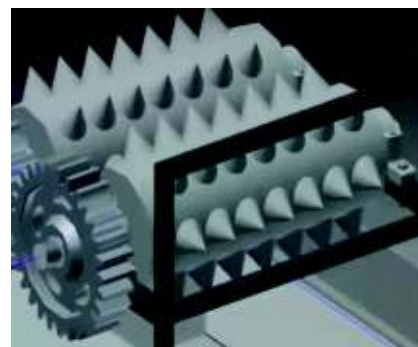


Figura 2.12. a) Descortezado con rodillos helicoidales.
(Fuente propia)



b) Rodillos dentados.
(Fuente: (VIETNAM NEWS, YOUTUBE, 2014))

Ventajas

- Costo menor respecto al sistema de pinzas.
- Rápido desfibrado.
- Se puede desfibrar varios cocos a la vez.

Desventajas

- Sistema ruidoso.
- Diseño complejo de los rodillos.
- Atrancamiento del coco en los rodillos produciendo fractura de la cascara dura.
- Cuando no se posee un sistema de sujeción, no se tiene control de los cocos.

2.4. Alternativas de diseño

Para determinar las alternativas de diseño se combinan las soluciones propuestas para los módulos. La combinación de soluciones se debe realizar buscando la compatibilidad de los componentes. En la tabla 2.4 se observa a detalle las alternativas definidas.

Tabla 2.4. Alternativas propuestas de diseño.

Función	Componente		
Colocación del coco	Base guía	Cercado	Ninguno
Sujeción del coco	Manual	Por pinzas	Por palanca
Descortezado del coco	Por pinzas		Rodillos dentados o helicoidales
Liberación del coco	Manual	Por pinzas	Por palanca
Retirado de la fibra del equipo	Manual		
Alternativas	Alternativas 1	Alternativas 2	Alternativas 3

(Fuente propia)

Costos aproximados de las alternativas en el mercado Ecuatoriano

Se determina los costos aproximados en base a los requerimientos de componentes de las alternativas. En las tablas 2.5, 2.6 y 2.7 se muestran los costos aproximados necesarios para la evaluación y selección de las alternativas de diseño.

Tabla 2.5. Costos aproximados alternativa 1.

Alternativa 1 (Descortezado por pinzas)		
Elementos	Cantidad	Costo
Cilindros hidráulicos	3	\$ 1000
Bomba, tanque y motor	1	\$1000
Mando hidráulico (2 palancas)	2	\$ 350
Válvulas, Mangueras y Boquillas	3	\$ 350
Bastidor	1	\$ 750
Mano de Obra		\$550
Varios		\$ 200
	Total	\$ 4200

(Fuente propia)

Tabla 2.6. Costos aproximados alternativa 2.

Alternativa 2 (Descortezado rodillo dentado)		
Elementos	Cantidad	Costo
Piñones de diente recto diámetro 80 mm	2	\$ 750
Soportes de pared para diámetro 30 mm	4	\$150
Cilindros de diámetro 100 x 500 mm	2	\$ 1250
Válvulas, Mangueras y Boquillas	1	\$ 15
Bastidor	1	\$ 535
Mano de Obra		\$ 500
Varios		\$ 200
	Total	\$ 3400

(Fuente propia)

Tabla 2.7. Costos aproximados alternativa 3.

Alternativa 3 (Descortezado rodillo helicoidal)		
Elementos	Cantidad	Costo
Piñones Z 30 B 40	2	\$ 100
Caja de cadena B 40 (500 cm)	4	\$ 50

Soportes de pared para diámetro 30 mm	2	\$ 250
Cilindros de diámetro 100 x 800 mm	1	\$ 1300
Banda tipo A 60	1	\$ 120
Estructura y tolva		\$ 900
Mano de obra		\$ 500
Varios		\$ 180
	Total	\$ 3000

(Fuente propia)

2.5. Evaluación y selección de alternativas

Para la evaluación de las alternativas y la factibilidad de cada sistema, se empleara el método ordinal de criterios ponderados y los criterios determinantes. Criterios tales como:

- Costo de fabricación
- Capacidad de producción
- Retirado total de fibra
- Costo de operación
- Control del coco en el descortezado

En la tabla 2.8 se analiza los diferentes criterios determinados para la evaluación de las alternativas, evaluando y definiendo su importancia y prioridad. En las tablas 2.9 a la 2.13 se evalúa las soluciones respecto a cada criterio. Se evalúa las soluciones con puntajes de 0, 0.5 o 1 dependiendo de la criticidad del concepto en el desarrollo del equipo.

Tabla 2.8. Evaluación de criterios.

	Costo fabricación	Capacidad producción	Retirado total de fibra	Costo de operación	Control descortezado	$\sum+1$	Ponderación
Costo fabricación		1	1	0,5	1	4,5	0,25
Capacidad producción	1		1	0,5	1	4,5	0,25
Retirado total de fibra	0,5	0		0,5	1	3,0	0,16
Costo de operación	0	1	0,5		0,5	3,0	0,16
Control descortezado	0	1	1	0,5		3,5	0,18
					Suma	18,5	1
Costos fabricación = capacidad de producción > Control de descortezado > retirado total de la fibra = costos operación							

(Fuente propia)

Tabla 2.9. Evaluación de costos de fabricación.

Costo fabricación	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0,50
Alternativa 2	0		1	2	0,33
Alternativa 3	0	0		1	0,16
			Suma	6	1
Alternativa 1 > Alternativa 2 > Alternativa 3					

(Fuente propia)

Tabla 2.10. Evaluación de capacidades de producción.

Capacidad producción	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0,46
Alternativa 2	0		1	2	0,30
Alternativa 3	0	0,5		1,5	0,23
			Suma	6,5	1
Alternativa 1 > Alternativa 2 > Alternativa 3					

(Fuente propia)

Tabla 2.11. Evaluación de retirado de la fibra.

Retirado total de fibra	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0,5	1	2,5	0,45
Alternativa 2	1		1	2	0,36
Alternativa 3	0	1		1	0,18
			Suma	5,5	1
Alternativa 1 > Alternativa 2 > Alternativa 3					

(Fuente propia)

Tabla 2.12. Evaluación de costos de operación.

Costo de operación	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0,5	0	1,5	0,23
Alternativa 2	1		0,5	2,5	0,38
Alternativa 3	1	0,5		2,5	0,38
			Suma	6,5	1
Alternativa 2 = Alternativa 3 > Alternativa 1					

(Fuente propia)

Tabla 2.13. Evaluación del control del coco.

Control del coco en descortezado	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0,5	1	2,5	0,45
Alternativa 2	0		1	2	0,36
Alternativa 3	0	0		1	0,18
			Suma	5,5	1
Alternativa 1 > Alternativa 2 > Alternativa 3					

(Fuente propia)

En la tabla 2.14 se resume los valores de las evaluaciones de soluciones por criterio obtenidas en las tablas anteriores, multiplicadas por el valor de prioridad de cada criterio. Sumando los puntajes obtenidos para cada alternativa se determinan la solución óptima para el diseño y construcción del equipo.

Tabla 2.14. Conclusiones para la selección.

Conclusión	Costo de fabricación	Capacidad de producción	Retirado total de fibra	Costo de operación	Control coco en descortezado	Σ	Prioridad
Alternativa 1	0,5 x 0,25	0,46 x 0,25	0,45 x 0,16	0,23 x 0,16	0,45 x 0,18	0,42	1
Alternativa 2	0,33 x 0,25	0,30 x 0,25	0,36 x 0,16	0,38 x 0,16	0,36 x 0,18	0,34	2
Alternativa 3	0,16 x 0,25	0,23 x 0,25	0,18 x 0,16	0,38 x 0,16	0,18 x 0,18	0,21	3

(Fuente propia)

La solución más acorde a los criterios de evaluación determinados es la solución 1. La alternativa corresponde a la descortezadora por pinzas, la cual va a ser diseñada y construida tomando como base los sistemas de la primera alternativa. En la figura 2.13 se muestran los sistemas seleccionados para el diseño y fabricación del equipo descortezador.





Función	Componente	Esquema
Colocación del coco	Base guía	
Sujeción del coco	Por pinzas	
Descortezado del coco	Por pinzas	
Liberación del coco	Por pinzas	
Retirado de la fibra del equipo	Manual	

Figura 2.13. Alternativas seleccionadas.
(Fuente: propia)

3. DISEÑO DEL EQUIPO

En este capítulo se determina los parámetros de diseño del equipo, las características físicas promedio del coco. Se analiza el desempeño de los sistemas en base a energía neumática e hidráulica. Se construye el prototipo de los mecanismos de sujeción y descortezamiento. Se calcula las fuerzas para la sujeción y descortezamiento por medio de ensayos de laboratorio. Se determinan las dimensiones y la geometría para la construcción del equipo. Se determinan los costes de fabricación del equipo.

3.1. Parámetros de diseño

Se establece como parámetros de diseño inicial las dimensiones y peso del coco. La fuerza requerida para la sujeción y descortezamiento es el principal parámetro para el diseño de los mecanismos de sujeción, desplazamiento y descortezamiento.

3.1.1. Dimensiones del coco

Se selecciona diez cocos secos para el dimensionamiento y ensayos de compresión. En la figura 3.1 se observa las frutas con las cuales se trabajó en el laboratorio de nuevos materiales de la E.P.N.



Figura 3.1. Muestra de cocos.
(Fuente: propia)

Para diseñar los mecanismos de sujeción, movimiento vertical y descortezado se requiere establecer un rango de dimensiones promedio de las propiedades físicas del coco. Las propiedades determinadas en los ensayos de laboratorio son longitud, diámetro, espesor y peso de la fruta. También se determina las fuerzas de ingreso y ruptura necesarias para el diseño del equipo descortezador. Los rangos determinados serán una herramienta para el análisis y desarrollo de los elementos mecánicos de los sistemas de sujeción, desplazamiento vertical y descortezado.

Intervalo de confianza

El coco es una fruta cuya variación dimensional es grande por lo cual se plantea un intervalo de confianza para el cálculo de las medias promedio del muestreo determinado. La ecuación 3.1 es para determinar los intervalos de confianza el rango de valores (L, U), los cuales son los límites inferiores y superiores respectivamente, tales que la media poblacional μ se encuentre entre estos valores

$$P(L \leq \mu \leq U) = 1 - \alpha$$

$$L = \bar{X} - t \frac{\alpha}{2} * \frac{S}{\sqrt{n}}$$

$$U = \bar{X} + t \frac{\alpha}{2} * \frac{S}{\sqrt{n}}$$

Ecuación 3.1. Ecuación intervalo de confianza.

El parámetro \bar{X} representa el valor medio de la población, n es el tamaño de la muestra y la desviación estándar muestral es S.

En la figura 3.2 y 3.3 se muestra el nivel de confianza el cual se obtiene de la probabilidad que el verdadero valor del parámetro se encuentre en el intervalo construido, éste se denota por $1 - \alpha$, donde α es la proporción de las colas de distribución que están fuera del intervalo de confianza. La proporción de la cola superior e inferior de la distribución es $\alpha/2$ según el tamaño de muestra se trabaja con nivel de confianza de 95%.

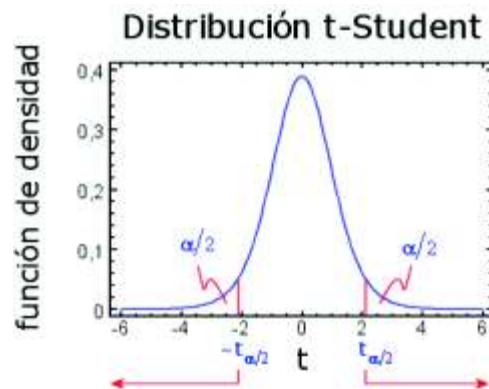


Figura 3.2. Distribución normal t-Student.
(Fuente: (Ledena, 2014))

La expresión $t_{\alpha/2}$ es el valor crítico de la distribución normal, el 95% de confianza corresponde a un valor de 0,05. El valor crítico $t_{\alpha/2}$ correspondiente al área acumulativa de 0,975 es 1,96 porque hay 0,025 en la cola superior de distribución y el área acumulativa menor (un nivel de confianza de 95% lleva a un valor de $t_{\alpha/2}$ de 1,96).

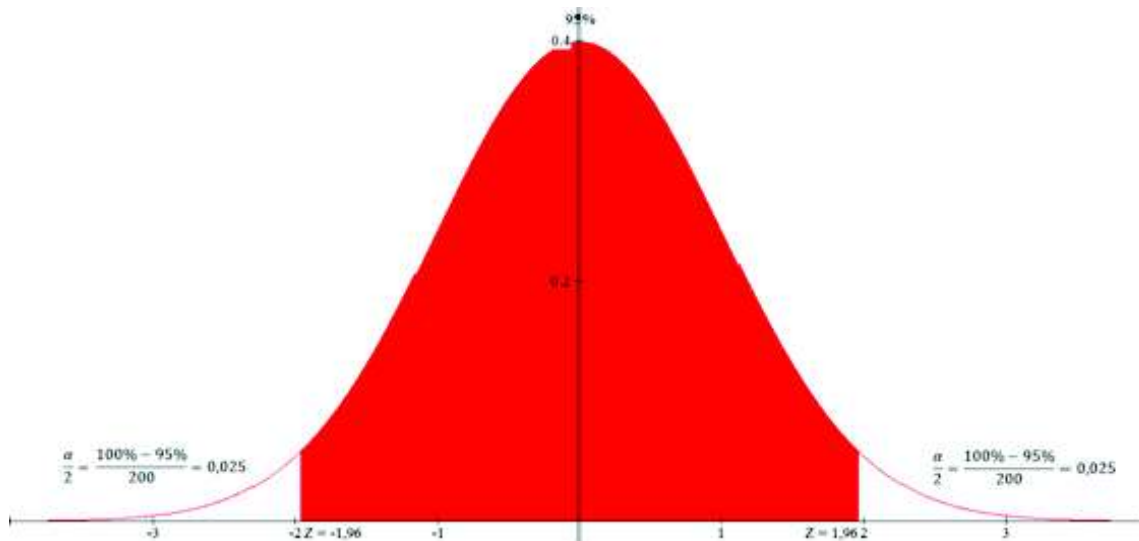


Figura 3.3. Distribución normal para nivel de confianza de 95%.
(Fuente: (Ledena, 2014))

En la tabla 3.1 se muestra los rangos de valores obtenidos para las diversas variables analizadas, para revisar los valores determinados y las imágenes de los ensayos de longitud, diámetro, espesor de la fibra y peso referirse al Anexo II sobre ensayos y pruebas. Con los valores establecidos se realiza el diseño de los mecanismos.

Tabla 3.1. Rangos de intervalos de confianza de dimensiones.

Variables	Rangos obtenidos	Unidades
Longitud	$173 \leq \mu \leq 253$	mm
Diámetro	$143 \leq \mu \leq 208$	mm
Espesor de la fibra	$18 \leq \mu \leq 26$	mm
Peso	$1042 \leq \mu \leq 1518$	gramos

(Fuente: propia)

3.1.2. Selección del tipo de sistema

En base a los mecanismos principales de sujeción y descortezado se plantea la utilización de energía neumática o hidráulica para el funcionamiento del equipo. De acuerdo a la presión de trabajo requerida por los sistemas y al tamaño de los cilindros se definirá el tipo de sistema a ser utilizado.

3.1.2.1. Prototipos de los mecanismos de sujeción y descortezado

Para definir el tipo de sistema a construir se desarrollan prototipos de los mecanismos de sujeción y descortezado. Se determinara rangos de presión de trabajo para la sujeción y descortezado del coco por medio de cilindros neumáticos comerciales. En base a la alternativa seleccionada, se realiza la construcción de los prototipos. En la figura 3.4, 3.5 y 3.6 se muestra el prototipo de mecanismo de sujeción y descortezado.



Figura 3.4. Construcción y armado de los componentes.
(Fuente: propia)



Figura 3.5. Mecanismos de sujeción.
(Fuente: propia)



Figura 3.6. Mecanismos de descortezado.
(Fuente: propia)

3.1.2.2. Sistema neumático

En la figura 3.7 se muestra la estructura de soporte para el acople de los cilindros neumáticos y para la ubicación del coco. Se construye el soporte con el fin de la simulación del mecanismo inferior para la sujeción del coco y del mecanismo superior para el descortezado.



Figura 3.7. Montaje del cilindro superior para el descortezado.
(Fuente: propia)

Para el funcionamiento de los sistemas se utiliza:

- Un compresor industrial de aire vertical de marca TRIMAX, que proporciona una presión máxima de 10,5 bares (150 psi).
- Un manómetro de marca PAOLO, con rango de 0 a 200 psi y apreciación de 5 psi con conexión vertical.
- Cilindro superior (descortezado), marca FESTO, tipo DNC-100-100-PPV, diámetro del embolo 100 mm y carrera 100 mm.
- Cilindro para el mecanismo inferior (sujeción), marca FESTO, tipo DNC-40-80-PPV, diámetro del embolo 40 mm y carrera 80 mm.
- Mangueras y conexiones neumáticas.

El compresor provee el aire comprimido para el desplazamiento individual de los cilindros. Los datos de las presiones aplicadas son medidas mediante el manómetro que se encuentra a la entrada de los cilindros neumáticos.

3.1.2.3. Ensayo con sistema neumático

Se realiza varios ensayos en los cuales se registra diferentes resultados de penetración de las 4 palas del mecanismo de descortezado. En las figura 3.8 y 3.9 se muestran los resultados con la mayor penetración del mecanismo de descortezado. Al ser aplicada una presión de 115 psi las palas superiores logran la penetración de los dientes en el coco. El máximo valor de presión registrado por el manómetro fue de 115 psi.



Figura 3.8. Medición del manómetro 115 psi.
(Fuente: propia)



Figura 3.9. Penetración palas descortezado a 115 psi.
(Fuente: propia)

Con la presión aplicada de 115 psi, los dientes de las palas superiores logran penetrar el mesocarpio fibroso del coco. Esta penetración de las palas fue significativa en la corteza para lograr la sujeción del coco, mas no se logra el desgarramiento inicial necesario para el descortezado de la fibra.

Hay que considerar que la simulación de cada sistema se la hizo individualmente ya que la presión entregada por el compresor no cubría la demanda para el desempeño simultáneo de los dos cilindros neumáticos. Por lo mencionado se da la necesidad de utilizar una fuente de energía hidráulica para el funcionamiento conjunto de los sistemas.

3.1.2.4. Sistema hidráulico

Para el desempeño de los mecanismos mediante energía hidráulica se identifica la necesidad de la construcción de un prototipo de tubo dentado para la determinación de la fuerza de compresión necesaria para penetrar la corteza de los cocos. Los tubos de la figura 3.10 poseen diámetros de 3,5, 4,5 y 5 pulgadas respectivamente.



Figura 3.10. Tubos dentados de 3,5, 4,5 y 5 pulgadas.
(Fuente: propia)

Se realiza cortes en el perímetro de los tubos. Estos elementos simulan los dientes de los elementos de las palas de descortezado, a la par de los utilizados en la pruebas de la energía neumática.

Para los ensayos con energía hidráulica se utilizó:

- 1 Prensa manual JACK de 30 toneladas.
- 3 Tubos dentados de diámetro 3,5, 4,5 y 5 pulgadas.
- 1 Manómetro marca KIWAI, rango de 0 a 5000 psi.
- 10 Cocos secos.

3.1.2.5. Ensayo con fuente hidráulica

En la figura 3.11 se muestra el ensayo desarrollado para determinar las fuerzas a aplicarse para la sujeción y descortezamiento. Los ensayos parten de la ubicación de los tubos dentados en la parte inferior de la prensa sobre la placa de apoyo, en la parte superior de la prensa se encuentra la gata hidráulica, sobre los dientes del tubo se ha alojado los cocos. Se escoge los tubos de acuerdo a los diámetros de los cocos. Para los ensayos se ejerció presión por medio de la gata hidráulica, la cual se transmitió al coco en un movimiento vertical ascendente y dependiendo de la presión ejercida se dio la penetración de los dientes, la ruptura y fractura de la fibra.



Figura 3.11. Ensayo con cilindros dentados.
(Fuente: propia)

Penetración de los dientes



Figura 3.12. Ingreso de dientes.
(Fuente: propia)

Determinación del intervalo de confianza para la presión de ingreso de los dientes. En la figura 3.12 se muestra el ingreso de las muelas. En la tabla 3.2 se muestra los valores de presión necesarios para el ingreso de las muelas de los tubos en la fibra.

Tabla 3.2. Presión de ingreso de los dientes.

Nº Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P. Ingreso	200	200	220	250	300	300	280	180	350	250

(Fuente: propia)

\bar{X} = 253 Media de la muestra
 n= 10 Número total de valores en la muestra
 S= 75,89 Desviación estándar muestral
 Confiabilidad para μ = 95% Intervalo de confianza
 Nivel de confianza $1-\alpha=0,95$
 $\alpha/2=0,025$
 $t_{\alpha/2}$ = 1,96 valor característico variable T-Student
 L 206 Límite inferior
 U 300 Límite superior
 Presión de ingreso $206 \leq \mu \leq 300$ Rango intervalo de confianza (psi)

Ruptura de la corteza (desgarro de la fibra)



Figura 3.13. Desgarro de la fibra.
(Fuente propia)

Tabla 3.3. Presión de ruptura de la fibra.

Nº Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P. Ruptura	600	700	700	500	400	450	400	400	500	600

(Fuente: propia)

\bar{X} = 525 Media de la muestra
 n= 10 Número total de valores en la muestra
 S= 157,50 Desviación estándar muestral
 Confiabilidad para μ = 95% Intervalo de confianza.
 Nivel de confianza $1-\alpha=0,95$
 $\alpha/2=0,025$
 $t_{\alpha/2}$ = 1,96 valor característico variable T-Student
 L 427 Límite inferior
 U 623 Límite superior
 Presión de ruptura $427 \leq \mu \leq 623$ Rango intervalo de confianza (psi)

Se ha determinado el intervalo de confianza para la presión de ruptura de la corteza. En la figura 3.13 se muestra la ruptura de la fibra, en la tabla 3.3 se muestra los valores de presión necesarios para el desgarro de la fibra del coco.

En la tabla 3.4 se muestra los rangos de los valores de intervalos de confianza determinados para las diversas presiones.

Tabla 3.4. Rangos de intervalos de confianza de presiones.

Característica	Rangos de presión	Unidades
Penetración de dientes	$206 \leq \mu \leq 300$	psi
Ruptura de la fibra	$427 \leq \mu \leq 623$	psi

(Fuente: propia)

3.2. Diseño del sistema motriz

3.2.1. Diseño del soporte

El soporte cumple la función de alojamiento y posicionamiento del coco. Para el diseño del soporte se define el perímetro de la semi-elipse determinada por la fruta. El diámetro y la altura promedio del coco es de 176 mm y 214 mm respectivamente. La figura 3.14 muestra la semi-elipse definida en función del radio, espesor y la altura promedio.

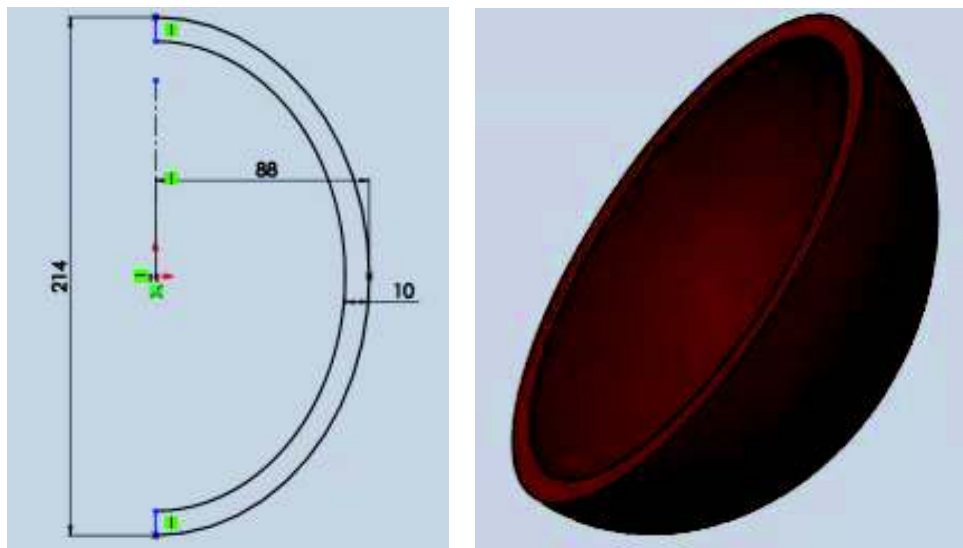


Figura 3.14. Dimensionamiento con valores promedios de altura y radio del coco.
(Fuente propia)

En la figura 3.15 se realiza la semielipse del coco en base a sus dimensiones máximas y mínimas. Se esquematiza el perímetro del coco en base a la altura, radio y espesor máximas y mínimas para el diseño del soporte de asiento del coco.

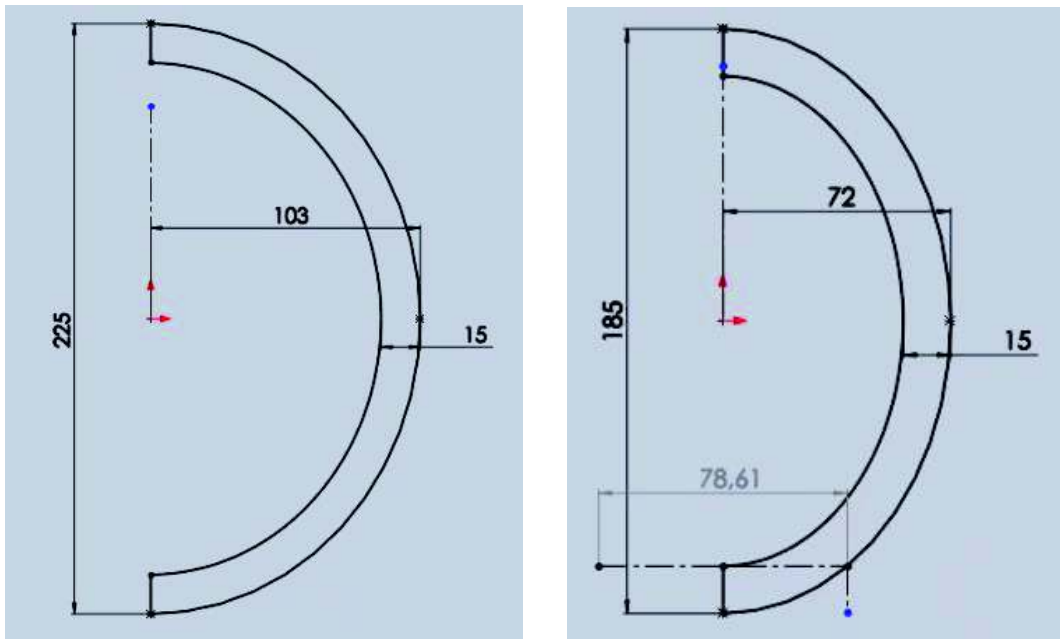


Figura 3.15. Dimensiones máximas y mínimas de altura y radio del coco.
(Fuente propia)

En la figura 3.16 se muestra el esquema del soporte de alojamiento del coco. El soporte tiene una altura de 34 mm desde la parte inferior del soporte, se da una holgura de 4 mm a cada lado del elemento de soporte, con lo cual el diámetro interior es de 132 mm y espesor de 8 mm de acuerdo a la disponibilidad de material en el mercado. Con el soporte se abarca todos los diversos tamaños y forma de los cocos.

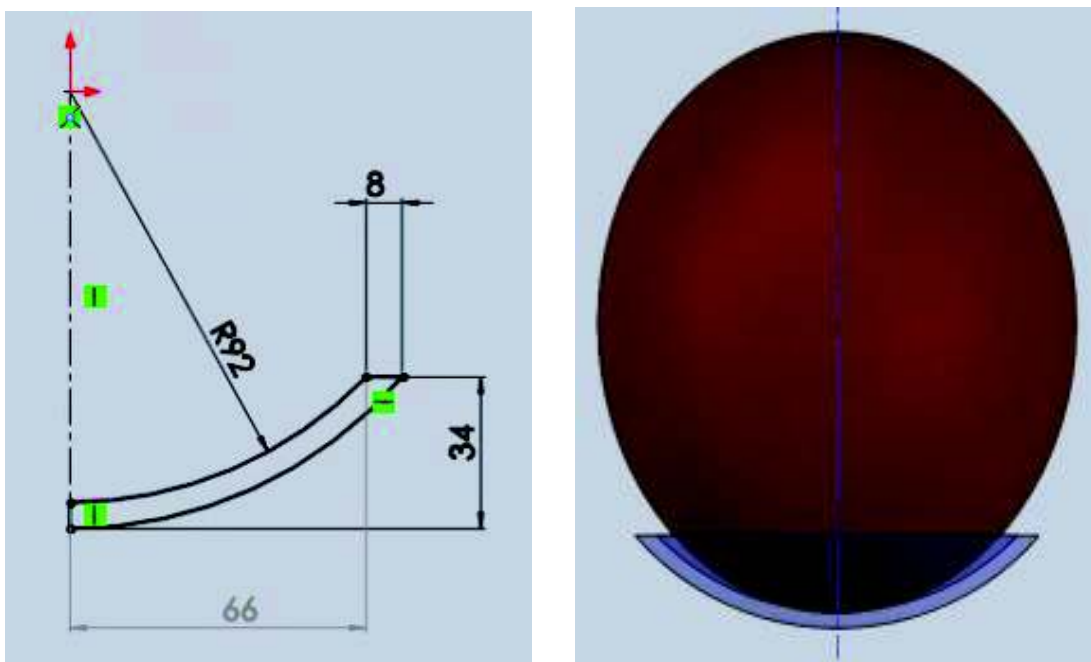


Figura 3.16. Dimensionamiento del soporte del coco.
(Fuente propia)

3.2.2. Mecanismo de sujeción

De lo establecido en el capítulo 2 se realizara la sujeción de la fruta del cocotero por medio del mecanismo tipo pinzas. El mecanismo de sujeción cumple la función de asegurar e inmovilizar el coco que se encuentra alojado en el soporte. En la tabla 3.5 se establece los parámetros definidos para el diseño.

Tabla 3.5. Parámetros de diseño mecanismo de sujeción.

Parámetros	Especificaciones
Puntos de sujeción	3 puntos con palas dentadas (120°)
Angulo de penetración de las cuchillas	45 a 75° respecto eje x
Carrera del embolo	30 a 50 mm
Presión máxima de sujeción	300 psi
Accionamiento del sistema	Hidráulico

(Fuente propia)

3.2.2.1. Partes del mecanismo de sujeción

En la figura 3.17 se muestran los elementos constitutivos del mecanismo de sujeción. En la tabla 3.6 se detalla el número de elementos.

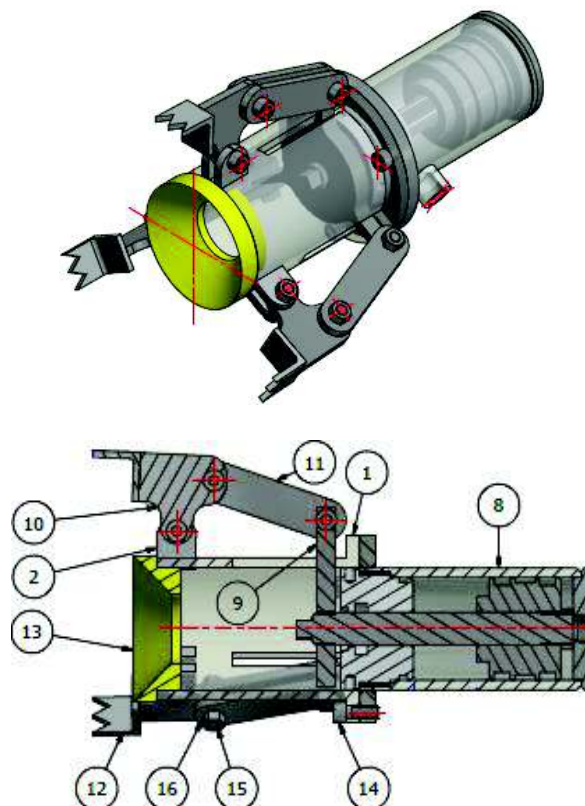


Figura 3.17. Mecanismo de sujeción con manzana interior de soporte.
(Fuente: propia)

Tabla 3.6. Elementos del mecanismo de sujeción.

Ítem	Cantidad	Elementos
1	1	Base cilindro inferior
2	6	Rotula mecanismo apertura/cierre
8	1	Cilindro de doble efecto
9	1	Manzana de mecanismo de cierre
10	3	Bastidor mecanismo de cierre
11	6	Barras o platinas lineales
12	3	Muelas de sujeción
13	1	Base de asiento del coco
14	3	Perno AS 1420 - 1973 - M8x20
15	9	Perno AS 1420 - 1973 - M8x25
16	9	Perno AS 1112 – M8 Tipo 5

(Fuente propia)

3.2.2.2. Funcionamiento del mecanismo de sujeción

Al accionar la palanca A (revisar figura 3.40) del distribuidor hidráulico 4/3 se produce el despliegue del embolo del cilindro inferior el cual se desplaza verticalmente hacia arriba, provocando un desplazamiento de igual sentido en la base inferior móvil. La manzana se encuentra en la parte interna de la estructura y esta acoplada por medio de un roscado al embolo y sirve como pivot de las barras lineales. Como producto del desplazamiento lineal vertical se produce un desplazamiento angular en las barras lineales, la cuales se encuentran unidas mediante pernos que cumple la función de rótulas con los bastidores. Se transmite el desplazamiento al bastidor el cual en la parte superior posee los dientes que realizan la sujeción, el bastidor a su vez se encuentra fijado mediante un perno a una base fija de soporte que ayuda como guía para el giro.

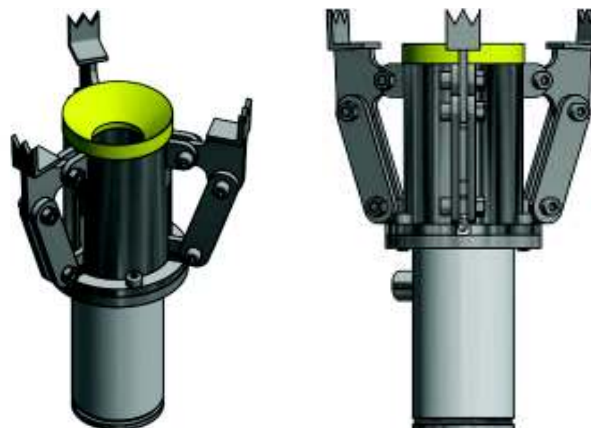


Figura 3.18. Punto apertura máxima del sistema de sujeción.

(Fuente: propia)

En la figura 3.18 se encuentra el mecanismo inferior en su posición inicial, cuando la carrera del cilindro es cero. En la figura 3.19 se muestra el mecanismo al completar el despliegue total del cilindro, recorre una carrera de 39,90 mm realizado la sujeción de la fruta por medio de la penetración de las muelas en la fibra del coco. El punto de sujeción y penetración de las muelas depende del diámetro y altura del coco. Para la sujeción se aplica una fuerza axial de 1691 N por muela de sujeción.



Figura 3.19. Mecanismo de sujeción carrera total.
(Fuente: propia)

3.2.2.3. Diseño del mecanismo de sujeción

El dimensionamiento de los elementos se realizó teniendo en cuenta la sujeción del coco en sus diversos diámetros y alturas, de lo cual se determinó que el diámetro mínimo y máximo que deberá delimitar las muelas del sistema de sujeción deberá ser aproximadamente 64 mm para el mínimo y máximo 207 mm. En la figuras 3.20 y 3.21 se observa los diámetros mínimo y máximo respectivamente.

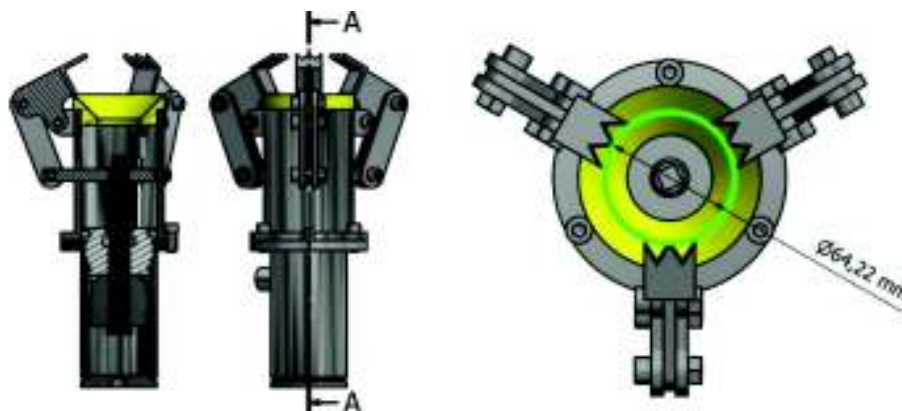


Figura 3.20. Circunferencia mínima formado por las palas.
(Fuente: propia)

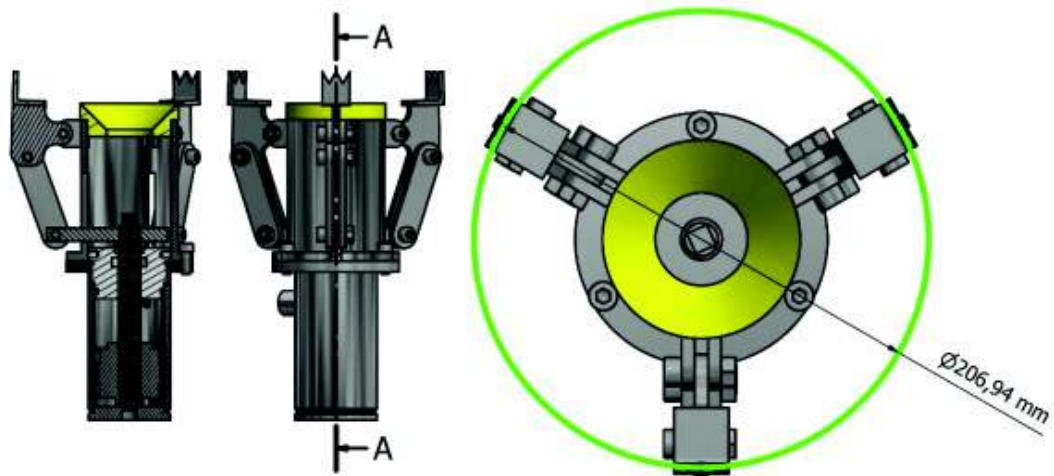


Figura 3.21. Circunferencia máxima formado por las palas.
(Fuente: propia)

En el anexo I, se puede referirse a la memoria técnica del cálculo completo para el mecanismo de sujeción. Se adjunta las figuras 3.22 y 3.23 respecto a los puntos de apertura mínimo y máximo, especificando la longitud entre ejes y el ángulo de la barra lineal y bastidor del mecanismo de cierre. Este sirve de base para el cálculo de las formulas del desplazamiento angular y la velocidad angular.

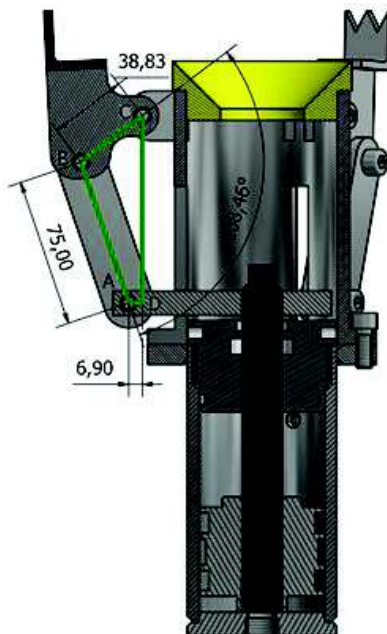


Figura 3.22. Medidas básicas cilindro sujeción retraído.
(Fuente: propia)

Para planos de detalle y montaje de los elementos se deberá referirse a la parte del Anexo V referente a los planos de partes y subconjuntos.

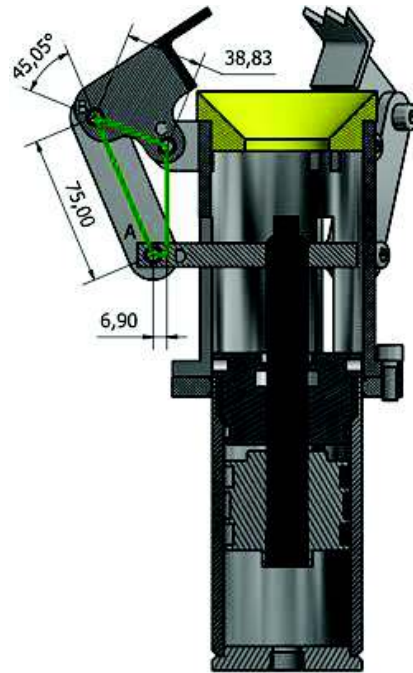


Figura 3.23. Medidas básicas cilindro sujeción extendido.
(Fuente: propia)

En la tabla 3.7 se especifica de manera resumida las principales características de los elementos del mecanismo inferior de sujeción. La tabla contiene las variables calculadas y las obtenidas con los cilindros construidos.

Tabla 3.7. Parámetros reales del cilindro de sujeción.

Variable	Medidas	Unidades
Carrera del pistón	39,90	mm
Diámetro de la camisa	63,00	mm
Diámetro del eje	20,00	mm
Presión de trabajo real	750,00	psi
Caudal Bomba	94,33	cm ³ /seg
Área de empuje	3116,46	mm ²
Área de retroceso	2800,22	mm ²
Velocidad de empuje	30,27	mm/s
Velocidad de retroceso	33,69	mm/s
Tiempo de empuje	1,32	s
Tiempo de retroceso	1,18	s
Fuerza de empuje	16154,80	N
Fuerza de retroceso	14515,53	N
Potencia eléctrica	0,73	hp

(Fuente: propia)

3.2.3. Mecanismo de descortezado

De lo establecido en el capítulo anterior se va a realizar el descortezado de la fruta por medio de un mecanismo tipo pinzas. El mecanismo de descortezado cumple la función de retirar el material fibroso de la cascara dura. En la tabla 3.8 se indica los parámetros definidos para el diseño.

Tabla 3.8. Parámetros de diseño mecanismo de sujeción.

Parámetros	Especificaciones
Puntos de sujeción	6 puntos con palas dentadas (60°)
Angulo de penetración de las cuchillas	90° respecto del eje x
Carrera del embolo	110 a 130 mm
Presión máxima de descortezado	625 psi
Accionamiento del sistema	Hidráulico

(Fuente: propia)

3.2.3.1. Partes del mecanismo de descortezado

En la figura 3.24 se muestra los elementos constitutivos del mecanismo de descortezado. En la tabla 3.9 se determinan los ítems correspondientes y se detalla el número de elementos.

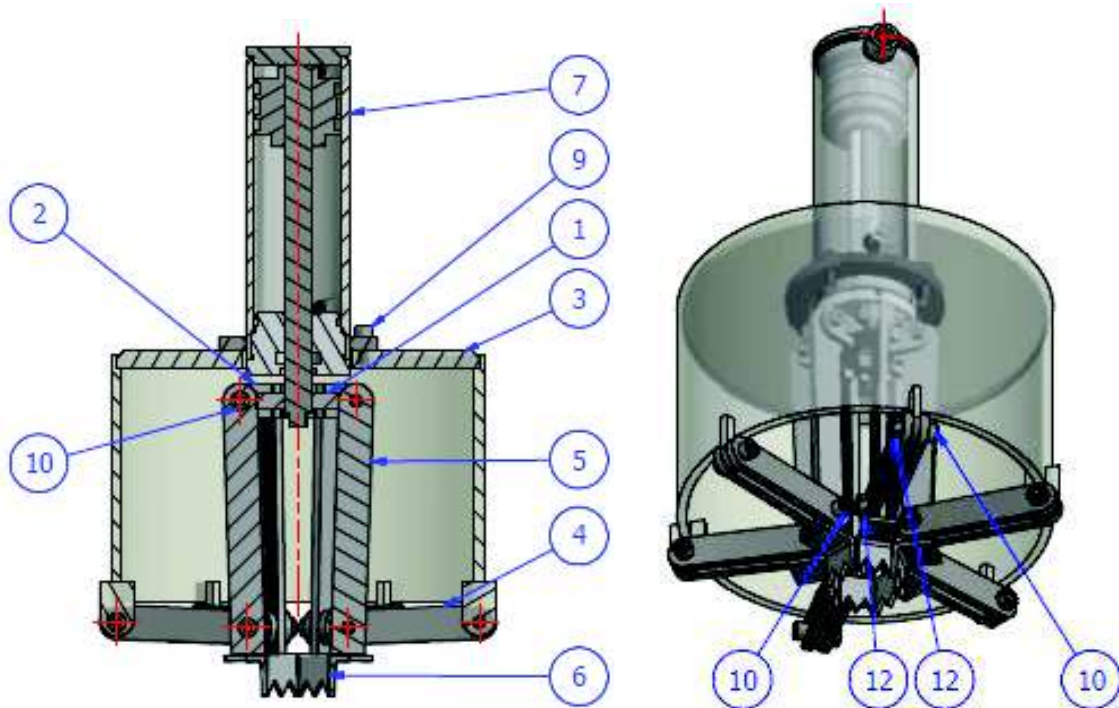


Figura 3.24. Mecanismo de descortezado
(Fuente: propia)

Tabla 3.9. Elementos del mecanismo de descortezado

Ítem	Cantidad	Elementos
1	1	Manzana de acople
2	12	Rotula
3	1	Soporte cilíndrico
4	12	Barra lineal 1
5	6	Barra lineal 2
6	6	Muelas de descortezamiento
7	1	Cilindro de doble efecto de descortezado
9	4	Perno AS 1420 - 1973 - M8x20
10	18	Perno AS 1420 - 1973 - M8x25
12	18	Perno AS 1112 – M8 Tipo 5

(Fuente: propia)

3.2.3.2. Funcionamiento mecanismo de descortezado

El mecanismo se encuentra en la parte superior del bastidor, el cilindro se encuentra sujeto a la estructura mediante una brida, el émbolo del cilindro se encuentra fijado mediante un roscado a la manzana que contiene las rótulas, las barras se encuentran unidas a la manzana mediante pernos, todo el mecanismo de descortezado se encuentra unido al bastidor mediante un soporte cilíndrico. El funcionamiento del mecanismo inicia con el accionamiento de la palanca A de la válvula 4/3 (revisar figura 3.40), se realiza el desplazamiento vertical hacia abajo del embolo el cual transmite el movimiento lineal a la manzana, produciendo el desplazamiento angular de las barras lineales 2 y por medio del giro en los pernos se transmiten a las barras lineales 1, realizando el desplazamiento de las muelas produciendo el descortezamiento del coco.



Figura 3.25. Punto inicio del sistema de descortezado.
(Fuente: propia).

En la figura 3.25 se encuentra el mecanismo descortezador en su posición inicial, cuando la carrera del cilindro es cero. En la figura 3.26 se observa el cilindro al completar el despliegue total, se recorre una carrera de 119,90 mm realizado el retirado de la fibra del coco por medio de la apertura de las muelas. El punto de penetración de las muelas depende del diámetro del coco. Para el descortezado se aplica una fuerza axial de 1755N en base a la presión ejercida por el embolo por cada una de las seis muelas.



Figura 3.26. Mecanismo descortezado carrera total.
(Fuente: propia)

3.2.3.3. Diseño del mecanismo de descortezado

En el Anexo I, se puede referirse a la memoria técnica del cálculo completo para el mecanismo de descortezado.

Para dimensionar la carrera del vástago del cilindro se consideró el valor máximo y mínimo de la altura y diámetro del coco.

El sistema se encuentra en la posición inicial cuando las muelas de descortezado se encuentran a 90 grados respecto del eje de las abscisas, el dimensionamiento de la carrera del vástago de 119,90 mm se lo realizó en base a las alturas máximas y mínimas del coco se tuvo como consideración el evitar que las palas fracturen la endocarpio duro del coco. El dimensionamiento del perímetro de las palas al estar en su punto inicial de reposo o partida se lo realiza de acuerdo al diámetro mínimo del coco, teniendo en consideración el ingreso de 26 mm de las cuchillas, el cual arroja un diámetro de 48,40 mm y cuya abertura máxima es de 340,90 mm esto se lo puede observar en las figuras 3.27 y 3.28 respectivamente.

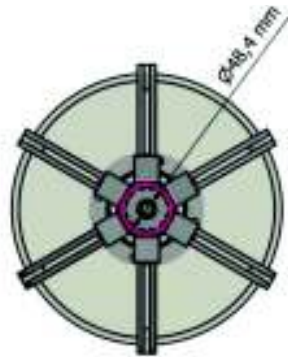


Figura 3.27. Circunferencia menor formado por las palas.
(Fuente: propia)



Figura 3.28. Circunferencia mayor formado por las palas.
(Fuente: propia)

Las figuras 3.29 y 3.30 muestran el desplazamiento vertical de la manzana y ángulo de las barras 1 y 2. En las figuras indicadas se incluye la longitud entre ejes, estos datos son para el cálculo de las formulas del desplazamiento angular y la velocidad angular, referirse al Anexo I.

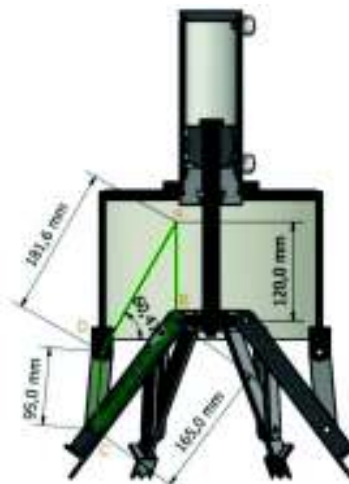


Figura 3.29. Desplazamientos angulares.
(Fuente: propia)

Dimensiones básicas de los elementos del mecanismo de descortezado y esquematización final del mecanismo de descortezado.



Figura 3.30. Dimensiones básicas.
(Fuente: propia)

Para planos de detalle se deberá referirse a la base de planos Anexo V. En la tabla 3.10 se especifica de manera resumida las principales características de los elementos del mecanismo superior de descortezado. La tabla contiene las variables calculadas y las obtenidas con el cilindro descortezador para mayor detalle referirse al Anexo I.

Tabla 3.10. Parámetros de construcción del cilindro de descortezado.

Variable	Medidas	Unidades
Carrera del pistón	119,90	mm
Diámetro de la camisa	63,00	mm
Diámetro del eje	20,00	mm
Presión de trabajo real	750,00	psi
Caudal Bomba	94,33	cm ³ /seg
Área de empuje	3116,46	mm ²
Área de retroceso	2800,22	mm ²
Velocidad de empuje	30,26	mm/s
Velocidad de retroceso	33,69	mm/s
Tiempo de empuje	3,96	s
Tiempo de retroceso	3,56	s
Fuerza de empuje	16154,80	N
Fuerza de retroceso	14515,53	N
Potencia eléctrica	0,73	hp

(Fuente: propia)

3.2.4. Sistema de desplazamiento vertical

Se realiza el diseño para el desplazamiento vertical de la estructura del mecanismo inferior de sujeción, cuya función es ser soporte de la estructura de sujeción, de penetrar las palas de descortezado en el coco y desplazar el coco. Para el diseño se parte de los parámetros definidos en la tabla 3.11.

Tabla 3.11. Parámetros de diseño mecanismo de desplazamiento vertical.

Parámetros	Especificaciones
Tipo de desplazamiento	vertical
Angulo de desplazamiento	0° respecto del eje y
Carrera del embolo	170 a 190 mm
Presión máxima de sujeción	625 psi
Accionamiento del sistema	Hidráulico

(Fuente: propia)

3.2.4.1. Partes del mecanismo de desplazamiento vertical

En la figura 3.31 se muestra los elementos del mecanismo de desplazamiento vertical. La tabla 3.12 se determinan los ítems correspondientes y se detalla el número de elementos.

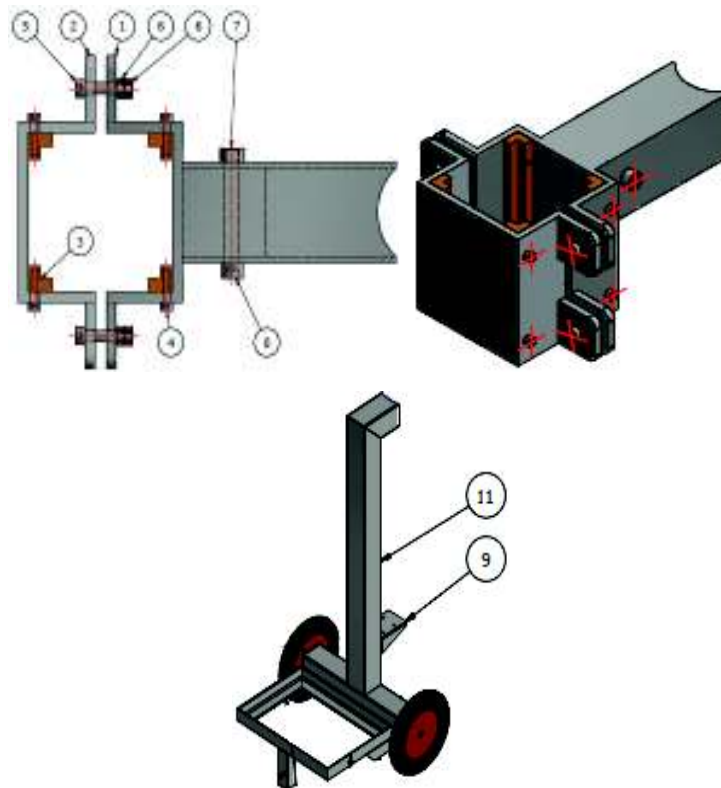


Figura 3.31. Mecanismo de desplazamiento vertical.
(Fuente: propia)

Tabla 3.12. Elementos del mecanismo de desplazamiento vertical.

Ítem	Cantidad	Elementos
1	1	Guía deslizante con soporte para mecanismo sujeción
2	1	Guía deslizante posterior
3	4	Guía de Nylon
4	8	Perno AS 1420 – 1973 –M6 x 25
5	4	Perno AS 1420 – 1973 –M8 x 40
6	8	Perno AS 1112 – M8 Tipo 5
7	1	Perno AS 1112 – M12 Tipo 5
9	1	Base del cilindro
10	1	Cilindro hidráulico doble efecto
11	1	Tubo columna

(Fuente: propia)

3.2.4.2. Funcionamiento del mecanismo de desplazamiento vertical

El funcionamiento del mecanismo inicia con el accionamiento de la palanca B de la válvula 4/3, la cual activa el cilindro hidráulico de desplazamiento, se realiza un movimiento vertical del mecanismo inferior y del coco, hasta llegar a la penetración de las palas superiores de descortezamiento, posteriormente del trabajo de las palas superiores, se realiza otro desplazamiento vertical complementario para el descortezado total de la fruta. Este desplazamiento se realiza entre las guías deslizantes y el bastidor por medio de las cuatro guías de nylon para evitar la fricción entre los elementos

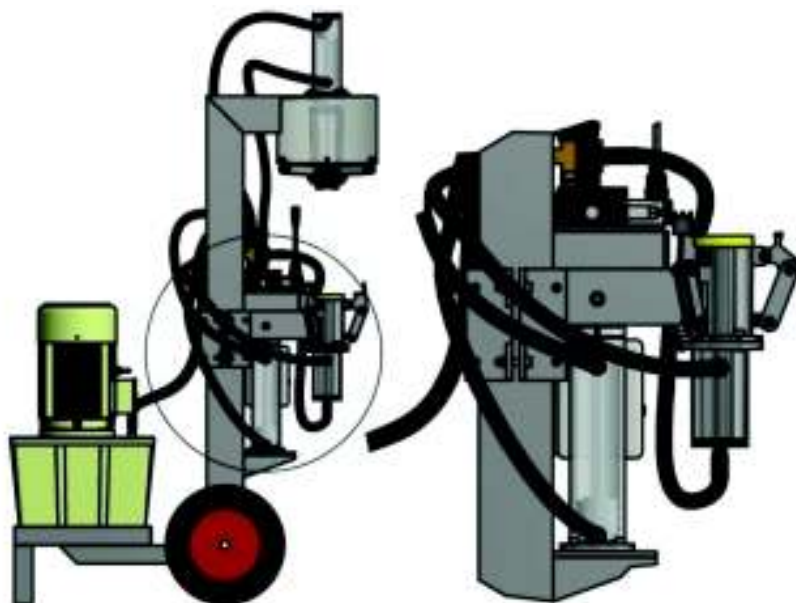


Figura 3.32. Desplazamiento inicial del cilindro.
(Fuente: propia)

El desplazamiento total aproximado para el trabajo del cilindro será de 179.90 mm, esta distancia la constituye el desplazamiento de penetración de las palas más el desplazamiento para el descortezado final. En la figura 3.32 y 3.33 se muestra el punto de inicio y final de la carrera determinada por el cilindro vertical de desplazamiento. El punto final depende del tamaño del coco a descortezar.

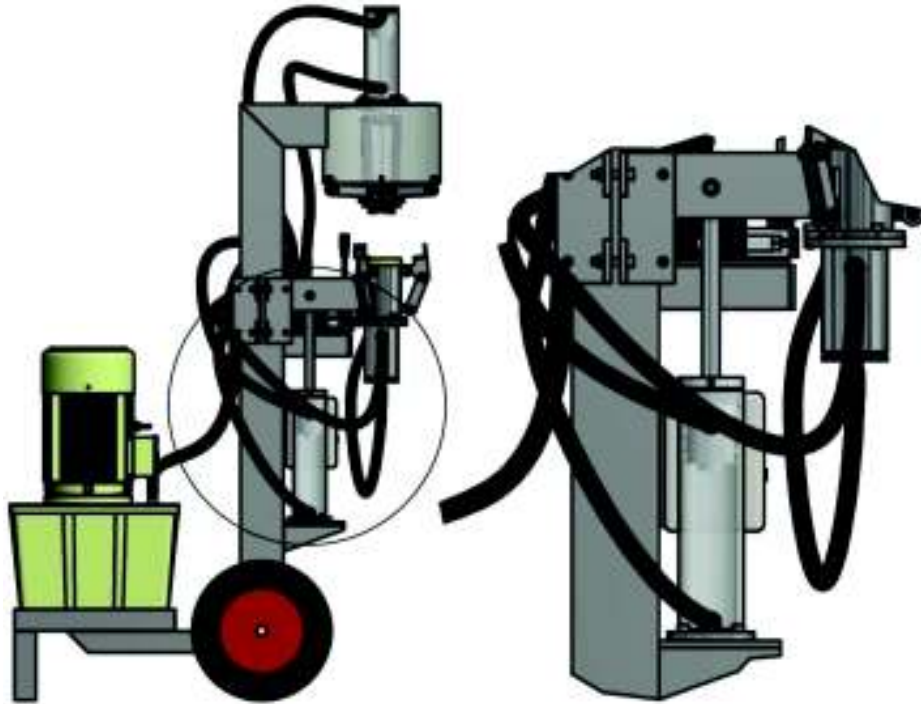


Figura 3.33. Desplazamiento final del cilindro.
(Fuente: propia)

3.2.4.3. Diseño del mecanismo de desplazamiento

En el Anexo I, se puede referirse a la memoria técnica del cálculo completo para el mecanismo de desplazamiento vertical.

Para dimensionar la carrera y la fuerza determinada por el vástago del cilindro se consideró el valor máximo y mínimo de la altura del coco y el peso del mecanismo de sujeción y la fuerza para penetración de las muelas superiores.

El sistema parte en la posición inicial cuando el cilindro tiene una carrera cero no se registra desplazamiento vertical, al activarse el cilindro se realiza el desplazamiento en el eje vertical con una carrera total de 179,90 mm. En la figura 3.34 se muestra el mecanismo seccionado cuando se encuentra completamente extendido el cilindro de desplazamiento.



Figura 3.34. Seccionado del cilindro de desplazamiento.
(Fuente: propia)

Para planos en detalle de los elementos se debe referirse a la base de planos Anexo V. En la tabla 3.13 se especifica de manera resumida las principales características de los elementos del mecanismo de desplazamiento. La tabla contiene las variables calculadas y las obtenidas con el cilindro construido, referirse al anexo I.

Tabla 3.13. Parámetros de construcción del cilindro de desplazamiento vertical.

Variable	Medidas	Unidades
Carrera del pistón	179,90	mm
Diámetro de la camisa	63,00	mm
Diámetro del eje	20,00	mm
Presión de trabajo real	750,00	psi
Caudal Bomba	94,33	cm ³ /seg
Área de empuje	3116,46	mm ²
Área de retroceso	2800,22	mm ²
Velocidad de empuje	30,27	mm/s
Velocidad de retroceso	33,69	mm/s
Tiempo de empuje	5,94	s
Tiempo de retroceso	5,34	s
Fuerza de empuje	16154,80	N
Fuerza de retroceso	14515,53	N
Potencia eléctrica	0,73	hp

(Fuente: propia)

Tiempo (ciclo ida + ciclo regreso) = 1,32+3,96+5,94+1,18+3,56+5,34=21,30, este valor podrá ser menor dado que el cilindro de desplazamiento no siempre se extiende por completo. El tiempo dependerá de la habilidad del operario.

3.3. Diseño del bastidor

3.3.1. Diseño de la columna

La columna es el elemento principal del bastidor que sirve de soporte de los mecanismos de sujeción, descortezado y desplazamiento vertical. Este elemento ayuda a mantener la estabilidad y precisión al momento de operar el equipo. En la figura 3.35 se muestra un esquema de la columna con todos los elementos del bastidor. En la tabla 3.14 se enlista elementos del bastidor y sus cantidades.

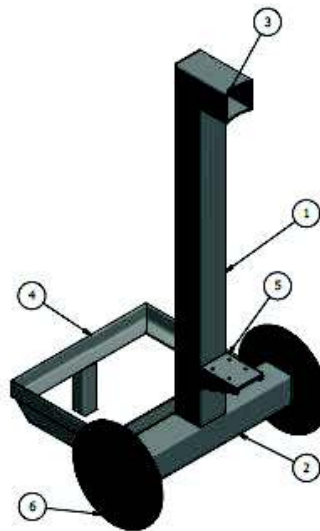


Figura 3.35. Esquema del bastidor.
(Fuente: propia)

Tabla 3.14. Elementos del bastidor.

Ítem	Cantidad	Elementos
1	1	Tubo columna
2	1	Tubo travesaño
3	1	Tubo superior - mecanismo de descortezado
4	1	Marco para la colocación de la centralina
5	1	Base del cilindro de empuje
6	2	Ruedas

(Fuente: propia)

Para el cálculo de la columna se va a aplicar las cargas para producir la deformación en el extremo superior, en la base del cilindro y en el marco donde se coloca la centralina. La figura 3.36 muestra las cargas y el momento aplicado en el bastidor con restricciones fijas colocadas en el agujero del tubo travesaño y en los soportes de la centralina.

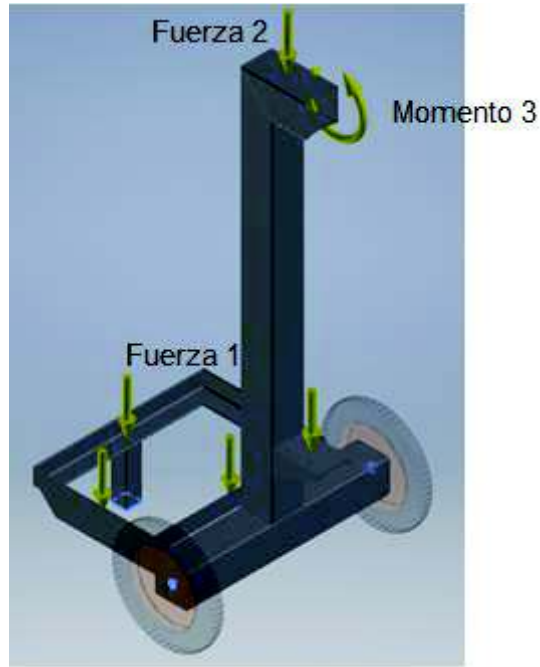


Figura 3.36. Diagrama de cuerpo libre de la columna.
(Fuente: propia)

Antes de efectuar los cálculos de la columna se debe conocer las características del acero A36 siendo el más común en perfiles estructurales. La tabla 3.15 indica las propiedades del material.

Tabla 3.15. Propiedades del acero ASTM A36.

Propiedades del Acero ASTM A 36	
Densidad	7850 Kg/m ³
Límite de fluencia	250 – 280 MPa
Resistencia última a la tensión	400 – 500 MPa
Módulo de elasticidad	199948 MPa

(Fuente: propia)

3.3.2. Simulación del bastidor

El análisis del bastidor se lo realiza utilizando el módulo sobre análisis de tensiones del programa Autodesk Inventor, donde por medio del método de elementos finitos se analiza el esfuerzo de Von Mises, desplazamiento y coeficiente de seguridad.

Para la simulación del bastidor se procede de la siguiente manera:

1. Asignamos el material ASTM A 36 a todos los elementos del bastidor
2. Asignamos las cargas:

En la figura 3.36 se muestra la asignación de cargas en el diagrama de cuerpo libre.

La fuerza 1 es distribuida con un valor de 1200 N de acuerdo al peso de la centralina con fluido de trabajo y es aplicada en el alojamiento que sirve como soporte de la centralina

La fuerza 2 es de 16154 N que fue el valor determinado como fuerza para el cilindro de desplazamiento vertical y es asignada de este cilindro.

El momento 3 es de 2000 N.m asignado en el extremo superior del bastidor. El valor se obtiene del producto entre la distancia del eje del cilindro de descortezado hasta la unión con el bastidor y la reacción del cilindro de descortezado.

3. Asignamos los tipos de fijación de los soportes de la centralina y en los extremos del tubo del travesaño.

Al aplicar las cargas se obtiene como resultado el esfuerzo equivalente de Von Mises de 160,08 MPa cuyo valor se encuentra dentro del límite de fluencia del material ASTM A36 según la tabla 3.15, se verifica la resistencia del material del bastidor. En la figura 3.37 se muestra el análisis del esfuerzo equivalente de Von Mises.

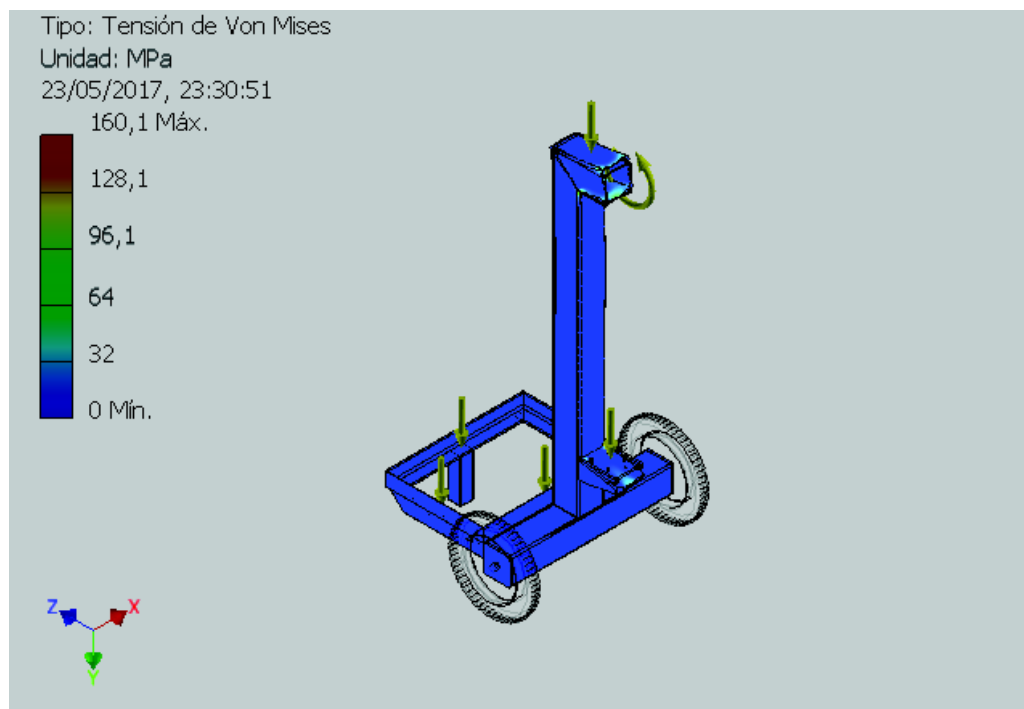


Figura 3.37. Esfuerzo equivalente de Von Mises.
(Fuente: propia)

La deflexión máxima del bastidor que se obtiene del análisis es de 0,28 mm y se encuentra en la parte superior del bastidor, donde se encuentra la unión del mecanismo de descortezado con el bastidor. En la figura 3.38 se muestra el análisis de desplazamiento.

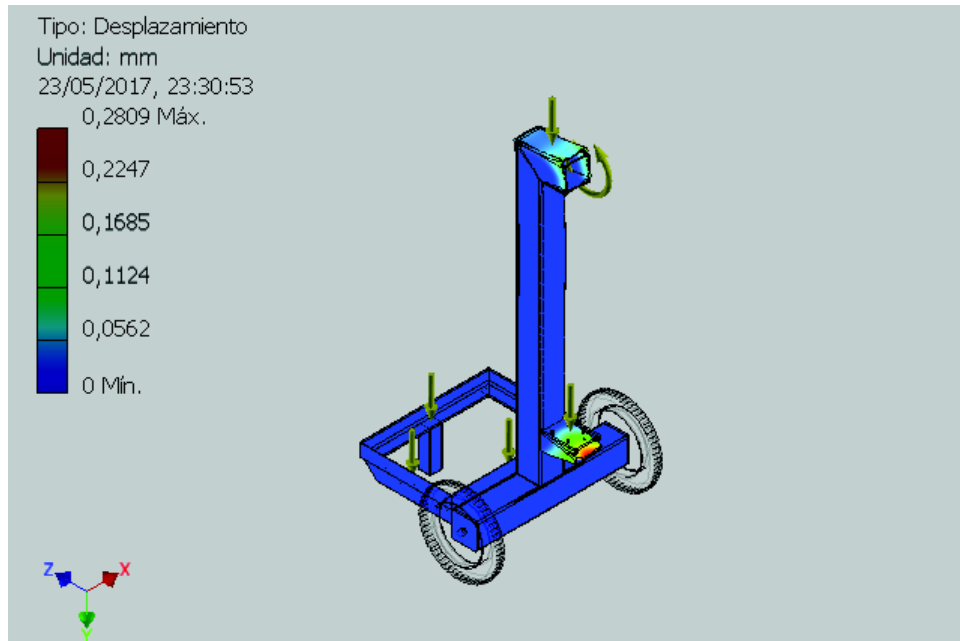


Figura 3.38. Deflexión.
 (Fuente: propia)

El coeficiente de seguridad determinado es 1,55 cuyo valor es mayor a 1, para nuestro diseño es aceptable el coeficiente obtenido porque no se deforma permanentemente ningún elemento del bastidor. El menor coeficiente obtenido se da en el soporte del cilindro de desplazamiento, como se observa en la figura 3.39. Para mayor información sobre los análisis referirse al informe del análisis en el Anexo IV.

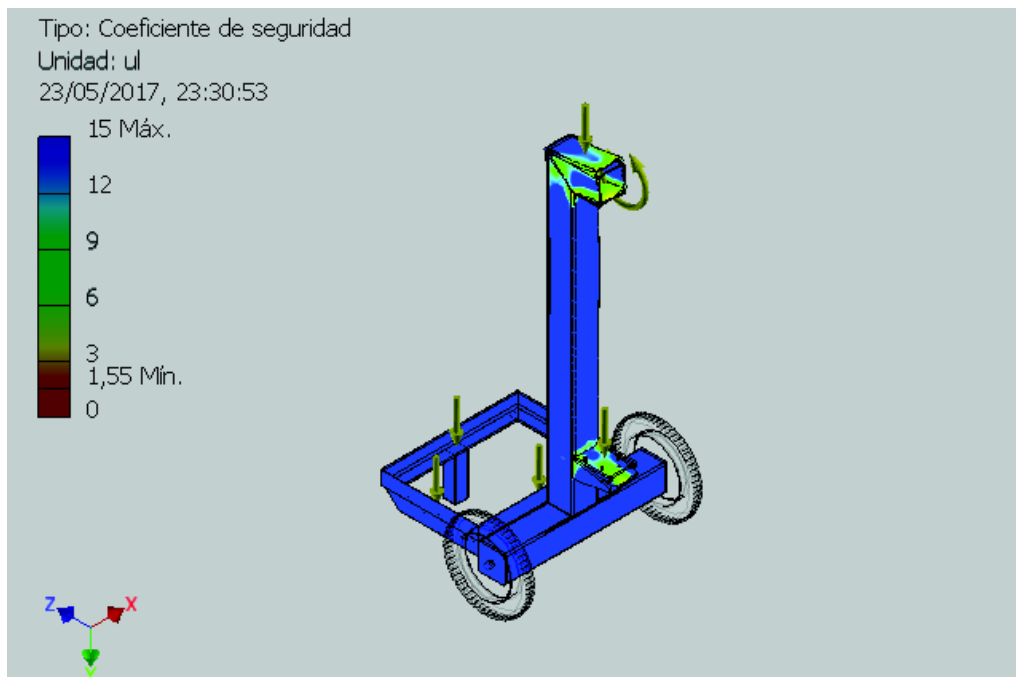


Figura 3.39 Coeficiente de seguridad.
 (Fuente: propia)

3.4. Selección del sistema de control

3.4.1. Selección de los componentes del sistema hidráulico

Para la transmisión y control de la potencia del fluido oleo hidráulico se ha determinado un circuito constituido por: motor eléctrico, bomba hidráulica, válvula de control direccional, válvula de reguladora de caudal, tanque, filtros, mangueras, acoples y los actuadores (tres cilindros hidráulicos determinados previamente).

Para la constitución del sistema se reutilizó una centralina hidráulica, a la cual se le realizó un mantenimiento y puesta a punto de sus elementos constitutivos. Para la utilización de los elementos de la centralina se validaron en base a las especificaciones calculadas para el desempeño de la descortezadora.

3.4.1.1. Distribuidor hidráulico

De acuerdo al funcionamiento definido para los tres cilindros hidráulicos de doble efecto se necesitaría de un distribuidor hidráulico monoblock 4/3 con accionamiento manual por medio de dos palancas, con retorno por muelle. La válvula de la marca FTZ hydraulics, serie MB-3/2S-3/020001/E-8/M8 posee un caudal nominal de 45 L/min (12 GPM) y puertos de 3/8 in, presión máxima de trabajo del circuito en series es de 315 bar (4600 psi), presión de retorno de 25 bar (360 psi) y trabaja con fluido de -20 a 80°C, viscosidad con rangos de operación de 12 a 75 mm²/s y temperatura ambiente de -40 a 60°C. La válvula posee un limitador de presión que se encuentra ajustada a 750 psi.

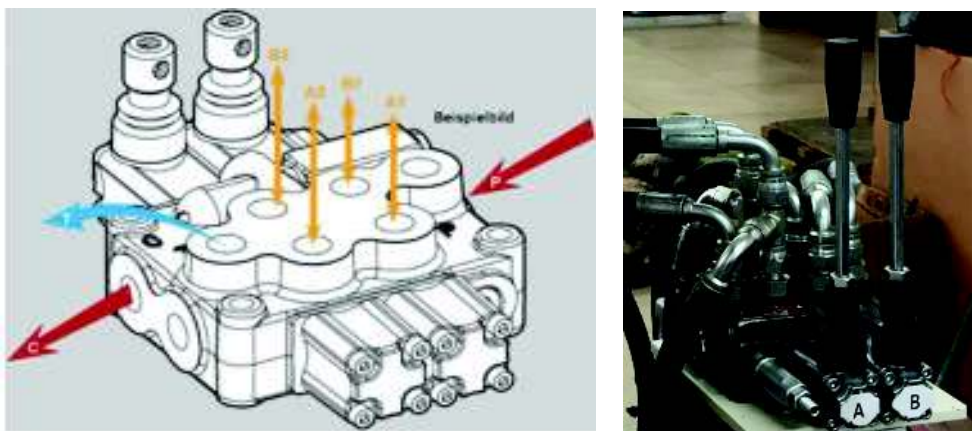


Figura 3.40. Esquema del distribuidor hidráulico MB-3/2S-3.
(Fuente: propia)

En la figura 3.40 se muestra la configuración de los mandos y los respectivos puertos distribuidores y las palancas A y B. En la figura 3.41 se observa el diagrama hidráulico interno de la válvula distribuidora MB-3/2S-3.

Puertos del distribuidor:

A1 y B1: accionan el funcionamiento a la par de los cilindros de sujeción y descortezamiento (acople T para manguera 3/8 in en los dos puertos).

A2 y B2: accionan el cilindro de desplazamiento vertical.

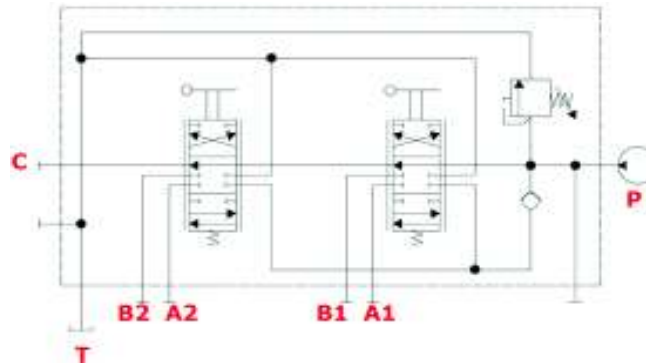


Figura 3.41. Diagrama del distribuidor hidráulico MB-3/2S-3.
(Fuente: propia)

3.4.1.2. Bomba hidráulica

Este sistema de potencia recibe su impulso de un motor eléctrico trifásico. La selección del tipo de bomba se la realiza en base al desplazamiento volumétrico $0,478 \text{ cm}^3/\text{rev}$ y la eficiencia volumétrica del modelo a seleccionar a la presión de 750 psi en el catálogo del proveedor.

Como se menciona anteriormente la centralina reutilizada ya posee una bomba de engranajes externos marca Integral Hydraulik, código Typ: P 040-071, que cumple con los requerimientos determinados al tener un desplazamiento volumétrico de $4 \text{ cm}^3/\text{rev}$ y cuya presión nominal de 100 bar (1450 psi) abarcando la carga máxima de trabajo establecida de 750 psi para el equipo descortezador. El caudal determinado de la bomba es de 5,66 L/min, en base a la velocidad de 1415 rpm y cumple con el caudal teórico del sistema de 4.253 L/min. En la figura 3.42 se observa la bomba del sistema cuya salida es de 3/8 NPT (rosca estadounidense cónica).



Figura 3.42. Bomba Integral Hydraulik.
(Fuente: propia)

3.4.1.3. Tanque o depósito

Dentro de la unidad hidráulica el tanque sirve de base para el montaje del motor eléctrico, la bomba hidráulica, la mirilla de caudal y filtros de succión y respiradero. El tanque consta del filtro para llenado (tapón respirador), orificio de drenaje, tapa de registro para labores de limpieza, nivel de aceite y brida acople motor.

Se dimensiona el tanque en función del caudal de la bomba, triplicando el volumen de aceite suministrado por minuto, el mínimo volumen del tanque será de 12,76 litros, el tanque es de forma de cono truncado contiene 33 litros para el llenado se deja 7 cm a partir de la parte superior, y sus dimensiones son parte inferior 320x470 mm y parte superior 360 x 515 mm y altura de 207mm. En la figura 3.43 se muestra el tanque.



Figura 3.43. Tanque de 33 litros.
(Fuente: propia)

3.4.1.4. Mangueras

Para el equipo se ha seleccionado mangueras marca Interpump, para trabajo a alta presión EN 857 2SC excede a SAE 100R16, opera desde -40 a 100°C. Su parte interna es de caucho sintético, extrusión singular y espesor uniforme, con refuerzo de dos trenzas de acero de alta resistencia. Externamente constituida por caucho anti abrasivo, resistente a aceites, combustibles y condiciones atmosféricas. Dado que la salida de la bomba posee un diámetro de 3/8 in, se selecciona la manguera con el diámetro exterior de 3/8 in o tamaño 06, la cual resiste una presión máxima de 4785 psi. En la figura 3.44 se muestra la manguera con sus especificaciones.



Figura 3.44. Manguera Interpump Hypress2SC.
(Fuente: propia)

3.4.1.5. Filtros

Para el equipo se utiliza dos filtro uno de retorno que se encuentra localizado entre el tanque y la bomba, este filtro colador se encuentra inmerso en el aceite del dispositivo, por debajo del nivel mínimo de aceite. El filtro de la figura 3.45 tiene cesto metálico con tamaño de filtración 800 μm , presurizada a 5 psi. También otro filtro con el mostrado en la figura 3.46 y es un filtro de succión ubicado a la entrada del sistema antes de la bomba hidráulica de marca Stauff, código SE014A10V, de fibra inoxidable rango de presión máximo 3045, de 5 μ .



Figura 3.45. Filtro de respiradero.
Fuente: (STAUFF, 2015)



Figura 3.46. Filtro de succión.
Fuente: (STAUFF, 2015)

3.4.1.6. Válvula reguladora de caudal

Para la regulación del caudal se utiliza una válvula al ingreso del flujo al cilindro de descortezado, permitiendo que se despliegue completamente el cilindro de sujeción, al estar comandados por el mismo mando. Válvula de la marca INTERNACIONAL, código IPF FCI-04 1/2, diseñada para alta precisión, caudal de 15 GMP (57 L /min), presión máxima de 5000 psi, perilla de control con fácil lectura, tamaño de puerto de 1/2 NPTF, temperatura trabajo desde los -30 a 200 °C. La válvula permite el paso del 10% del fluido. En la figura 3.47 se muestra la válvula reguladora de caudal utilizada en la máquina.



Figura 3.47. Válvula reguladora de caudal.
(Fuente: propia)

3.4.2. Simulación sistema hidráulico

El diseño del sistema hidráulico y montaje de los elementos y desempeño, se determinó y simulo en el programa FluidSIM Hydraulic, en el cual se observar el funcionamiento de los diferentes componentes hidráulicos, dirección del fluido, y conexiones. Se estableció parámetros de presión y se indica la presión a través del manómetro.

3.4.2.1. Esquema hidráulico

En la simulación se observa el funcionamiento de los componentes, dirección del fluido y conexiones en base a los parámetros establecidos. A continuación el esquema general:

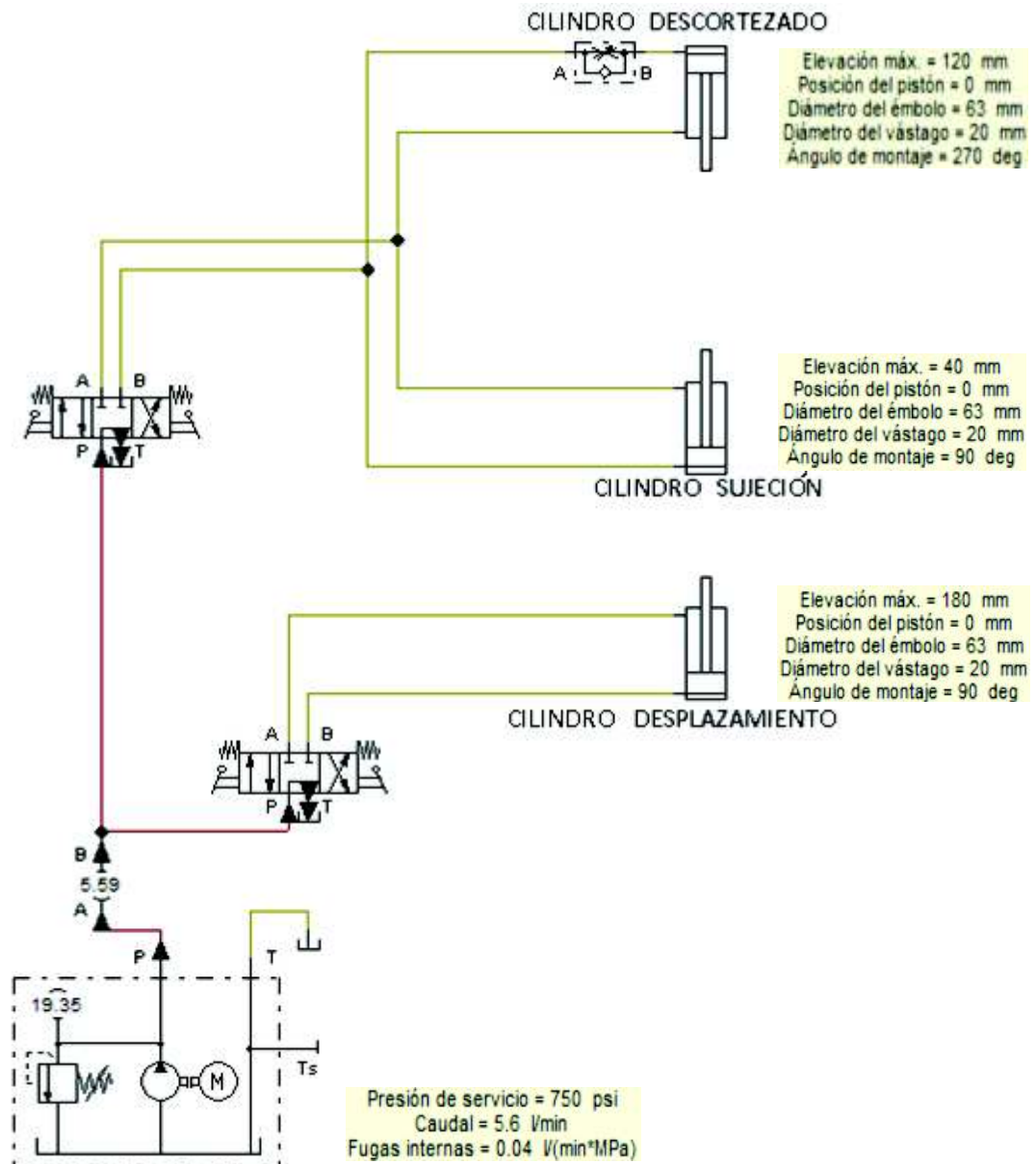


Figura 3.48. Sistema en estado de reposo.
(Fuente: propia)

Tabla 3.16. Detalle de elementos del sistema hidráulico.

Lista de Materiales	
Cantidad	Descripción
1	Motor eléctrico
1	Bomba de engranajes internos
1	Filtro
1	Tanque
1	Manómetro
1	Mando hidráulico 4/3 vías
1	Cilindro doble efecto sujeción
1	Cilindro doble efecto descortezado
1	Cilindro doble efecto desplazamiento
1	Válvula reguladora de caudal
1	Válvula limitadora de presión

(Fuente: propia)

En la tabla 3.16 se detalla los elementos que configuran el sistema hidráulico del equipo descortezador. En la figura 3.48 se muestra la conexión del sistema, el cual contiene un filtro que se encuentra al ingreso del fluido del trabajo antes de la bomba. La válvula de control de dirección posee 4 vías y 3 posiciones, dichas posiciones son hacia adelante, posición neutral y marcha atrás, la válvula se activa independiente por medio de dos mandos A y B. La válvula reguladora de caudal se encuentra ubicada en la línea previa al ingreso del cilindro de descortezado.

3.4.2.2. Descripción de funcionamiento del sistema hidráulico

Las líneas de color verde oliva representan la no existencia de presión en la línea, el color concho de vino representa transmisión de presión, el color rojo representa transmisión de corriente.

La figura 3.49 muestra el diagrama hidráulico al ser encendido el motor y ser activada la bomba que el fluido de trabajo se encuentra circulando a través de la válvula 4/3 que se encuentra en la posición neutral. En el esquema P es la presión que envía la bomba, en la válvula se regula la presión máxima hasta 750 psi y el retorno del aceite es al tanque T. No existe desplazamiento de los cilindros los cuales se encuentran con carrera cero. Las flechas indican la dirección del fluido hidráulico.

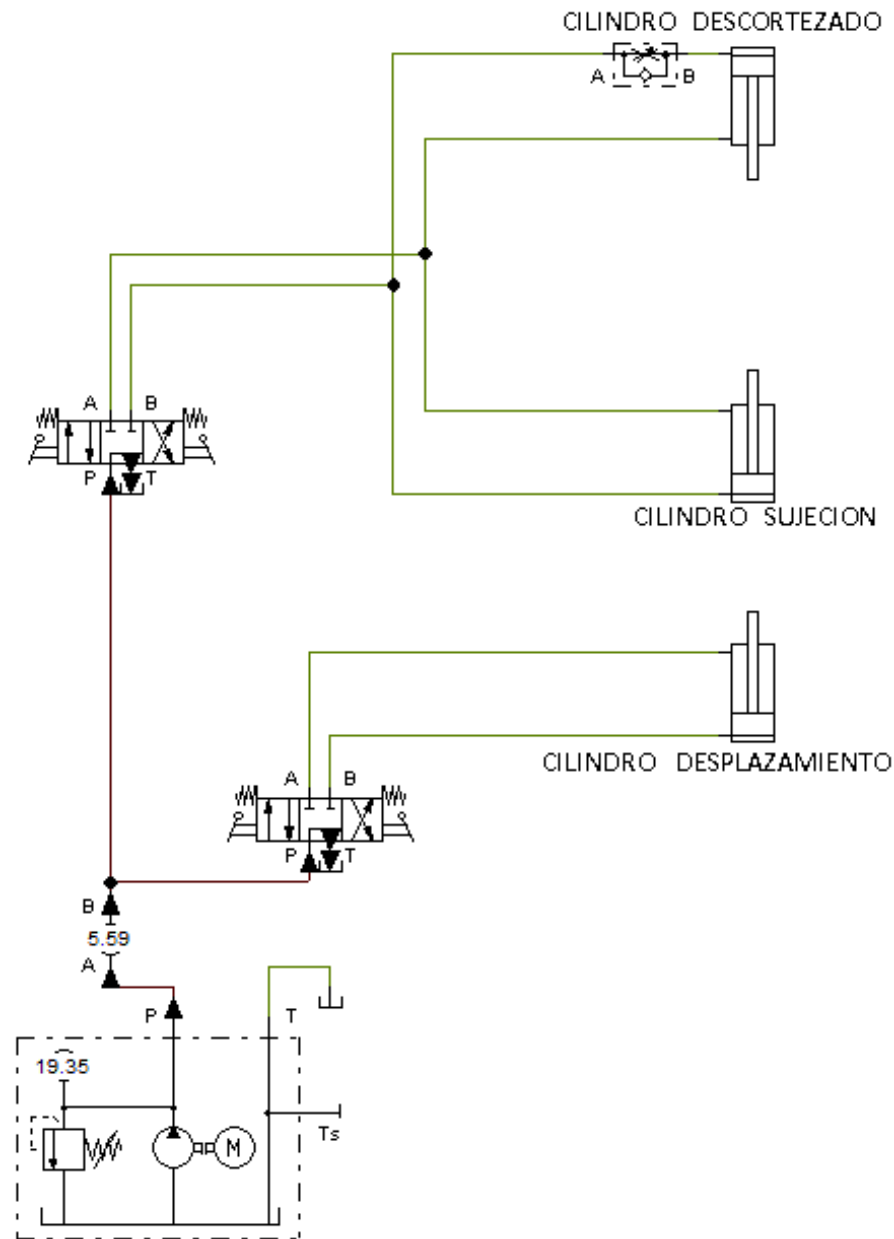


Figura 3.49. Sistema en estado inicial.
(Fuente: propia)

Cuando el operario desplaza la palanca A hacia la posición b1 de la válvula se realiza la extensión total del vástago del cilindro inferior de sujeción como se muestra en la figura 3.50, la carrera recorrida será de 39,90 mm y cuya presión máxima de trabajo es de 250 psi, con lo cual se sujeta al coco que se encuentra en la base inferior. No existe desplazamiento del cilindro superior o de descortezado puesto que a la entrada del cilindro de descortezado se ubica una válvula reguladora de caudal saeteada a 10%, con lo cual mientras no se realice el despliegado total del cilindro de sujeción no existirá la suficiente presión en la línea para el desplazamiento del cilindro superior. Al desplegarse todo el cilindro de sujeción el operario regresa a la posición neutra la palanca.

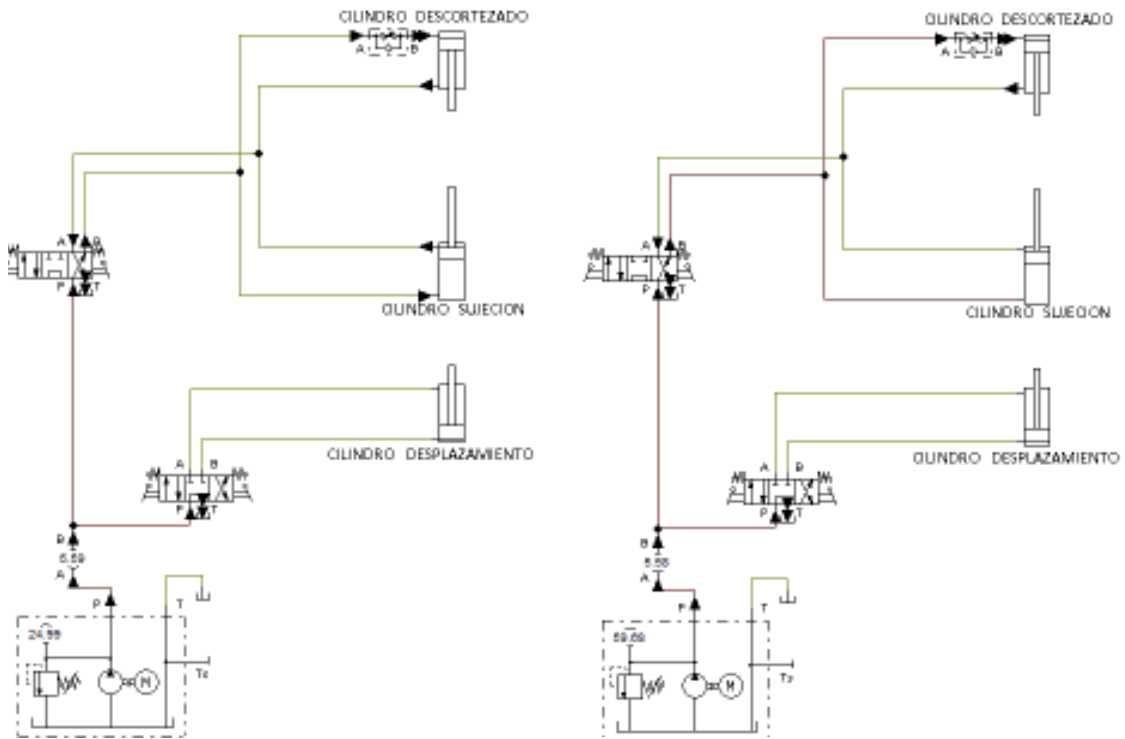


Figura 3.50. Sistema en extensión del cilindro sujeción.
(Fuente: propia)

La figura 3.51 es resultado del movimiento de la palanca B hacia la posición a2. Se realiza la extensión del cilindro de desplazamiento.

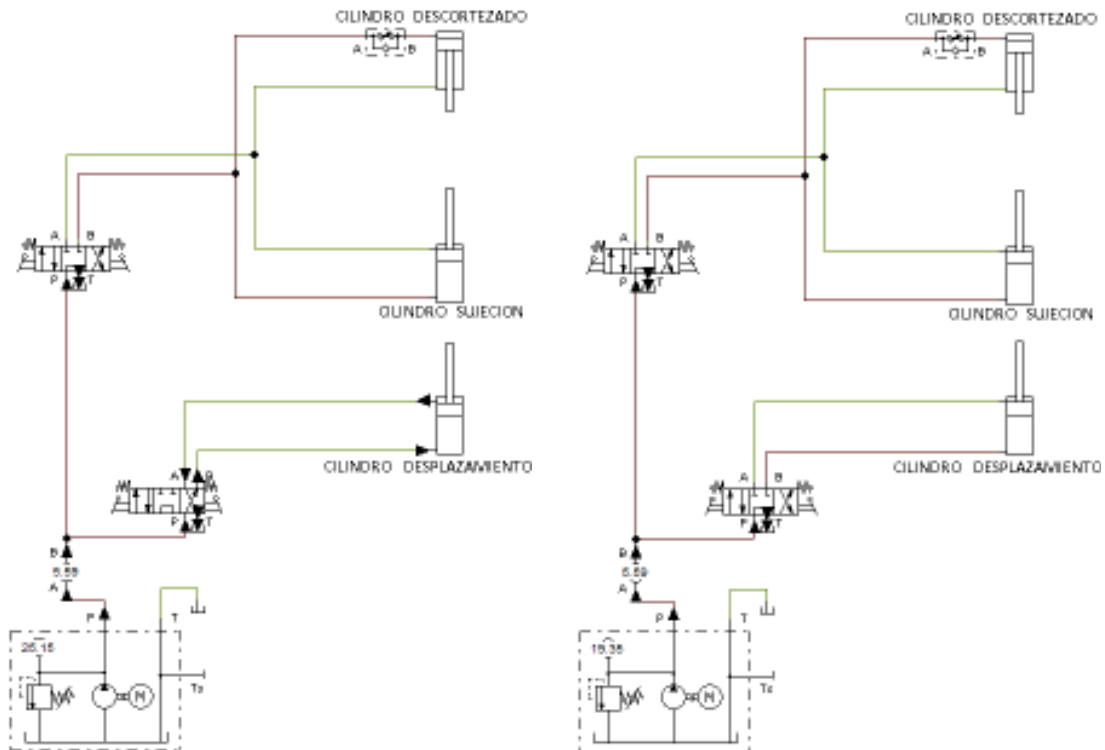


Figura 3.51. Sistema en despliegue del cilindro desplazamiento.
(Fuente: propia)

La carrera máxima es de 179,90 mm, con lo cual se realiza el desplazamiento vertical ascendente del mecanismo de sujeción y se realiza la inserción de los dientes del mecanismo superior en el coco. Dependiendo de la altura requerida el operario deberá accionar la palanca B, las veces que sea requerida. La presión máxima requerida para este cilindro es de 500 psi. Durante todo este proceso el coco se encuentra sujeto.

Una vez que el coco ha ingresado en los dientes del mecanismo superior se procede al descortezado de la fruta, este proceso comienza cuando el operario desplaza la palanca A hacia la posición b1 con lo cual se despliega el embolo del cilindro de descortezado y se procede a la abertura de las palas descortezadoras. La carrera máxima de este cilindro es de 119,90 mm y la presión máxima de trabajo será de 500 psi, se puede observar en la figura 3.52 el esquema en el cual se encuentran extendidos los tres cilindros de la máquina.

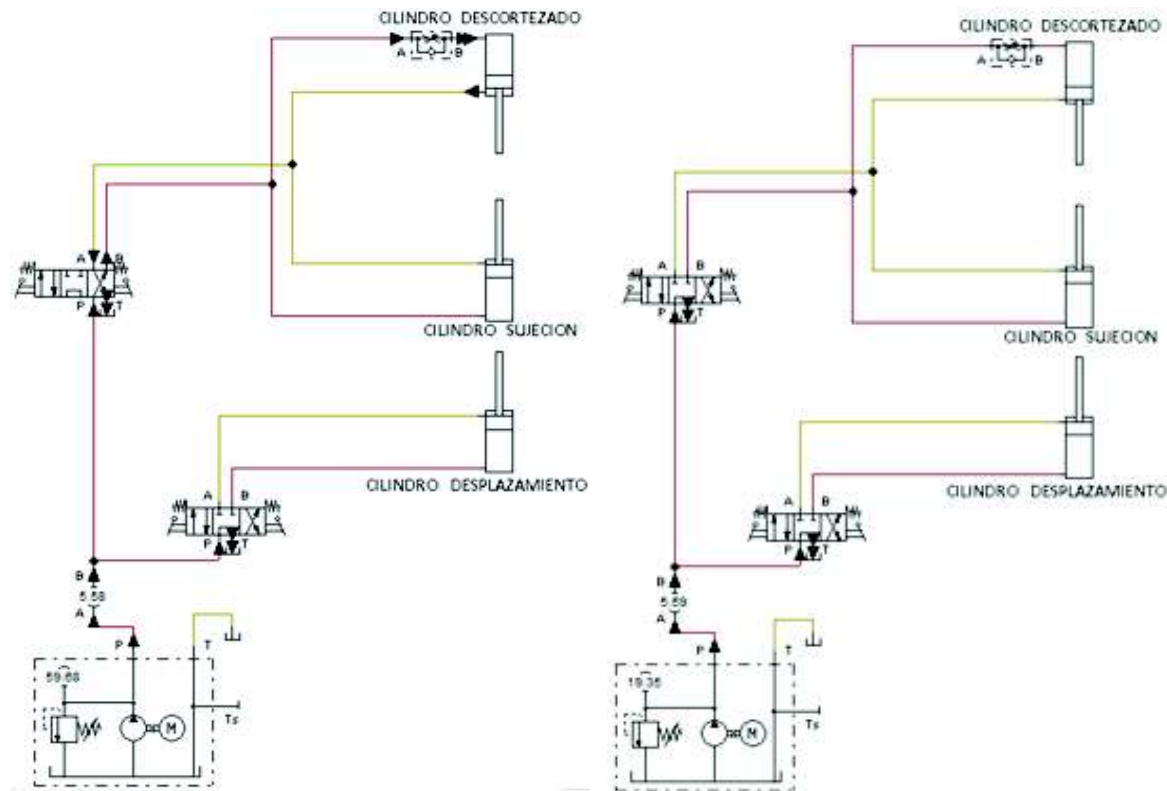


Figura 3.52. Sistema en despliegue del cilindro descortezado.
(Fuente: propia)

Una vez concluido el proceso de descortezado. En la figura 3.53 se muestra la acción cuando el operario acciona la palanca A hacia la posición a1 con lo cual se realiza la retracción del cilindro de descortezado y de sujeción, provocando la liberación de la fibra descortezada.

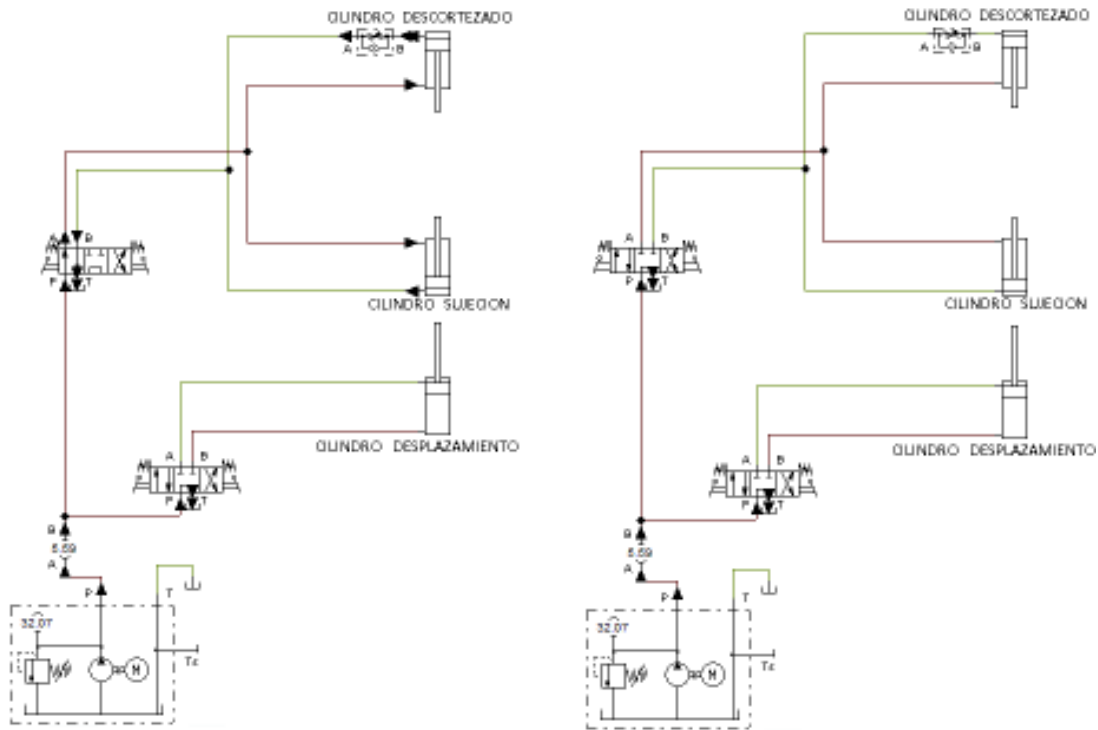


Figura 3.53. Retracción de cilindros de sujeción y descortezado.
(Fuente: propia)

Para poder retirar el producto desfibrado el operador debe activar la palanca B hacia la posición a2 para realizar la retracción del cilindro de desplazamiento con el fin de poder retirar el coco y la fibra de la base. En la figura 3.54 se muestra los cilindros retraídos.

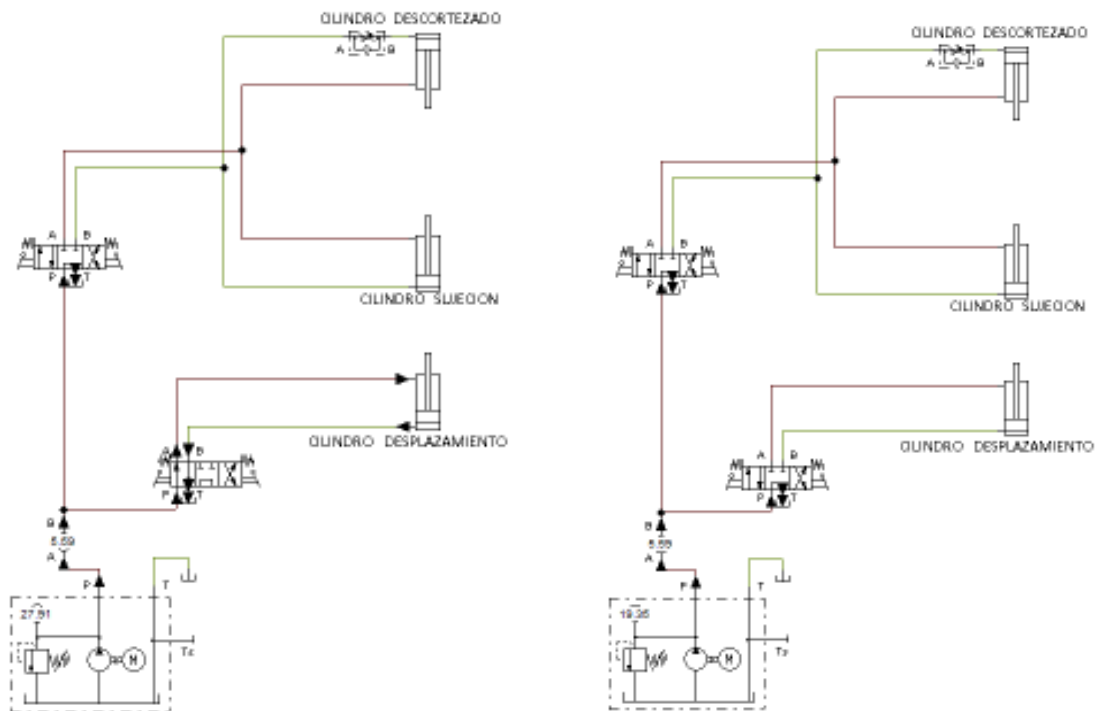


Figura 3.54. Sistema en retracción del cilindro desplazamiento.
(Fuente: propia)

3.4.3. Diseño y selección del sistema eléctrico

El diseño para el funcionamiento del sistema eléctrico incluyendo la selección del motor, contactor y guardamotor. Parte del arranque del motor, dicho arranque es de tipo instantáneo para generar presión desde la activación del sistema. La protección principal del sistema es por medio de un guardamotor. Con el fin de proteger al sistema de potencia contra cortocircuitos y sobrecargas. El sistema contiene el arranque instantáneo del motor, con una alimentación de 220 V, el guardamotor (relé térmico) y contactor.

3.4.3.1. Esquema eléctrico

El diagrama eléctrico del equipo muestra el montaje, la conexión del sistema y sus diversos elementos, se puede observar en la figura 3.55. Los contactos del pulsador ON como del contactor K1 se encuentran abiertos. En la tabla 3.17 se detalla los elementos que configuran el sistema eléctrico del equipo descortezador.

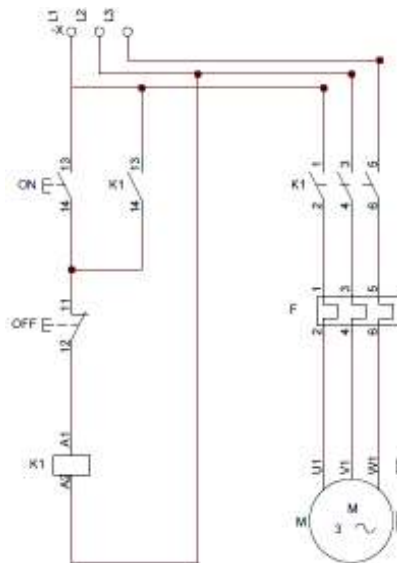


Figura 3.55. Diagrama eléctrico de la descortezadora.
(Fuente: propia)

Tabla 3.17. Detalle de materiales eléctricos.

Lista de Materiales		
Ítem	Cantidad	Descripción
ON	1	Botón encendido
OFF	1	Botón apagado
K1	1	Contactador trefilar 10 [A]
F	1	Relé térmico 4-6 [A]
M	1	Motor trifásico 2 [HP]

(Fuente: propia)

3.4.3.2. Descripción de funcionamiento del sistema eléctrico

En la figura 3.56 se observa cuando el operador al presionar en la botonera exterior el pulsador ON del sistema se cierra el circuito energizando el contactor K1.

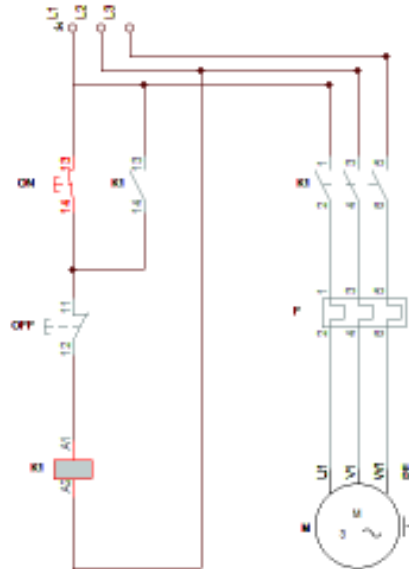


Figura 3.56. Diagrama eléctrico pulsado ON.
(Fuente: propia)

Energizado el contactor K1, los contactos de este elemento cambian de estado, cerrando los que están abiertos y abriendo los que se encontraban cerrados. Debido al cambio de estado de los contactos, el contacto de control enclava al contactor como se aprecia en la figura 3.57. Los contactos de potencia energizan al motor con lo cual este genera movimiento rotativo.

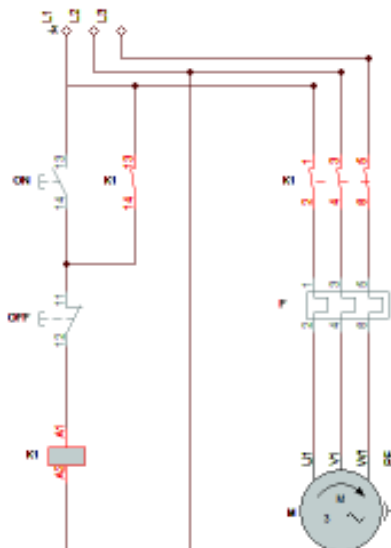


Figura 3.57. Diagrama eléctrico soltar ON.
(Fuente: propia)

Al presionar el pulsador OFF de la botonera exterior se corta el flujo de corriente hacia el contactor con lo que los contactos vuelven a su estado inicial como se observa en la figura 3.58. Como consecuencia de la acción anterior el motor se apaga.

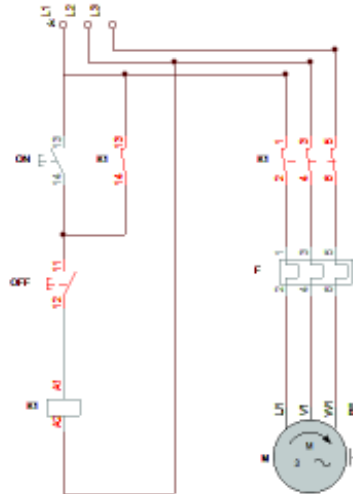


Figura 3.58. Diagrama eléctrico presionar OFF.
(Fuente: propia)

El contacto F que se aprecia en la figura 3.59, es un contacto normalmente cerrado NC que pertenece al relé térmico, cuando este elemento se acciona (existe sobre corrientes mayores a la establecida), este contacto se abre y como consecuencia desenergiza el circuito. Tanto el pulsador OFF como el contacto F cumplen una misma función, pero se accionan de distinta forma.

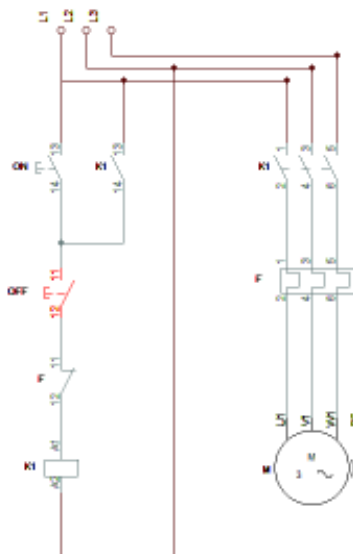


Figura 3.59. Diagrama eléctrico soltar OFF.
(Fuente: propia)

3.4.3.3. Motor

Para la selección del motor del equipo descortezador se parte de la carga de trabajo o potencia determinada de 1,1 hp. El ciclo de trabajo será continuo. Las condiciones de la red de alimentación utilizarse será con corriente alterna con la cual se obtiene un rendimiento promedio del 90%. La velocidad del motor será constante y el proceso de arranque instantáneo. El motor reutilizado cumple con los requerimientos de diseños es de marca SIEMENS, código 1LA3096-4AA71, y posee mayor capacidad de la potencia determinada con 1,5KW (2 Hp) de potencia, funciona con corriente alterna de 220 voltios trifásica. Como características principales tiene una corriente nominal de 6,6 A, frecuencia de 60 Hz, velocidad angular de 1415 rpm, factor de potencia $\cos \phi$ 0,79 y factor de servicio de 1,25. La figura 3.60 muestra el motor acoplado a la bomba mediante un sistema de acoplamiento torsional lovejoy.



Figura 3.60. Motor SIEMENS 1LA3096-4AA71.
(Fuente: propia)

3.4.3.4. Elementos eléctricos

En función de las características del motor y de la corriente nominal de 6.6 A y el voltaje de 220 V trifásica requerida se seleccionara los contactores y la protección del relé de sobrecargas. Se selecciona un conjunto modelo 22AF contiene: contactor, relé de sobrecarga, contactores de encendido y apagado, adicionalmente en la tapa frontal cuenta con dos botones verde y rojo de encendido y apagado respectivamente los cuales accionan los pulsadores. El modelo de la figura 3.61 contiene un contactor marca LS, código MC-18b, 220 V, número de polos 3, corriente operacional 18 A, frecuencia nominal 50/60 Hz, tensión nominal conectada 220 V soportada sobre picos hasta 6Kv y potencia de la carga 4,5KW.

El guardamotor sirve para proteger el motor de sobrecargas y cortocircuitos. La configuración para el set se determina del producto de la corriente del motor 6.6 A por el factor de seguridad, para este caso es de aproximadamente 8 A.

La corriente de operación se programa en 6 A paro automático cuando exceda la corriente establecida. El guardamotor seleccionado es el correspondiente al relé de sobrecarga marca LS, código MT-32/3H, 32 A, tipo de relé 32 AF, rango de ajuste de corriente 4 a 6 A.



Figura 3.61. Conjunto eléctrico 22AF.
(Fuente: propia)

3.5. Desplazamientos angulares y fuerzas aplicadas

Concluido el diseño de los sistemas de sujeción, desplazamiento vertical y descortezado, junto con el bastidor y la selección de los elementos constitutivos del sistemas hidráulico y eléctrico, se esquematiza la maquina final obtenida. En la figura 3.62 se muestra el esquema de la descortezadora.



Figura 3.62. Esquema de la descortezadora.
(Fuente: propia)

3.5.1. Desplazamientos angulares sistema de sujeción

La determinación de los desplazamientos angulares se realiza por medio del método de Euler donde se obtiene la ecuación para los desplazamientos angulares θ_1 y θ_2 variables que se encuentran en función de la carrera del cilindro. En la figura 3.63 se muestra las variables definidas del sistema.

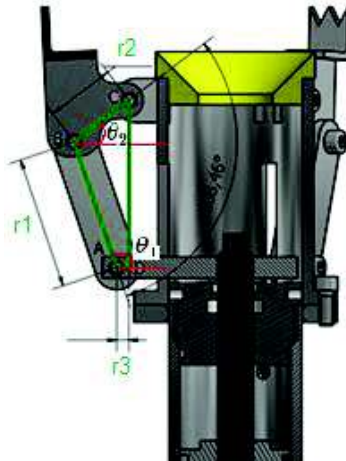


Figura 3.63. Asignación de variables mecanismo de sujeción.
(Fuente: propia)

La función para determinar el desplazamiento angular θ_2 se muestra en la ecuación 3.2. En la figura 3.64 se muestra la curva definida por el desplazamiento angular de θ_2 en función de la carrera. Para el caso de la carrera 0, el ángulo determinado es de $37,17^\circ$ y para la carrera total de 39,90 mm será de $337,85^\circ$ respecto del eje x.

$$r_3 = r_1 * \cos\left(\theta_2 + \arccos\left(\frac{r_3^2 + r_4^2 - r_1^2 - r_2^2}{2 * r_1 r_2}\right)\right) + r_2 * \cos(\theta_2)$$

Ecuación 3.2. Función para determinar θ_2 del sistema de sujeción.

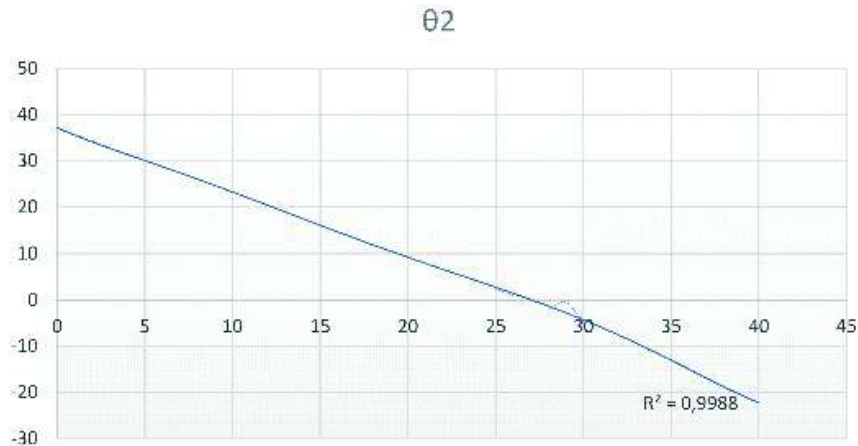


Figura 3.64 Variación angular θ_2 vs. Carrera del sistema de sujeción.
(Fuente: propia)

La función para determinar el desplazamiento angular θ_1 se lo realiza a partir de la ecuación 3.3. En la figura 3.65 se muestra la curva definida por el desplazamiento angular de θ_1 en función de la carrera para el caso de la carrera 0 el ángulo determinado es de 108.70° y para la carrera total de 39.90 mm será de 112.80° respecto del eje x.

$$\theta_1 = \theta_2 + \arccos\left(\frac{r_3^2 + r_4^2 - r_1^2 - r_2^2}{2 * r_1 r_2}\right)$$

Ecuación 3.3. Función para determinar θ_1 del sistema de sujeción.

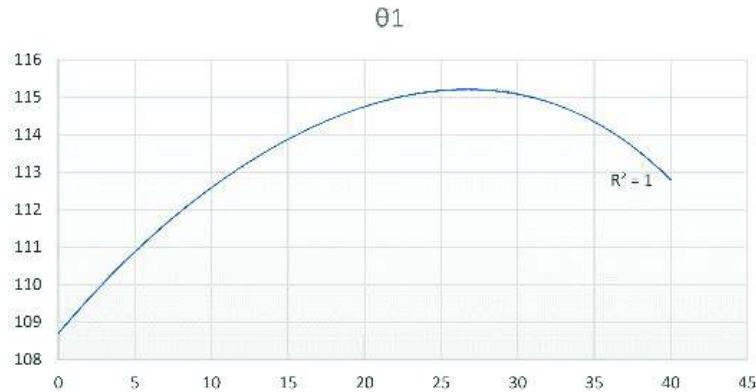


Figura 3.65. Variación angular θ_1 vs. Carrera del sistema de sujeción.
(Fuente: propia)

3.5.2. Fuerza aplicada al sistema de sujeción

El análisis de fuerza se realiza al final de la carrera del cilindro de sujeción, la fuerza determinada será ejercida por las muelas del bastidor. En la figura 3.66 se muestra la asignación de variables.

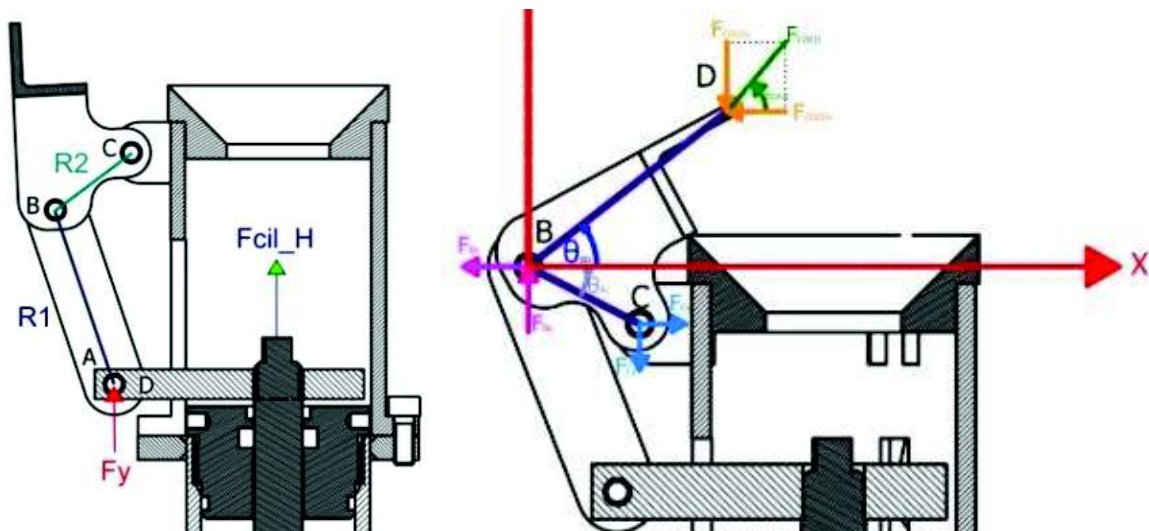


Figura 3.66. Variables cálculo de fuerza.
(Fuente: propia)

El cálculo de la fuerza resultante para la sujeción del coco se obtiene a partir de la ecuación 3.4, cuando el cilindro tiene una carrera de 39.90 mm, la fuerza radial resultante aplicada al coco en la sujeción será de 3700 N.

$$F_{Bx} * BC * \sin(\theta_{BC}) - F_{By} * BC * \cos(\theta_{BC}) + F_{coco_x}(F_{coco}) * (BD * \sin(\theta_{BD}) + BC * \sin(\theta_{BC})) - F_{coco_y}(F_{coco}) * (BD * \cos(\theta_{BD}) - BC * \cos(\theta_{BC})) = 0$$

Ecuación 3.4 Función para determinar Fcoco sujeción.

3.5.3. Desplazamientos angulares sistema de descortezado

La determinación de los desplazamientos angulares del sistema de descortezado se realiza por medio del método de Euler empleado en el anterior sistema, donde se obtiene la ecuación para los desplazamientos angulares variables θ_2 y θ_4 determinados por las dos barras con el eje x, los cuales se encuentran en función de la carrera del cilindro. En la figura 3.67 se muestra las variables definidas del sistema.

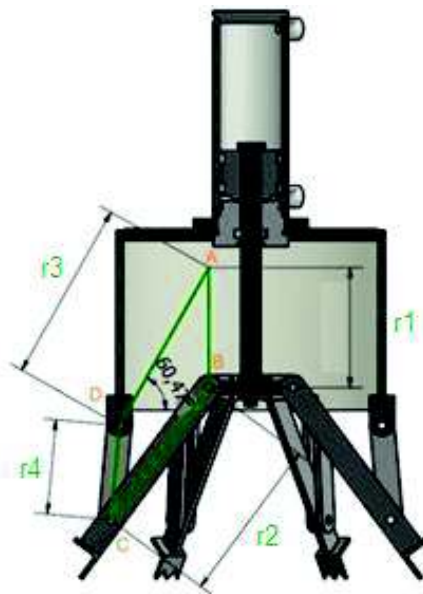


Figura 3.67. Asignación de variables mecanismo de descortezado.
(Fuente: propia)

Las funciones para determinar los desplazamientos angular θ_2 y θ_4 se muestran en la ecuación 3.5.

$$r_2 * \cos(\theta_2) = r_4 * \cos(\theta_4) + r_3 * \cos(\theta_3)$$

$$r_2 * \sin(\theta_2) + r_1 = r_4 * \sin(\theta_4) + r_3 * \sin(\theta_3)$$

Ecuación 3.5. Función para determinar θ_2 y θ_4

Los desplazamientos angulares θ_2 y θ_4 determinados con el eje de las x definidos para las carreras de 0, 30, 60, 90 y 120 mm se muestran en la tabla 3.18.

Tabla 3.18. Variaciones angulares θ_2 y θ_4 .

Carrera (mm)	Desplazamiento θ_2 (°)	Desplazamiento θ_4 (°)
0	91,82	175,83
30	89,31	157,09
60	82,74	136,27
90	71,00	112,13
120	53,49	84,76

(Fuente: propia)

En la figura 3.68 y 3.69 se muestran las curvas definidas para los desplazamientos angulares de θ_2 y θ_4 en función de la carrera. De requerirse más datos se debe referirse a la parte de Anexo I memoria de cálculo.

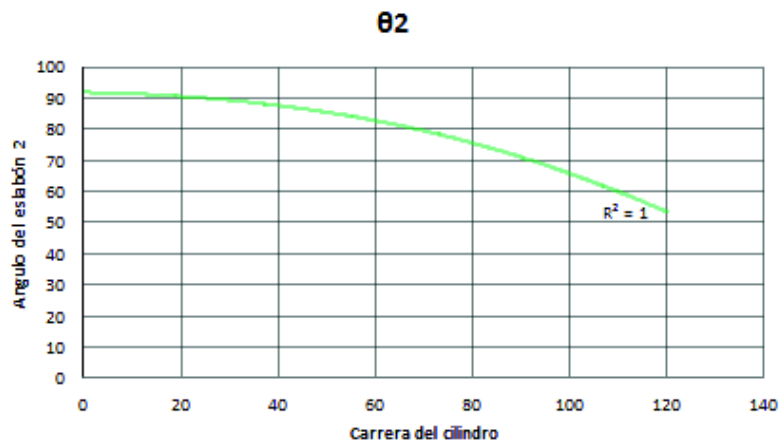


Figura 3.68. Variación angular θ_2 vs. Carrera mecanismo de descortezado.
(Fuente: propia)

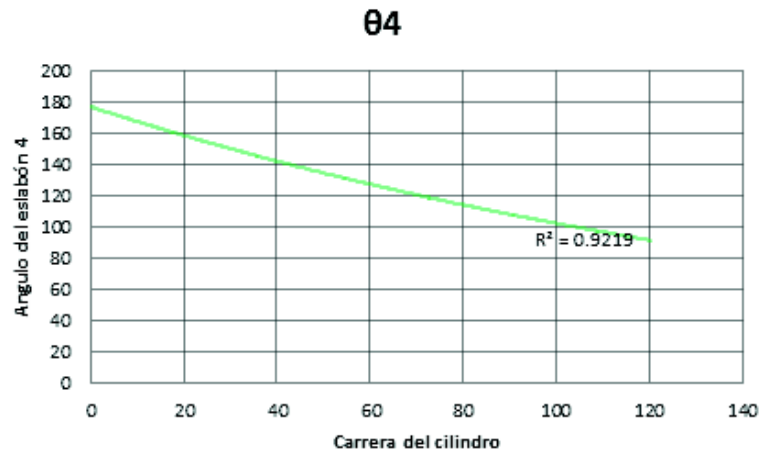


Figura 3.69. Variación angular θ_4 vs. Carrera mecanismo de descortezado.
(Fuente: propia)

3.6. Diseño estructural

En esta sección se realizara la verificación de los elementos definidos para los sistemas de sujeción, descortezado y desplazamiento vertical de la descortezadora. Se realizara el diseño por resistencia última y a la fatiga de los componentes principales.

3.6.1. Diseño por resistencia ultima (estático)

Se realiza el análisis estático de los mecanismos de sujeción y descortezado. En el anexo I se encuentra la memoria de cálculo referente al diseño de los elementos principales de los sistemas. A continuación se detalle como ejemplo de cálculo el análisis realizado al mecanismo de sujeción.

Se realiza el diagrama de cuerpo libre del sistema, asignando las fuerzas externas por eslabones y de acuerdo a los tipos de apoyos. En la figura 3.70 se representa las fuerzas actuantes en los elementos del sistema de sujeción.

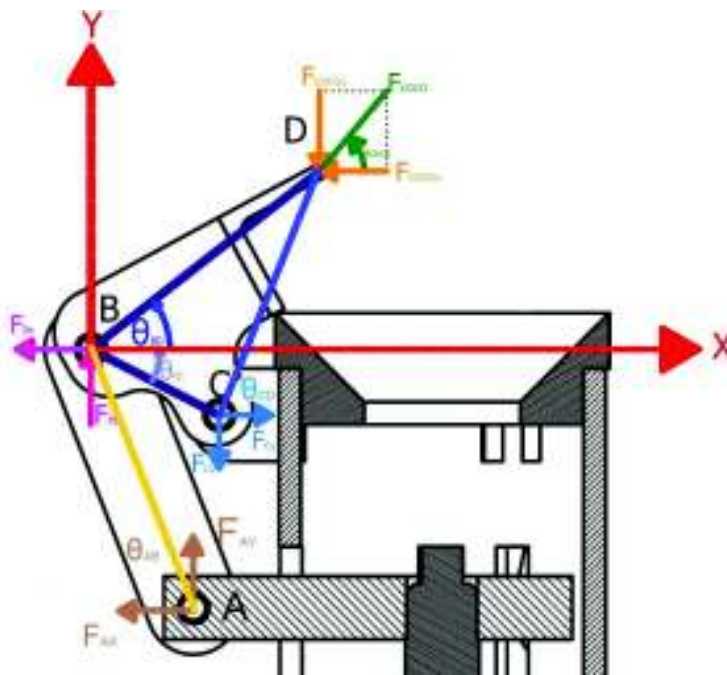


Figura 3.70. Diagrama de cuerpo libre del sistema de sujeción.
(Fuente: propia)

Para la determinación del valor de las fuerzas se realiza la sumatoria de las fuerzas en el eje de las x, y adicionalmente del momento en un eslabón para nuestro sistema en el eslabón C. En la ecuación 3.6 se detalla las tres ecuaciones obtenidas de la sumatoria de fuerzas y el momento.

$$F_{AX} = F_{CX} - F_{cocoX}$$

$$F_{AY} = F_{CY} + F_{cocoY}$$

$$F_{cocoY} * (dCD * \cos(\theta_{CD})) - F_{cocoX} * (dCD * \sin(\theta_{CD})) + F_{AX} * (dAC * \sin(\theta_{AC})) + F_{AY} * (dAC * \cos(\theta_{AC})) = 0$$

Ecuación 3.6 Sumatorias de fuerzas y momento del mecanismo de sujeción.

Se procede a realizar el mismo procedimiento con el elemento AB, obteniendo tres ecuaciones adicionales. En la figura 3.71 se representa las fuerzas actuantes en la barra AB.

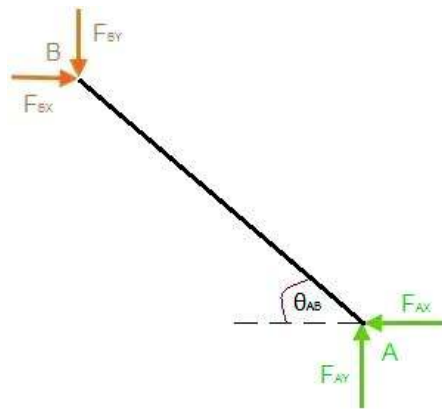


Figura 3.71. Diagrama de cuerpo libre de la barra AB.
(Fuente: propia)

En la ecuación 3.7 se detalla las tres ecuaciones obtenidas de la sumatoria de fuerzas en x, y en conjunto con el momento en el eslabón B.

$$F_{AX} = F_{BX}$$

$$F_{AY} = F_{BY}$$

$$F_{AY} = F_{AX} * \tan(\theta_{AB})$$

Ecuación 3.7. Sumatorias de fuerzas y momento de la barra AB.

Del sistema de ecuación se obtiene una ecuación para el cálculo de la fuerza F_{AX} . Con el valor determinado se reemplaza en las ecuaciones obteniendo las demás fuerzas.

$$F_{AX} = \frac{F_{cocoY} * (dCD * \cos(\theta_{CD})) - F_{cocoX} * (dCD * \sin(\theta_{CD}))}{(dAC * \sin(\theta_{AC})) + \tan(\theta_{AB}) * (dAC * \cos(\theta_{AC}))}$$

Ecuación 3.8. Determinación de la fuerza F_{AX} .

En la tabla 3.19 se enlista los valores obtenidos en base al valor de la fuerza vertical de entrada para la sujeción del coco determinada en los ensayos de laboratorio con un valor $F_{\text{cocoY}} = 1691 \text{ N}$, correspondiente a una de las tres barras del sistema de sujeción.

Tabla 3.19. Fuerzas del mecanismo de sujeción.

Fuerzas	Valores (N)
F_{AX}	1050,7683
F_{AY}	2494,8022
F_{BX}	1050,7683
F_{BY}	2494,8022
F_{CX}	2381,4541
F_{CY}	803,8022

(Fuente: propia)

Se realiza la proyección de las fuerzas al eje de simetría AB, del elemento que va ser analizado respecto a la resistencia del material y su geometría. En la tabla 3.20 se enlista los valores obtenidos de las fuerzas de los eslabones A y B proyectadas. La sumatoria de las fuerzas en los eslabones A y B se dividen para tres ya estas fuerzas determinadas para cada eslabón actúan en los tres barras que concurren a ese punto.

Tabla 3.20. Fuerzas proyectadas de la barra AB.

Carrera (mm)	Desplazamiento $\theta 2$ (°)
F_{AXx}	-407,8653
F_{AXy}	-968,3801
F_{AYx}	-2299,1907
F_{AYy}	968,3801
F_{BXx}	407,8653
F_{Bxy}	968,3801
F_{BYx}	2299,1907
F_{BYy}	-968,3801
ΣF_{Ax}	902,352
ΣF_{Ay}	0
ΣF_{Bx}	-902,352
ΣF_{By}	0

(Fuente: propia)

De los resultados obtenidos se determina que el elemento AB está sometido a esfuerzos de compresión. Estos esfuerzos se aplican en el área de la sección proyectada por la sección circular donde se aloja el pasador y tiene un valor de 48 mm^2 y se procede a determinar el esfuerzo requerido de $18,79 \text{ MPa}$, el cual actúa sobre la barra AB.

El esfuerzo a la fluencia del acero ASTM A36 es 248 MPa: lo cual da un factor de seguridad de 13,20 comprobándose la correcta elección del material y establecimiento de dimensiones.

3.6.2. Verificación de los pernos del sistema de sujeción.

Se realiza la verificación de la resistencia de los pernos en los eslabones A y B. Se parte con el valor de la fuerza resultante del eslabón B de 2707,056 N y el área de esfuerzo a la tensión para un perno M8x1.25 de 36,6 mm², obteniendo un valor de esfuerzo promedio de 36,98 MPa, la formula aplicada es para un perno sometido a cortante doble.

En base al valor del esfuerzo permisible para este perno de 240 MPa se realiza una comparación con el valor promedio determinado, obteniendo un factor de seguridad de 6,49 con lo cual el perno cumple con los requerimientos de diseño.

3.6.3. Verificación de la esbeltez de vástago de desplazamiento

El equipo dispone de tres cilindros hidráulicos de los cuales el vástago del cilindro de desplazamiento vertical es el que posee mayor longitud y requerimiento de carga.

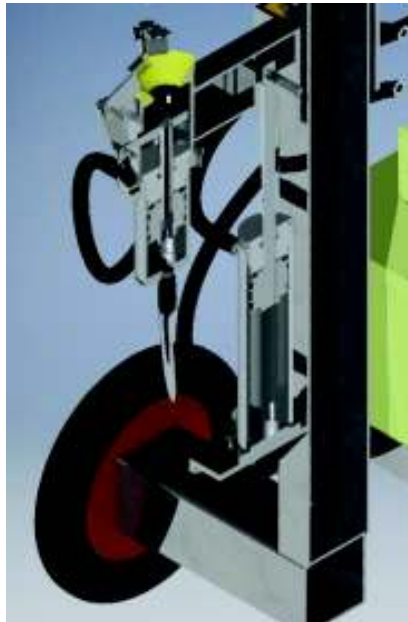


Figura 3.72. Seccionamiento del vástago de desplazamiento vertical.
(Fuente: propia)

El vástago está fabricado de acero AISI 1045, con esfuerzo a la fluencia $\sigma_y = 30 \text{ kg/mm}^2$; con un factor de seguridad de 2, el esfuerzo permisible es: $F_y = 15 \text{ kg/mm}^2$.

El diámetro del vástago es de 20 mm, para verificar que no falle por pandeo se consideran las recomendaciones de la AISC en el capítulo E sección 3. La fuerza normal a compresión viene dada por: (ANSI/AISC 360-05, 2005)

$$P_n = F_{cr} * A_g$$

Ecuación 3.9. Fuerza normal a compresión

Donde P_n es la fuerza axial nominal, F_{cr} es el esfuerzo crítico y A_g el área transversal. Para calcular F_{cr} se debe considerar:

Cuando: $\frac{KL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_{cr} = \left[0,658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y \quad (a)$

$$\frac{KL}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_{cr} = 0,877 F_e \quad (b)$$

Ecuación 3.10. Consideraciones para el cálculo de F_{cr} .

Donde K es el factor de longitud efectiva, L es la longitud efectiva del elemento, r el radio mínimo de giro del elemento, E el módulo de elasticidad del material, F_y es el esfuerzo de fluencia a compresión y F_e el esfuerzo elástico crítico. Para este caso se tienen los siguientes valores:

- K= 1 (por tipo de apoyo)
- L= 179.90 mm (carrera del vástago)
- r= 5 mm (radio mínimo de giro)
- E= 20000000000 kg/mm² (módulo de elasticidad)
- F_y = 15 kg/mm²

El valor de F_e se obtiene de la siguiente relación: (ANSI/AISC 360-05, 2005)

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{K * L}{r} \right)^2}$$

Ecuación 3.11. Fuerza normal a compresión

Reemplazando valores se obtiene un $F_e = 152,25 \text{ kg/mm}^2$

$$\frac{KL}{r} = 35,98 \quad 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 171,985$$

Para el cálculo de F_{cr} se considera la ecuación a donde $F_{cr} = 14,3949 \text{ kg/mm}^2$ y área transversal $A_g = 314,159 \text{ mm}^2$. Se obtiene la carga crítica que soportara el cilindro de $P_n = 4522,29 \text{ kg}$.

Se determina la carga a la cual está sometido el cilindro sumando el valor de la carga para el descortezado más el peso de la estructura inferior con un valor de 1060.kg, por lo cual se determina que el vástago no fallara por pandeo y cumple con los requerimientos del sistema.

3.6.4. Diseño a fatiga (componentes principales)

Se realiza el diseño por resistencia a la fatiga de los componentes de los sistemas de sujeción y descortezado. En el anexo I se encuentra la memoria de cálculo referente al diseño por fatiga de los elementos principales de los sistemas. A continuación se detalle como ejemplo de cálculo el análisis realizado al mecanismo de sujeción.

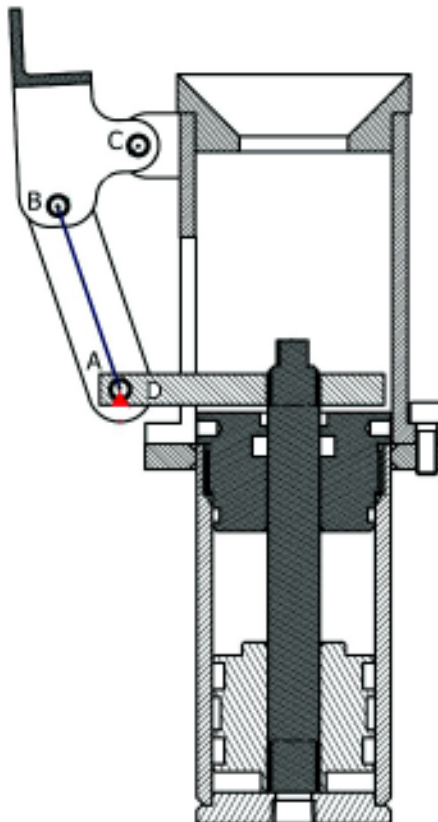


Figura 3.73. Barra AB análisis resistencia a la fatiga
(Fuente: propia)

Se realizara el análisis del diseño por fatiga de la barra AB del mecanismo de sujeción, la cual está fabricada de acero AISI A36, con esfuerzo a la fluencia $S_y = 250 \text{ MPa}$; la

resistencia a la tensión mínima es: $S_{ut} = 400$ MPa. Para verificar la resistencia por fatiga se consideran los criterios de diseño en ingeniería mecánica de Shigley, 9na edición capítulo 6 fallas por fatiga resultantes de carga variable.

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * S_e'$$

Ecuación 3.12. Límite de resistencia a la fatiga Joseph Marín

Donde S_e es el límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de maquina en la geometría y condición de uso, S_e' es el límite de resistencia a la fatiga y k_a es el factor de modificación de la condición superficial, k_b es el factor de modificación del tamaño, k_c es el factor de modificación de la carga, k_d es el factor de modificación de la temperatura, k_e es el factor de confiabilidad. Para calcular S_e' se debe considerar:

$$\begin{aligned} S_e' &= 0.504 * S_{ut} & S_{ut} &\leq 1400 \text{ MPa} \\ S_e' &= 700 \text{ MPa} & S_{ut} &> 1400 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Ecuación 3.13. Consideraciones para el cálculo de S_e'

Donde S_e' tiene un valor de 201.6 MPa. Para este caso se tienen los siguientes valores:

$$\begin{aligned} k_a &= 0.781 \text{ (para acero laminado en caliente)} \\ k_b &= 1.026 \text{ (barra rectangular } d_e = 6 \text{ m} < 10 \text{ mm)} \\ k_c &= 0.923 \text{ (carga axial resistencia ultima a tensión } < 1520 \text{ MPa)} \\ k_d &= 1.010 \text{ (temperatura de } 50 \text{ }^\circ\text{C)} \\ k_e &= 1.000 \text{ (no se prevé corrosión ni otros factores)} \end{aligned}$$

Se determina el valor de S_e de 150.65 MPa, se tiene un valor del esfuerzo requerido σ_a de 18.79 MPa el cual se determinó en el cálculo de resistencia ultima para la sección de la barra AB. Con lo cual se determina que el esfuerzo es menor que el límite de resistencia a la fatiga y la barra tendrá una duración infinita. Adicionalmente se determina el número de ciclos a la falla de $1.47 * 10^{13}$



3.7. Costos de fabricación

Los costos determinados para el proyecto son de dos tipos correspondientes a la parte de ingeniería y a la construcción, dentro este último se considera los materiales y la mano de obra. Hay que considerar que el costo total para la producción de un prototipo es mayor a la de un equipo de línea de producción.

3.7.1. Costos de materiales y mano de obra

Los costos de materiales incluyen elementos para la fabricación y constitución de los cilindros, bastidor, sistemas de sujeción, descortezado y desplazamiento vertical. El costo de mano de obra incluye energía, uso de máquinas y herramientas y transporte de materiales. Otros costos son de los elementos prefabricados.

Tabla 3.21. Costo de construcción de los cilindros.

Costo de construcción por cilindro		
 <p>Cilindro de Sujeción</p>	Armado y Pruebas	\$ 50.00
	Camisa $\text{Øint } 63 \times \text{Øext } 75 \times 150 \text{ mm}$	\$ 70.00
	Eje $\text{Ø } 20 \times 187 \text{ mm}$	\$ 50.00
	Tapa $\text{Ø } 80 \times 60 \text{ mm}$	\$ 40.00
	Contratapa $\text{Ø } 80 \times 20$	\$ 15.00
	Pistón $\text{Ø } 80 \times 60 \text{ mm}$	\$ 50.00
	Kit de sellos $\text{Ø}20 \times \text{Ø}63$	\$ 70.00
	Brida para montaje $\text{Øint } 70 \times \text{Øext } 120 \times 20$	\$ 40.00
	Neplo 3/8 NPT	\$ 5.00
	Jig macho 3/8 NPT	\$ 30.00
	TOTAL	\$ 420.00
 <p>Cilindro de Descortezado</p>	Armado y Pruebas	\$ 50.00
	Camisa $\text{Øint } 63 \times \text{Øext } 75 \times 240 \text{ mm}$	\$ 140.00
	Eje $\text{Ø } 20 \times 276 \text{ mm}$	\$ 100.00
	Tapa $\text{Ø } 80 \times 60 \text{ mm}$	\$ 40.00
	Contratapa $\text{Ø } 80 \times 20$	\$ 15.00
	Pistón $\text{Ø } 80 \times 60 \text{ mm}$	\$ 50.00
	Kit de sellos $\text{Ø}20 \times \text{Ø}63$	\$ 70.00
	Brida para montaje $\text{Øint } 70 \times \text{Øext } 120 \times 20$	\$ 40.00
	Neplo 3/8 NPT	\$ 10.00
	Jig macho 3/8 NPT	\$ 30.00
	TOTAL	\$ 545.00
 <p>Cilindro de Desplazamiento</p>	Armado y Pruebas	\$ 50.00
	Camisa $\text{Øint } 63 \times \text{Øext } 75 \times 300 \text{ mm}$	\$ 180.00
	Eje $\text{Ø } 20 \times 355 \text{ mm}$	\$ 150.00
	Tapa $\text{Ø } 80 \times 60 \text{ mm}$	\$ 40.00
	Contratapa $\text{Ø } 80 \times 20$	\$ 15.00
	Pistón $\text{Ø } 80 \times 60 \text{ mm}$	\$ 50.00
	Kit de sellos $\text{Ø}20 \times \text{Ø}63$	\$ 70.00
	Brida para montaje $\text{Øint } 70 \times \text{Øext } 120 \times 20$	\$ 40.00
	Neplo 3/8 NPT	\$ 10.00
	Jig macho 3/8 NPT	\$ 30.00
	TOTAL	\$ 635.00
Costo total manufactura cilindros hidraulicos		\$ 1,600.00

(Fuente: propia)

Los costos detallados en la tabla 3.20 son los cuales se han incurrido para la fabricación, ensamblaje y prueba de los tres cilindros. Los costos mostrados en la tabla 3.21 son asignados a materiales, mano de obra utilizada para la fabricación y ensamblaje de los tres sistemas y el bastidor. El costo determinado para estos sistemas y el bastidor es de 1105 dólares.

Tabla 3.22. Costos de construcción de los sistemas y bastidor.

Costo de construcción de estructura	
 <p>Bastidor</p>	Perfil Cuadrado 100 x 100 x 5 x 2000 \$ 50.00
	Perfil Cuadrado 50 x 50 x 5 x 175 \$ 5.00
	Angulo 50 x 50 x 4 x 4000 \$ 30.00
	Platina 6mm \$ 30.00
	Garruchas \$ 20.00
	Soldadura \$ 40.00
	Mecanizado \$ 160.00
	TOTAL \$ 335.00
 <p>Mecanismo de Sujeción</p>	Brida Øint 70 x Øext 120 x 20 mm \$ 20.00
	Platina 6mm (elementos moviles) \$ 20.00
	Barra perforada \$ 30.00
	Plancha de elevacion \$ 15.00
	Angulo 30 x 30 x 4 x 200 \$ 5.00
	Elemento conico para asentar coco \$ 15.00
	Mecanizado \$ 100.00
	TOTAL \$ 205.00
 <p>Mecanismo Descortezado</p>	Platina 6mm (elementos moviles) \$ 35.00
	Barra perforada \$ 50.00
	Manzana de apertura \$ 20.00
	Angulo 30 x 30 x 4 x 200 \$ 5.00
	Pernos \$ 30.00
	Soldadura \$ 30.00
	Mecanizado \$ 150.00
	TOTAL \$ 320.00
 <p>Guia desplazamiento</p>	Perfil Cuadrado 100 x 100 x 4 x 200 \$ 5.00
	Duralon \$ 15.00
	Platina 6mm (elementos moviles) \$ 20.00
	Pernos \$ 10.00
	Soldadura \$ 15.00
	Mecanizado \$ 30.00
	TOTAL \$ 95.00
Ensamble de estructuras \$ 150.00	
Costo total manufactura sistemas y bastidor \$ 1,105.00	

(Fuente: propia)

En los costos de la tabla 3.22 se determina elementos prefabricados para la parte hidráulica como la centralina reutilizada, válvulas, manguera y los elementos eléctricos. El costo determinado para estos materiales prefabricados es de 1495 dólares.

Tabla 3.23. Costos de materiales prefabricados.

Costos materiales prefabricados	
Centralina (motor, bomba, tanque y filtro)	\$ 600.00
Arrancador 2Hp	\$ 120.00
Mando hidráulico	\$ 400.00
Mangueras	\$ 200.00
Acoples para mangueras	\$ 75.00
Regulador de caudal	\$ 50.00
Aceite	\$ 30.00
Pintura	\$ 20.00
Costo total materiales prefabricados	\$ 1495.00

(Fuente: propia)

3.7.2. Costo de ingeniería

El costo de ingeniería abarca planos estructurales de detalle y análisis de cargas. Se debe considerar que al desarrollarse una producción en línea, este costo será dividido entre el número de equipos a fabricar. El valor asignado será de 250 USD.

3.7.3. Costo total

Una vez determinado los costos del proyecto, se considera todos los rubros que implican al costo final del producto y finalmente se establece el costo final del producto. El costo total del proyecto se indica en la tabla 3.23 y será de un valor de 4450 USD.

Tabla 3.24. Resumen de costos.

Costo total del proyecto	
Costos total manufactura de cilindros hidráulicos	\$ 1600.00
Costos de mano de obra	\$ 1105.00
Costos de materiales prefabricados	\$ 1495.00
Costos de ingeniería	\$ 250.00
Costo total del proyecto	\$ 4450.00

(Fuente: propia)

3.7.4. Retorno de la inversión inicial

Se utiliza el método de recuperación de capital de Park, Ch. Se determina el periodo de recuperación sumando los flujos de efectivo esperados para cada año hasta que la cantidad sea igual o mayor a cero. El costo total del proyecto es de 4450 USD.

Se determina el número de cocos anualmente descortezados de forma manual y con el equipo y el valor unitario por coco.

$$1 \frac{\text{coco}}{\text{min}} * 60 \frac{\text{min}}{\text{hora}} * 8 \frac{\text{hora}}{\text{día}} * 240 \frac{\text{día}}{\text{año}} = 115200 \frac{\text{coco}}{\text{año}}$$

$$2.5 \frac{\text{coco}}{\text{min}} * 60 \frac{\text{min}}{\text{hora}} * 8 \frac{\text{hora}}{\text{día}} * 240 \frac{\text{día}}{\text{año}} = 288000 \frac{\text{coco}}{\text{año}}$$

En base a un sueldo mensual de 375 dólares se determina un costo unitario por coco de 0.0390 USD de forma manual y de 0.0156 USD con el equipo. En la tabla 3.25 se detalla los ahorros anticipados en los costos.

Tabla 3.25. Ahorros anuales anticipados.

Entradas	Manual	Descortezadora	Ahorro
Descortezado 288000 cocos	\$ 11232.00	\$ 4500.00	\$ 6732.00
Mantenimiento	\$ 0.00	\$ 400.00	\$ 400.00 (-)
Aceite, lubricante y juntas	\$ 0.00	\$ 200.00	\$ 200.00 (-)
Energía eléctrica	\$ 0.00	\$ 400.00	\$ 400.00 (-)
Costo descortezado	\$ 11232.00	\$ 5500.00	\$ 5732.00

(Fuente: propia)

En la tabla 3.26 se resume el flujo de efectivo. Se dará una curva de aprendizaje al ser un equipo nuevo, se supondrá solo el 50% del total de ahorros potenciales para el primer año y del 75% para el segundo.

Tabla 3.26. Flujo de efectivo.

Periodo	Flujo de efectivo	Flujo de efectivo acumulativo
0	\$ 4450.00 (-)	\$ 4500.00 (-)
1	\$ 2866.00	\$ 1634.00 (-)
2	\$ 4299.00	\$ 2665.00
3	\$ 5732.00	\$ 8397.00

(Fuente: propia)

La inversión total del proyecto se recupera al final del segundo año. El periodo de recuperación prorrateada será de 1.38 años.

4. CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS

En el cuarto capítulo se describe a detalle sobre la construcción de los sistemas y elementos constitutivos del equipo. Se detallan los procesos de manufactura requeridos para la fabricación de los elementos diseñados y diagramados. Se realiza la selección de los elementos de control hidráulico y eléctrico. Se establece el montaje y ajuste de los elementos constitutivos de los sistemas principales con el bastidor del equipo y su incidencia en el desempeño del equipo. Para cada uno de los tres sistemas principales y el bastidor se detalla los procesos de soldadura utilizados, el tipo de ajuste determinado entre elementos. Se determina parámetros para la puesta en marcha y manipulación del equipo a la par con el tipo de mantenimiento establecido. Se determina si el equipo resultante cumple con las especificaciones determinadas en el diseño.

4.1. Construcción del sistema motriz

Para construir las partes y sistemas se parte de los planos de detalle, referirse al Anexo V. En la figura 4.1 se muestra el mapa de procesos para la construcción.

Mapa de procesos

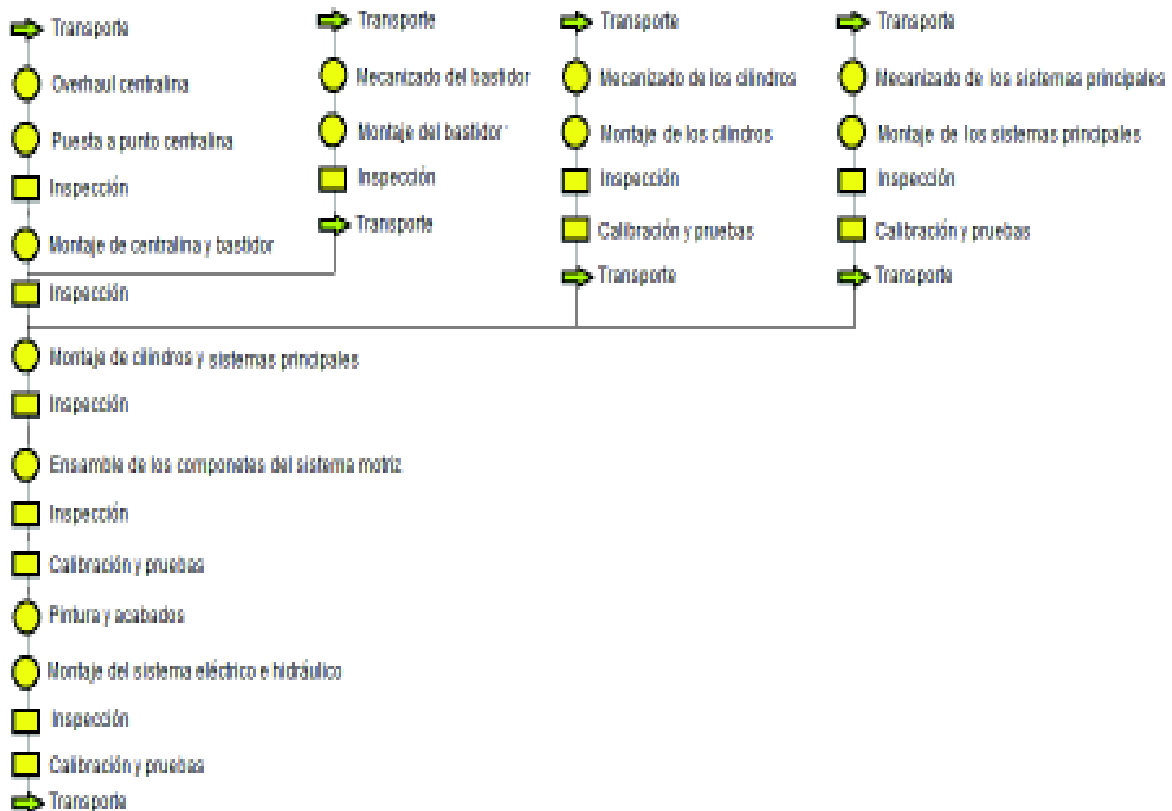


Figura 4.1. Mapa de Procesos de la descortezadora.
(Fuente: propia)

4.1.1. Construcción de las partes de los cilindros hidráulicos

4.1.1.1. Construcción de los cilindros

Se realizara la construcción en base a los planos de detalle definidos para cada cilindro, los tres cilindros poseen como material bruto tubos de diámetros iguales, los procesos de mecanizado son los mismos.

Tabla 4.1. Detalle de construcción de los cilindros.

Clasificación	Dimensiones en Bruto Material DIN E355	Dimensiones finales	Operaciones de mecanizado
Cilindro de sujeción	$\phi_e = 75 \text{ mm}$ $\phi_i = 63 \text{ mm}$ longitud: 148 mm	$\phi_e = 75 \text{ mm}$ $\phi_i = 63 \text{ mm H7}$ long: 140 mm	Se realizó procesos de mecanizado tales como: refrentado, bruñido con rugosidad H7 y roscado interior de $\phi \text{ M68x2}$ ajuste H6 en el extremo con una altura de 20mm. Al cilindro se le acopla una unión de 3/8 NPT para ingreso y salida del fluido. Esta unión se realiza bajo el proceso de soldadura GTAW - TIG
Cilindro de descortezado	$\phi_e = 75 \text{ mm}$ $\phi_i = 63 \text{ mm}$ longitud: 225 mm	$\phi_e = 75 \text{ mm}$ $\phi_i = 63 \text{ mm H7}$ long: 220 mm	
Cilindro de desplazamiento vertical	$\phi_e = 75 \text{ mm}$ $\phi_i = 63 \text{ mm}$ longitud: 285 mm	$\phi_e = 75 \text{ mm}$ $\phi_i = 63 \text{ mm H7}$ long: 280 mm	

ϕ_e : diámetro exterior, ϕ_i : diámetro interior y long: longitud

(Fuente: propia)

En la tabla 4.1 se ilustra las actividades para la construcción de los tres cilindros. En la figura 4.2 se muestra el material base utilizado para los tres cilindros y el plano de detalle para el cilindro de descortezado.



Figura 4.2. Material base y plano de detalle de los cilindros.
(Fuente: propia)

4.1.1.2. Construcción de los vástagos

En los planos de detalle para cada elemento se indica el material, dimensiones, acabados superficiales y tipo de ajuste. Los tres vástagos poseen como material bruto ejes de diámetros iguales. Los procesos de mecanizado son similares diferenciándose en el tiempo de fabricación por la longitud del eje.

Tabla 4.2. Detalle de construcción de los vástagos.

Clasificación	Dimensiones en bruto Material AISI 1045	Dimensiones finales	Operaciones de mecanizado
Vástago de sujeción	$\phi_e = 22$ mm longitud: 170 mm	$\phi_e = 20$ mm Long: 165 mm	Se realiza procesos de mecanizados tales como: refrentado, cilindrado exterior y roscado exterior de ϕ 3/4-16 UNF en los dos extremos. Para el vástago de sujeción y descortezado se realiza el fresado de un cubo en la parte inicial nos sirve para el montaje. El vástago de desplazamiento posee una perforación que servirá como rótula durante su accionamiento. Poseen un recubrimiento de cromo duro 5 micras
Vástago de descortezado	$\phi_e = 22$ mm longitud: 267 mm	$\phi_e = 20$ mm Long: 264 mm	
Vástago de desplazamiento vertical	$\phi_e = 22$ mm longitud: 345 mm	$\phi_e = 20$ mm Long: 340 mm	

ϕ_e : diámetro exterior y long: longitud

(Fuente: propia)

En la tabla 4.2 se ilustra las actividades para la construcción de los tres vástagos. En la figura 4.3 a) se muestra el material base utilizado para la construcción de los vástagos y el plano. En la figura 4.3 b) se observa el proceso de cilindrado exterior.

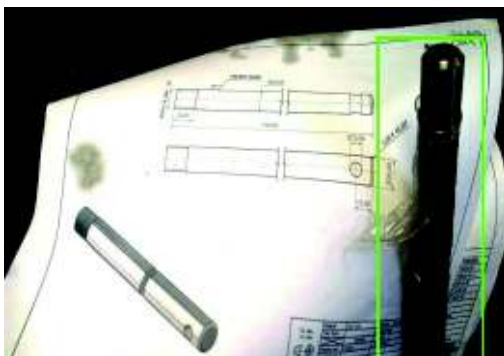


Figura 4.3. a) Material base y plano a detalle vástagos. b) Proceso de cilindrado del vástago.
(Fuente: propia)

4.1.1.3. Construcción de los pistones

En los planos de detalle se indica el material, dimensiones y tipo de ajuste. Los tres pistones son de iguales dimensiones. Los procesos de mecanizado son los mismos por cumplir el mismo desempeño. En la tabla 4.3 se detalla las actividades para la construcción de los pistones.

Tabla 4.3. Detalle de construcción de los pistones

Clasificación	Dimensiones en bruto Material AISI 1018	Dimensiones finales	Operaciones de mecanizado
Pistón sujeción	$\phi_e = 63,5 \text{ mm}$ Longitud: 65 mm	$\phi_e = 62,6 \text{ mm}$ Long: 58,1 mm	Se realiza procesos de mecanizados tales como: refrentado, cilindrado, ranurado, perforado de $\phi 20 \text{ mm}$ F8 y roscado de $\phi 3/4 - 16 \text{ UNF}$
Pistón descortezado			
Pistón desplazamiento vertical			

ϕ_e : diámetro exterior y long: longitud

(Fuente: propia)

En la figura 4.4 a) se muestra el material base para la construcción de los pistones con el plano de taller y en la figura 4.4 b) se observa el pistón ya mecanizado.

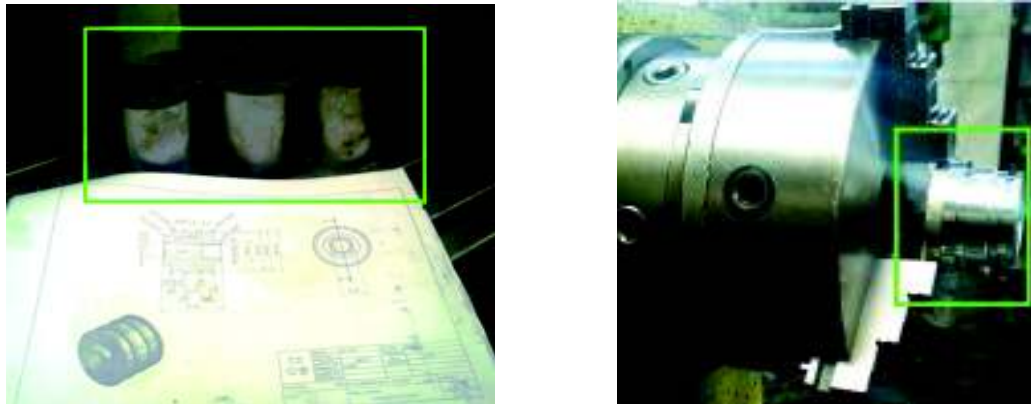


Figura 4.4. a) Material base y plano a detalle pistones. b) Proceso de ranurado.
(Fuente: propia)

4.1.1.4. Construcción de las tapas posteriores

En los planos de detalle se indica el material y dimensiones de las tres tapas. Éstas a su vez tienen detalles específicos durante el mecanizado por el tipo de accionamiento. En la tabla 4.4 se detalla las actividades para la construcción de las tapas posteriores.

Tabla 4.4. Detalle de construcción de las tapas posteriores.

Clasificación	Dimensiones en bruto Material (A36)	Dimensiones finales	Operaciones de mecanizado
Tapa posterior del cilindro de sujeción	$\phi_e = 87$ mm Longitud: 15 mm	$\phi_e = 75$ mm Long: 12 mm	Se realiza procesos de mecanizados como: refrentado, cilindrado y roscado para acoplar un bushing de ϕ 3/8 – 18 NPT
Tapa posterior del cilindro de descortezado	$\phi_e = 87$ mm Longitud: 15 mm	$\phi_e = 75$ mm Long: 12 mm	En este elemento se realiza mecanizados de refrentado, cilindrado y chaflanado
Tapa posterior del cilindro de desplazamiento vertical	$\phi_e = 105$ mm Longitud: 20 mm	$\phi_e = 100$ mm Long: 15 mm	A parte de los mecanizados de refrentado, cilindrado y chaflanado se realiza 4 perforaciones las cuales servirán de anclaje con la estructura

ϕ_e : diámetro exterior y long: longitud

(Fuente: propia)

En la figura 4.5 se muestra el material base utilizado para la construcción de la tapa posterior y el plano de detalle para la tapa posterior del cilindro.

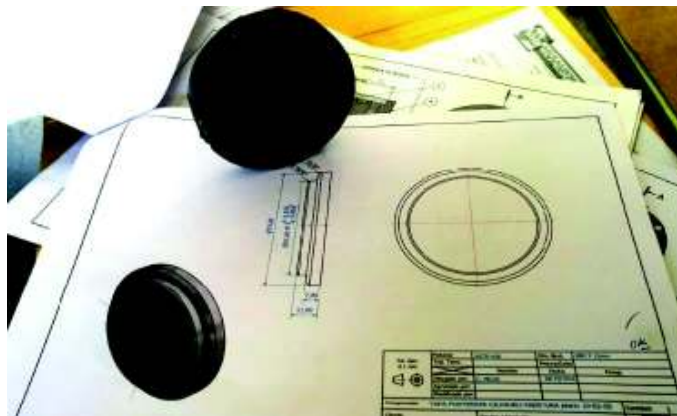


Figura 4.5. Material base y plano a detalle de las tapas posteriores.

(Fuente: propia)

4.1.1.5. Construcción de las tapas frontales

En los planos de detalle Anexo V se indica el material y dimensiones de las tres tapas frontales donde los procesos de mecanizado y dimensiones son iguales. En la tabla 4.5 se detalla las actividades para la construcción de las tapas frontales. En la figura 4.6 se muestra el producto final terminado una vez realizado el mecanizado.

Tabla 4.5. Detalle de construcción de las tapas frontales.

Clasificación	Dimensiones en bruto Material Al6063	Dimensiones finales	Operaciones de mecanizado
Tapa frontal de los cilindros de sujeción, descortezado y de desplazamiento	$\phi_e = 80$ mm Longitud: 50 mm	$\phi_e = 75$ mm Long: 46 mm	Procesos de mecanizado como: refrentado, cilindrado externo e interno dejando un ϕ 26 mm S7, ranurado y roscado M68X2.

ϕ_e : diámetro exterior y long: longitud

(Fuente: propia)



Figura 4.6 Tapa posterior.
(Fuente: propia)

4.1.1.6. Construcción de las bridas frontales

En base a los planos de detalle Anexo V se establece el material y dimensiones de las dos bridas frontales son de iguales dimensiones donde los procesos de mecanizado son los mismos. En la tabla 4.6 se detalla las actividades para la construcción de las bridas frontales.

Tabla 4.6. Detalle de construcción de las bridas frontales

Clasificación	Dimensiones en bruto Material ASTM A36	Dimensione s finales	Operaciones de mecanizado
Brida frontal del cilindro de sujeción	$\phi_e = 128$ mm Longitud: 15 mm	$\phi_e = 115$ mm Long: 10 mm	Procesos de mecanizado: refrentado, cilindrado exterior e interior de ϕ 75 E9, perforado y chaflanado para la junta soldada con el cilindro. Esta unión se realiza bajo el proceso de soldadura SMAW.
Brida frontal del cilindro de descortezado	$\phi_e = 128$ mm Longitud: 15 mm	$\phi_e = 115$ mm Long: 10 mm	

ϕ_e : diámetro exterior y long: longitud

(Fuente: propia)

En las figura 4.7 a) se muestra el material base utilizado para la construcción de la brida frontal y el plano de detalle. En la figura 4.7 b) se observa el mecanizado final que corresponde a la brida del cilindro.



Figura 4.7 a) Material base y plano brida frontal.
(Fuente: propia)



b) Brida frontal.

4.1.2. Construcción partes del mecanismo de sujeción

4.1.2.1. Construcción de la base del mecanismo de sujeción

Durante el mecanizado de este elemento se utiliza una barra perforada de ϕe 92 x ϕi 76 x 135 mm según la norma DIN E355 donde se realizan los mecanizados de refrentado, cilindrado exterior e interior y el ranurado en la parte superior e inferior con una distribución equidistante a 120 grados, se realiza el soldado en la parte inferior de este elemento de acuerdo al plano de taller Anexo V. Esta unión se realiza bajo el proceso de soldadura SMAW. En la figura 4.8 a) se indica el material y el plano de taller y en la figura 4.8 b) se visualiza la base del mecanismo de sujeción.



Figura 4.8. a) Material base y plano base.
(Fuente: propia)



b) Base mecanismo sujeción.

4.1.2.2. Construcción de la manzana del mecanismo de sujeción

Para el mecanizado de este elemento se utiliza una plancha con un corte de $\phi 92 \times 12$ mm bajo la norma ASTM A 36 donde se ejecutan mecanizados de fresado con una distribución a 120 grados y perforado en 3 puntos para el acople de las barras longitudinales por medio de pernos. En la figura 4.9 a) se muestra el material base y el plan de la manzana y en la figura 4.9 b) se muestra el mecanizado de la manzana.

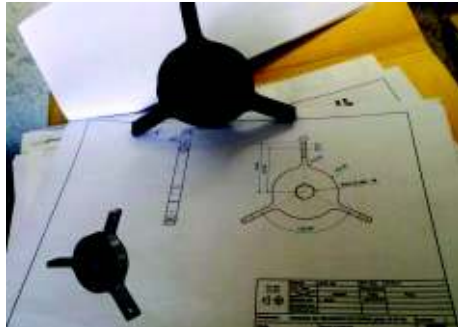


Figura 4.9. a) Material base y plano manzana. b) Proceso de fresado manzana.
(Fuente: propia)

4.1.2.3. Construcción de la copa de asiento del coco

Para este elemento se tiene un eje de diámetro 102 mm y 43 mm de longitud bajo la norma AISI 1045 donde se realiza mecanizados de refrentado, cilindrado, chaflanado y perforado de acuerdo a los planos de taller. En la figura 4.10 a) se muestra el material en bruto con el plano del elemento. En la figura 4.10 b) se observa el mecanizado final.



Figura 4.10. a) Material base y plano del asiento. b) Proceso de cilindrado del asiento.
(Fuente: propia)

4.1.2.4. Construcción de platinas del mecanismo de sujeción

Las platinas que nos permiten la unión de los elementos están realizadas con material ASTM A 36, estos a su vez fueron elaboradas mediante limado, pulido y perforado de acuerdo a los planos de taller. En la figura 4.11 se muestran las platinas y el plano.

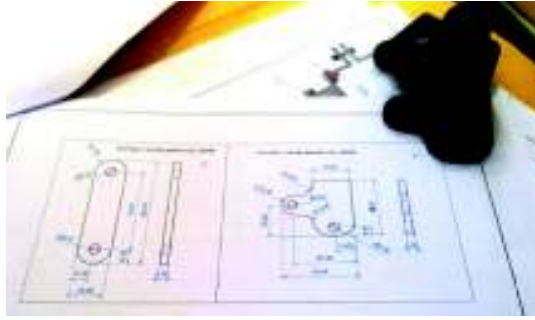


Figura 4.11. Material base y plano platinas.
(Fuente: propia)

4.1.3. Construcción partes del mecanismo de descortezado

4.1.3.1. Construcción de la base del mecanismo de descortezado

Durante el mecanizado de este elemento se utiliza un tubo de ϕ_e 250 y ϕ_i 275 x 200mm según la norma DIN E355 donde se realizan los mecanizados de refrentado, cilindrado exterior e interior y el ranurado en la parte inferior con una distribución equidistante a 60 grados de acuerdo al plano de taller. En la figura 4.12 a se observa el material y el plano de detalle para el mecanizado, previo al soldado de la tapa mediante proceso de soldadura SMAW.



Figura 4.12. Material base y plano de la base del mecanismo descortezado.
(Fuente: propia)

4.1.3.2. Construcción de la manzana del mecanismo de cierre

Para el mecanizado de este elemento se utiliza una plancha con un corte de ϕ_e 65 x 15 mm bajo la norma ASTM A36 donde se ejecutan mecanizados de refrentado cilindrado y ranurado mediante una fresadora de acuerdo al plano de taller. Se divide para 60 grados en el cabezal divisor y se recorre con la mesa transversal hacia la izquierda y derecha para elaborar las ranuras. En la figura 4.13 a) se observa el material en bruto y el plano. En la figura 4.13 b) se visualiza el mecanizado final de la manzana.



Figura 4.13. a) Material base y plano de la manzana.
(Fuente: propia)



b) Manzana de cierre.

4.1.3.3. Construcción de las platinas del mecanismo de descortezado

Las platinas que nos permiten la transmisión del movimiento están realizadas con material ASTM A 36, fueron elaboradas mediante procesos de limado y perforado de acuerdo a los planos de taller. En la figura 4.14 a se observa el material base para la elaboración de los elementos y en la figura 4.14 b se observa el plano de detalle de las platinas de descortezado.

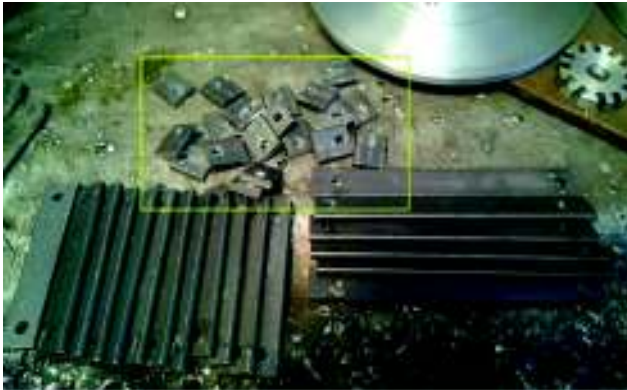
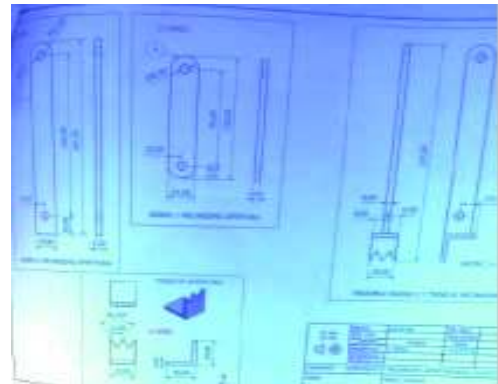


Figura 4.14. a) Material base platinas de descortezado.
(Fuente: propia)



b) Plano de detalle las platinas.

4.1.4. Construcción de las partes de la guía deslizante

4.1.4.1. Construcción de la guía deslizante

Para la construcción de este soporte se realizan tres cortes de una plancha con un espesor de 7,5 mm, la primera plancha es de 142 x 155 mm, la segunda de 155 x 65 mm y la última de 50 x 50 mm. El tipo de material es de acuerdo al catálogo ASTM A 36. En la figura 4.15 se muestra el material en bruto de las guías donde las actividades de mecanizados para la construcción de este elemento son de pulido, limado, y perforado las mismas que son unidas mediante el proceso de soldadura SMAW.



Figura 4.15. Material base de la guía deslizante.
(Fuente: propia)

En la figura 4.16 se observa el colocado de las guías de duralón en la guía deslizante mediante pernos. Se detalla mas sobre este proceso en la parte de montaje.



Figura 4.16. Guía deslizante con montaje de las guías de duralón.
(Fuente: propia)

4.1.4.2. Construcción de la guía deslizante con soporte

Para la construcción de este elemento se ocupan los mismos elementos de la guía deslizante con un acople adicional que es un tubo de 50 x 50 x 4 mm y posee una perforación para el eje de unión al vástago. El tipo de material es de acuerdo al catálogo ASTM A 36. En la figura 4.17 se indica el elemento mecanizado con una fresadora con cabezal vertical que nos sirve de acople con el mecanismo de sujeción.



Figura 4.17. Guía deslizante con soporte.
(Fuente: propia)

4.1.4.3. Construcción de la guía deslizante.

Para la elaboración de estas guías se utiliza duralón de 25 x 25 x 160 mm se realiza el mecanizado mediante fresado para desbaste y perforado que sirve de acople con las guías de metal. En la figura 4.18 se muestra el material base para las 4 guías.

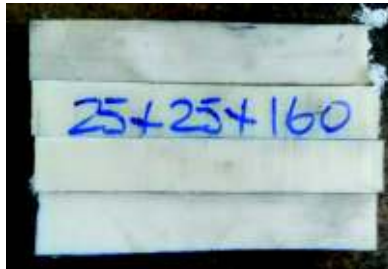


Figura 4.18. Guía deslizante de duralón.
(Fuente: propia)

4.2. Construcción del bastidor

Para construir la estructura se realizó la adquisición de un tubo cuadrado de 100 x 100 x 4 mm con una longitud de 1160 mm y otro de 195 mm de acuerdo al catálogo ASTM A36. Estos materiales fueron mecanizado de acuerdo a los planos de taller y unidas mediante el proceso de soldadura SMAW. En la figura 4.19 se encuentra la construcción parcial.



Figura 4.19. Construcción de la estructura.
(Fuente: propia)

En la estructura va colocado el soporte para el cilindro hidráulico de desplazamiento vertical donde se realiza la unión mediante el proceso de soldadura SMAW y perforado de la plancha que permita la unión con la tapa posterior del cilindro. En la figura 4.20 muestra el mecanizado de la plancha de 8 mm de espesor de acuerdo a los planos.



Figura 4.20. Construcción del soporte del cilindro de empuje.
(Fuente: propia)

En la figura 4.21 se muestra la unión de la base de la estructura con las dos tapas las cuales fueron mecanizadas para colocar los ejes que servirán de anclaje para las dos ruedas. El material en bruto mide 90 x 90 x15 mm. La unión se realiza mediante el proceso de soldadura SMAW



Figura 4.21. Soporte para las ruedas.
(Fuente: propia)

4.3. Montaje de los sistemas

Para el montaje total del equipo descortezador, se deberá realizar el acople de los sistemas constitutivos que son de tipo mecánico, hidráulico y eléctrico. Los sistemas a utilizar se enlistan a continuación.

1. Montaje de los cilindros hidráulicos.
2. Montaje del mecanismo de sujeción
3. Montaje del mecanismo de descortezado
4. Montaje del mecanismo de desplazamiento vertical
5. Montaje del bastidor
6. Montaje del sistema hidráulico
7. Montaje del sistema eléctrico

4.3.1. Montaje de los cilindros



Una vez completa la fabricación de los elementos se procede al armado de los cilindros de cierre, descortezado y de desplazamiento vertical. En la figura 4.22 se muestra los elementos constitutivos de los tres cilindros.



Figura 4.22. Elementos constitutivos de los cilindros.
(Fuente: propia)

Todos los cilindros poseen elementos constitutivos comunes tales como cilindro, vástago, pistón, tapa posterior, tapa frontal, brida frontal y sellos hidráulicos. En la tabla 4.7 se detalla los procesos y elementos necesarios para la constitución de los tres cilindros. Al finalizar el montaje se realizaran pruebas para verificar la carrera y la hermeticidad de los tres pistones.

Tabla 4.7. Detalle de montaje de los cilindros

Proceso	Gráficos
<p>Se inicia colocando los sellos hidráulicos exteriormente en el pistón e interiormente en la tapa frontal posterior untando un poco de grasa en los sellos con el objetivo de lubricar y evitar daños en los labios</p>	
<p>Una vez fabricado el cilindro se coloca la brida frontal mediante el proceso de soldadura SMAW</p>	

<p>En la tapa posterior durante el mecanizado se realizó una cavidad que permita el acople en el cilindro. Esta unión se realiza bajo el proceso de soldadura GTAW - TIG</p>	
<p>Se realiza el enroscado del vástago con el pistón, logrando el acople entre estos dos elementos</p>	
<p>Luego procedemos a colocar el ensamblaje del pistón con el vástago dentro del cilindro colocando grasa en los sellos para lograr introducir con facilidad y evitar daño en los mismos</p>	
<p>La última parte hacer ensamblada es la tapa frontal dentro del cilindro ejecutando el enroscado y el ajuste con una llave de media luna logrando tener el cilindro ensamblado.</p>	

(Fuente: propia)

Para asegurarse que los cilindros cumplan con la carrera establecida se procede a cuantificar el desplazamiento de todos los vástagos de los cilindros. Como ensayo en el cilindro de sujeción se verifica que la diferencia de medida tomada de 234.9 y 195 mm nos da una carrera de 39.90 mm la cual cumple con lo diseñado. En la figura 4.23 a y b se pueden visualizar las medidas antes mencionadas.



Figura 4.23. a) Posición inicial cilindro.

b) Posición final cilindro.

(Fuente: propia)

Cuando se termina el ensamble se realiza pruebas de comisionado que significa pruebas en el punto de trabajo sin carga. Para validar estas pruebas se realiza en tres posiciones detalladas a continuación:

1. El vástago totalmente retraído
2. El vástago totalmente extendido.
3. El pistón en el centro del cilindro.

El primer paso con el vástago totalmente retraído se prueba la hermeticidad en el neplo y en la tapa frontal dejando por unos 5 minutos a una presión de 3000 psi por especificaciones del proveedor (Meqselective).

El segundo paso con el vástago totalmente extendido donde se prueba la soldadura en el neplo y en la tapa posterior durante 5 minutos a una presión de 3000 psi por especificaciones del proveedor.

El tercer paso consiste en probar que no existan fugas internas cuando el pistón se encuentra en el centro del cilindro. Para esto se coloca un manómetro a la entrada y otro a la salida teniendo como base que la presión del área menor es mayor. Si las dos presiones se igualan o se asemejan quiere decir que existe una fuga interna.

En la figura 4.24 se muestra las pruebas realizadas a 3000 psi verificando que funcione correctamente bajo los argumentos anteriormente manifestados. La capacidad máxima de presión soportada por los tres cilindros es de 5000 psi, la cual se validó en el taller.

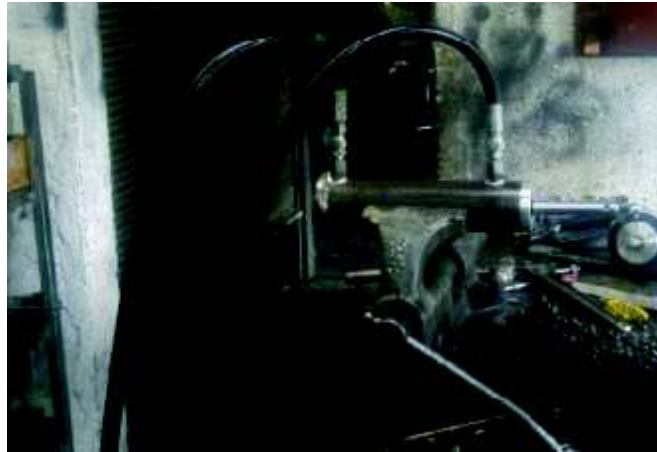


Figura 4.24. Pruebas mediante sangrado en el cilindro.
(Fuente: propia)

4.3.2. Montaje del mecanismo de sujeción

Una vez realizado los elementos del mecanismo de sujeción estos se ensamblan mediante pernos y tuercas de seguridad. Las partes a ensamblar son: base del cilindro inferior, rótula del mecanismo, cilindro de doble efecto, manzana del mecanismo de sujeción, bastidor del mecanismo de sujeción, barras o platinas lineales 1 y 2, muelas de sujeción y base de asiento del coco. En la figura 4.25 se muestra algunos elementos del sistema de sujeción.



Figura 4.25. Elementos constitutivos del mecanismo sujeción.
(Fuente: propia)

En la tabla 4.8 se detalla los procesos y elementos necesarios para la constitución del sistema de sujeción. Al finalizar el montaje se realizaran pruebas para verificar el desplazamiento lineal y angular de los elementos móviles teniendo como base la alineación y concentricidad.

Tabla 4.8. Detalle de montaje del sistema de sujeción

Proceso	Gráficos
<p>Colocamos la manzana del mecanismo de sujeción dentro de la base del cilindro, este se acopla adecuadamente con libertad de movimiento entre las tres ranuras con distribución de 120 grados</p>	
<p>Se realiza la soldadura de las platinas que funcionan como rótulas a una distribución de 120 grados. Las rótulas se encuentran unidas mediante soldadura SMAW.</p>	
<p>Las barras lineales uno y dos se une con las rótulas y con la manzana respectivamente con pernos Allen M8 x 25mm a una distribución de 120 grados</p>	
<p>Se coloca la base del asiento del coco en la cavidad generada en el soporte cilíndrico. Este elemento es móvil para facilitar limpieza de la máquina</p>	
<p>Ya armado el mecanismo de sujeción se acopla las bridas del cilindro con la del mecanismo mediante pernos allen M8 x 20. Los elementos tienen que estar alineados y concéntricos para verificar el desplazamiento lineal y angular entre los elementos móviles</p>	

(Fuente: propia)

4.3.3. Montaje del mecanismo de descortezado

Una vez fabricado los elementos del mecanismo de descortezado se procede a ensamblar mediante soldadura y pernos con tuercas de seguridad. Este mecanismo está constituido por: manzana de acople, rótula, soporte cilíndrico, barra lineal 1 y 2, muelas de descortezamiento y cilindro de doble efecto de descortezado. En la figura 4.26 se muestra los elementos principales del mecanismo de descortezado.





Figura 4.26. Elementos del mecanismo de descortezado.
(Fuente: propia)

En la tabla 4.9 se detalla los procesos y elementos necesarios para la constitución del sistema de descortezado. Al finalizar el montaje se realizaran las mismas pruebas utilizadas en el mecanismo de sujeción.

Tabla 4.9. Detalle de montaje del sistema de descortezado.

Proceso	Gráficos
<p>En la manzana se colocan las barras lineales 2 con una distribución de 60 grados. Estas son acopladas mediante pernos con tuercas de seguridad. Las muelas se encuentran unidas mediante soldadura SMAW</p>	
<p>En el soporte cilíndrico soldamos las platinas que servirán como rótulas en las seis cavidades del soporte que se encuentran distribuidas a 60 grados logrando con esto el acople de las barras lineales 2 en cada una de estas rótulas</p>	

<p>Cuando se dispone del acople de la manzana y en cilindro con las barras lineales se procede a unir estos dos elementos mediante pernos y tuercas de seguridad</p>	
<p>Ya armado el mecanismo se acopla la brida del cilindro contra la tapa del soporte cilíndrico. Todos los elementos deben estar alineados y concéntricos para verificar el desplazamiento lineal y angular</p>	


(Fuente: propia)



4.3.4. Montaje del mecanismo de desplazamiento

Construidos los elementos del mecanismo de desplazamiento se procede a ensamblar mediante soldadura y pernos con tuercas de seguridad. El sistema está constituido por: guía deslizante con soporte para mecanismo sujeción, guía deslizante posterior, guías de duralon, base del cilindro, cilindro hidráulico de doble efecto y tubo columna.

En la tabla 4.10 se detalla los procesos y elementos necesarios para la constitución del sistema de desplazamiento. Al finalizar el montaje se realizaran pruebas para verificar el desplazamiento lineal y angular de los elementos móviles teniendo como base la alineación y concentricidad.

Tabla 4.10. Detalle de montaje del sistema de desplazamiento.

Proceso	Gráficos
<p>Las 4 guías de duralon se arman en las guías de metal mediante pernos Allen M6 x 25 en un total de 8 unidades, esta guía deslizante con soporte y la guía deslizante posterior son unidas mediante pernos M8x50 mm hacia el tubo columna</p>	


<p>Luego del ensamble de las guías se realiza el acople de la guía con soporte contra el vástago del cilindro de desplazamiento mediante un pasador el cual nos permitirá el movimiento vertical del sistema</p>	
<p>Por último se une la guía con soporte contra la base del mecanismo de sujeción mediante soldadura SMAW, verificando que se encuentren alineados y concéntricos</p>	

(Fuente: propia)

4.3.5. Montaje del bastidor

Los elementos del mecanismo del bastidor están formados básicamente por un tubo cuadrado donde los elementos que se acoplan son: tubo columna, tubo travesaño, marco para la centralina, base del cilindro de empuje y ruedas. En la tabla 4.11 se detalla los procesos y elementos necesarios para la constitución del bastidor. Al finalizar el montaje se realizaran las pruebas para verificar la perpendicularidad entre las columnas y el paralelismo respecto al piso.

Tabla 4.11. Detalle de montaje del bastidor.

Proceso	Gráficos
<p>La unión del tubo columna, tubo travesaño y la base del cilindro se realiza mediante soldadura SMAW</p>	

Ya que tenemos la estructura armada se procede a colocar las ruedas en los ejes que se encuentran soldadas en los extremos del soporte travesaño. También se acoplara un marco para el apoyo del control hidráulico



Por último se realiza la unión del marco para la centralina mediante soldadura SMAW y tenemos ya armado el bastidor con todos los elementos. Se realiza las pruebas para verificar la perpendicularidad entre las columnas y el paralelismo respecto al piso



(Fuente: propia)

4.3.6. Montaje del sistema hidráulico

Para realizar el montaje de este sistema se necesitan de los tres cilindros y los elementos que se detallan: distribuidor hidráulico, bomba hidráulica, tanque, mangueras, filtros, válvula reguladora de caudal, cilindro de doble efecto sujeción, cilindro doble efecto descortezado, cilindro doble efecto desplazamiento, motor eléctrico, manómetro y conectores.

En el distribuidor hidráulico se realiza las conexiones de las 2T de 3/8 NPT en los puertos que sirven para accionar los cilindros de sujeción y descortezado (A1 - B1) y la conexión de dos acoples rectos (A2 - B2) que se utilizan para accionar el cilindro de desplazamiento, estas uniones se realizan con teflón para evitar fugas en el sistema. En la figura 4.27 a y b se visualiza los acoples y conexiones de las mangueras de entrada y salida tanto en el distribuidor como en los cilindros de sujeción, descortezado y desplazamiento el cual queda hermético por el tipo de acople cónico.



Figura 4.27. a) Conexión de acoples b) Conexión de mangueras.
(Fuente: propia)

En la figura 4.28 se realiza el montaje del motor, manómetro, filtro, bomba de engranajes y visualizadores del nivel de aceite. El motor con la bomba de engranajes están unidas mediante una unión lovejoin. En la manguera de salida se coloca un manómetro para controlar la presión de salida y en la manguera de ingreso se acopla al tanque mediante un acople.



Figura 4.28. Centralina hidráulica.
(Fuente: propia)

En la figura 4.29 se visualiza todas las conexiones hidráulicas logrando tener un sistema hermético. Con el objetivo de precautelar el sistema se proveyó al distribuidor con un regulador de presión el cual nos sirve para que todo el fluido pase al tanque cuando venza la presión de 750 psi ajustada en el manifold.

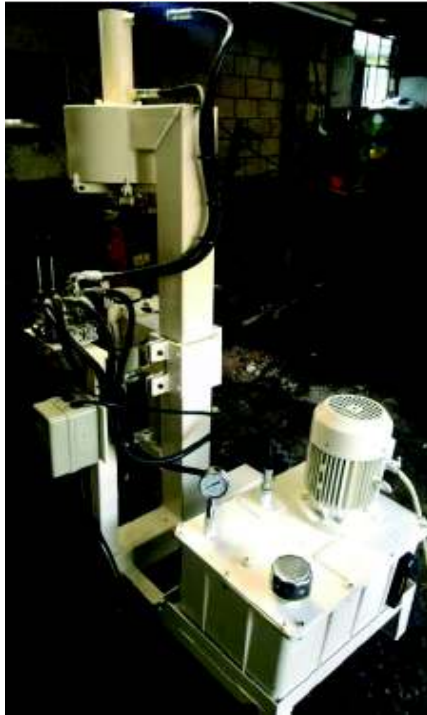


Figura 4.29. Conexión total del sistema hidráulico.
(Fuente: propia)

4.3.7. Montaje del sistema eléctrico

El montaje del sistema eléctrico está constituido por un motor, un contactor, dos pulsadores, un relé térmico y una alimentación de 220 V. En la caja térmica tiene entradas y salidas de donde la alimentación se realiza por la parte superior con un cable trifilar, este se conecta a un contactor trifilar con bobina 220 voltios con enclavamiento.

En la figura 4.30 se muestra la conexión en configuración delta.



Figura 4.30. Borneras del motor trifásico.
(Fuente: propia)

4.4. Análisis de costos

Se realiza un análisis económico para determinar la factibilidad y nivel de competitividad del proyecto realizado. Se parte de la inversión total del proyecto con el objetivo de poder comparar los costos de la descortezadora con el de otros equipos ya existentes de similares características. De la recopilación realizada para establecer el costo de fabricación en el capítulo 2, se ha obtenido dos equipos de similares características.

Se considera el precio de dos máquinas existentes en el mercado internacional en el país de Malasia referirse al Anexo III para mayor información de los equipos citados. En la tabla 4.12 se puede observar el costo del equipo fabricado y el costo de los otros dos equipos existentes.

Tabla 4.12. Valores de máquinas descortezadoras.

Especificaciones	Equipo diseñado	Equipo del mercado internacional 1	Equipo del mercado internacional 2
Marca	NA	CoCoMaN	CoCoMaN
Modelo	Prototipo	COM11A	COM11
Distribuidor	C. Landa M. Mora	Jasón Chau	Jasón Chau
Fuente energía	220 V	Diésel	220 V
Origen	Ecuador	Selangor Malaysia	Selangor Malaysia
Precio [USD]	\$ 4450	\$ 6000	\$ 5500

(Fuente: (ALIBABA G. , ALIBABA.COM, 1999) y (ALIBABA, 2015))

Al comparar los valores mostrados en la tabla 4.12, se puede determinar que la maquina descortezadora construida tiene un valor inferior al de los dos equipos del mercado internacional. La reducción de costos es de un 25% respecto del primer equipo y del 20% del segundo equipo.

Del análisis de costo se puede concluir que la máquina fabricada tiene un valor ampliamente competitivo en el mercado y mucho más considerando el valor de importación de los otros equipos. Se debe tomar en cuenta el criterio mencionando en el capítulo tres sobre el costo de ingeniería que al realizar un lote de máquinas se dividirá para el número de elementos producidos.

4.5. Operación y mantenimiento

4.5.1. Verificación de la descortezadora

Se realiza la verificación del equipo en base a un protocolo de pruebas con el fin de comprobar las especificaciones de diseño, correcta fabricación, ensamblado y el desempeño del equipo. En la tabla 4.13 se definen las pruebas de verificación de la descortezadora.

Tabla 4.13. Pruebas de verificación de la descortezadora.

Prueba	Descripción	Instrumento de control
Control dimensional	Verificar cumplimiento del equipo con las medidas establecidas en los planos de taller y de montaje	Calibrador, flexómetro y escuadra
	Inspección de perpendicularidad y concentricidad entre los tres sistemas de sujeción, descortezado y desplazamiento vertical	
Funcionamiento en vacío	Accionar el sistema hidráulico y constatar que no existan fugas de aceite, que los pistones estén centrados y perpendiculares respecto a cada sistema y revisar fallas de ensamblaje	Escuadra Inspección manual y visual
Funcionamiento con carga	Accionar el sistema hidráulico descortezando un coco, constatar que no existan fugas de fluido, revisar cualquier falla en los sistemas y estabilidad del equipo	Inspección manual y visual
Despliegue y retorno de los cilindros	Durante la activación de los cilindros al estar en su posición inicial y final verificar el despliegue y retorno total por medio de la medición de carrera	Inspección manual y visual
Movilidad de los sistemas	Verificar la movilidad de los sistemas en los mecanismos y el deslizamiento de las guías contra la columna del bastidor durante el descortezado	Inspección manual y visual

(Fuente: propia)

Una vez realizadas las pruebas de verificación se obtiene los resultados definidos en la tabla 4.14. En el caso de tener algún tipo de problema o falla se tomara las acciones necesarias para su corrección.

No se observa problemas que puedan afectar a la constitución de la máquina o respecto a su funcionamiento. Las pruebas de verificación deberán realizarse antes de la operación del equipo.

Tabla 4.14. Pruebas de verificación.

Prueba	Resultado
Control dimensional	Se mide las dimensiones principales de los tres sistemas ensamblados y el bastidor y se verifica el cumplimiento respecto a los planos de taller
	Se comprueba la perpendicularidad y concentricidad entre los sistemas de sujeción, descortezado y desplazamiento vertical, validando que la unión durante la soldadura se realizó correctamente
Funcionamiento en vacío	Se acciona la máquina y se constata que no existen fugas de aceite en el sistema hidráulico. Se verifica que los tres pistones están centrados y perpendiculares respecto al sistema al cual pertenecen. Se verifica la estabilidad y nivelación de la máquina con reguladores de altura colocadas en el bastidor
Funcionamiento con carga	Se realiza el descortezado del coco donde se verifica que no existen fugas tanto en el sistema hidráulico como en las uniones. Se verifica que no se presentan fallas en el funcionamiento y capacidad del equipo para cumplir con las funciones de sujeción, desplazamiento y descortezado
Despliegue y retorno de los cilindros	Se verifica el despliegue y retorno los tres cilindros al ser accionados respectivamente con las medición de las carreras
Movilidad de los sistemas	Se verifica que durante el descortezado los sistemas de mueven y se deslizan sin ningún problema ya que no tiene obstrucciones durante su recorrido angular y lineal.

(Fuente: propia)

4.5.2. Operación del equipo

Para la operación del equipo, se toma en cuenta las consideraciones previas de verificación. La correcta operación evitará daños futuros en sus componentes así como se eludirá riesgos al operador por su manejo inapropiado. De esta manera se garantiza un buen funcionamiento y se prolonga la vida de sus componentes. En la tablas 4.15 constituida por dos partes se establece los pasos para un adecuado descortezado de la fruta.

Tabla 4.15. Programa de operación (Parte 1).

1. Alistar los cocos para el desfibrado.
2. Conectar el cable de energía a la alimentación eléctrica trifásica de 220 V. La primera vez que se conecte la maquina a la fuente de energía verifique el sentido horario del giro del motor (de ser el sentido de giro anti horario cambiar las fases en el conector).



3. Encienda la máquina presionando el pulsador verde del tablero de control.
4. Tome un coco y colóquelo sobre el soporte.



5. Hale de la palanca A del mando hidráulico hasta que la garra sujete el coco.



6. Empuje de la palanca B para que se desplace el coco hasta que la garra superior se introduzca en la corteza aproximadamente 20 mm.



(Parte 2).

7. Hale la palanca A hasta que la garra superior abra aproximadamente 45° la corteza.



8. Empuje la palanca B para que suba el coco. Hale la palanca A hasta descortezar completamente el coco.



9. Hale la palanca B para que baje completamente el coco hasta la posición inicial. Empuje la palanca A hasta que la garra superior se cierre y la inferior suelte la corteza del coco.



10. Retire la fibra del coco y la fruta sobrante.



11. Limpie la máquina y desconecte de la alimentación eléctrica cuando termine el periodo de labores.

(Fuente: propia)

4.5.3. Mantenimiento del equipo

Se establece las actividades necesarias para realizar el mantenimiento preventivo de la descortezadora. Se establece periodos y recomendaciones para las actividades, observar la tabla 4.16. Para información sobre los elementos constitutivos del sistema hidráulico y eléctrico referirse a los catálogos en Anexo 3.

Tabla 4.16. Programa de mantenimiento.

Periodo	Actividad
Diario	<ul style="list-style-type: none"> • Limpiar la máquina y verificar que no exista ningún objeto o basura que pueda obstruir el funcionamiento normal de las partes móviles del mismo. • Verificar que no exista fuga de aceite a través de las mangueras hidráulicas y sus conexiones. • Verificar que no exista fuga de aceite hidráulico por los sellos de los cilindros hidráulicos. • Verificar el nivel de aceite hidráulico a través de la mirilla. • Verificar que las conexiones y cables eléctricos de alimentación estén en buen estado.
Semanal	<ul style="list-style-type: none"> • Lubricar la guía deslizante y la columna del equipo. Puede utilizar grasa de uso general. • Lubricar los pernos de articulación de los brazos de la garra superior e inferior. Puede utilizar un aceitero con aceite ISO68.
Mensual	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar el estado del sistema hidráulico y el manómetro de lectura de presión. Llevar hasta la presión de 750 psi durante 10 segundos, con las palancas A y B en las dos posiciones, una a la vez. Si existen fugas de aceite reparar si es posible o contactar con servicio técnico especializado. • Verificar el estado de la protección eléctrica. Ajustar los tornillos si es necesario.
Anual	<ul style="list-style-type: none"> • Cambiar el aceite hidráulico una vez transcurrido el periodo de uso de 3000 horas. • Limpiar el filtro de succión. • Cambiar juntas o sellos de los cilindros hidráulicos.

(Fuente: propia)

4.6. Análisis de resultados

4.6.1. Validación de la descortezadora

La validación tiene como fin demostrar la capacidad de la descortezadora para cumplir las especificaciones de diseño. En la tabla 4.17 se muestra las especificaciones de diseño definidas. De no poseer los valores comparativos se procederá a realizar pruebas de validación para determinarlos.

Tabla 4.17. Especificaciones de diseño.

N.	Descripción	Especificación
1	Grado de semi-automatización	> 75 %
2	Costes de fabricación	< \$ 4500
3	Tiempo de descortezado	16 a 22 segundos
4	Retirado de fibra	> 85 %

(Fuente: propia)

4.6.2. Grado de semi-automatización

Para validar el grado de semi-automatización de la descortezadora se determina una ponderación para los módulos definidos de la máquina descortezadora. En la tabla 4.18 se realiza la ponderación de las funciones de colocar el coco, retirado de la fibra del equipo, sujeción del coco, liberación del coco y descortezado del coco definidas para la máquina descortezadora, evaluando y definiendo su importancia y prioridad para el grado de semi-automatización.

Tabla 4.18. Evaluación de criterios semi-automatización.

	Colocar el coco	Retirado fibra	Sujeción del coco	Liberación del coco	Descortezado del coco	$\Sigma+1$	Ponderación
Colocar el coco		0,5	0	0	0	0,5	0,05
Retirado fibra del equipo	0,5		0	0	0	0,5	0,05
Sujeción del coco	1	1		0,5	0	2,5	0,25
Liberación del coco	1	1	0,5		0	2,5	0,25
Descortezado del coco	1	1	1	1		4,0	0,40
					Suma	10	1
Descortezado del coco > Sujeción del coco = Liberación del coco > Colocar el coco = Retirado de la fibra del equipo							

(Fuente: propia)

La calificación de las funciones del equipo se hace en base de la semi-automatización de los sistemas constitutivos. En el caso de la operación ser manual se asignara un valor de 0, cuando el sistema sea semi-automatizado tendrá una valoración de 100%. En la tabla 4.19 se determina el grado de semi-automatización valorado para el sistema.

Tabla 4.19. Valoración del grado de semi-automatización.

Módulo	Funciones	Valor	Ponderación	Total
1	Colocar el coco	0	0,05	0
	Retirado de la fibra del equipo	0	0,05	0
2	Sujeción del coco	100	0,25	25
	Liberación del coco	100	0,25	25
3	Descortezado del coco	100	0,40	40
Total grado de semi-automatización				90%

(Fuente: propia)

El grado de semi-automatización determinado del equipo descortezador es del 90% el cual cumple con el requerimiento definido como especificación de diseño respecto a que el grado de semi-automatización sea superior a 75%.

Grado semi-automatización equipo (90%) > Grado semi-automatización planteado (75%)

4.6.3. Costos de fabricación

El costo total del proyecto determinado en el capítulo tres corresponde a un valor de 4450 dólares el cual cumple con el requerimiento definido como especificación de diseño respecto a que el costo de fabricación planteado sea inferior a 4500 dólares.

Costo total del proyecto (\$ 4450) < Costo de fabricación planteado (\$4500)

Tiempo de descortezado y porcentaje de retirado de fibra

Se ha determinado un protocolo de pruebas cuantitativas para determinar el tiempo de descortezado promedio y porcentaje de retirado de la fibra. La prueba tiene la finalidad de validar el cumplimiento de las especificaciones de diseño, el óptimo funcionamiento y desempeño de la máquina. En la tabla 4.20 se indica los requisitos para validación.

Tabla 4.20. Requisitos para las pruebas de validación.

Elementos	Descripción
Recursos	Operario del equipo, energía eléctrica 220v trifásica
Información	Especificaciones de diseño, manual de operación y manual de mantenimiento
Equipo	Maquina descortezadora
Insumos	Cocos secos
Equipos de medición	Balanza: ADAM PGL 6001 apreciación 0.1 gr Flexómetro: Lufkin apreciación 1mm Pi metro: Lufkin apreciación 1mm Cronómetro digital
Controles	Longitud y diámetro del coco
Verificación	Pruebas de verificación (tabla 4.13)
Validación	Pruebas de validación (tabla 4.21)
Registros	Fotografías y videos

(Fuente: propia)

Las pruebas definidas se las realizará previo a la verificación del equipo y al mantenimiento de acuerdo a la frecuencia de uso. Las pruebas se realizaron con 50 cocos secos, a los cuales se le dividió en serie de 10 cocos. En la figura 4.31 se observa los cocos ensayados.



Figura 4.31. Serie de cocos.
(Fuente: Propia)

En la tabla 4.21 se enlista las pruebas, descripción e instrumentos de control determinados para la validación. Todas las pruebas de validación se realizaron en el laboratorio de nuevos materiales de la facultad de mecánica de la EPN.

Tabla 4.21. Pruebas de validación de la descortezadora.

Prueba	Descripción	Instrumento de control
Dimensiones del coco	Se mide las dimensiones del coco correspondiente a la longitud y el diámetro	Flexómetro Pi metro
Tiempo de descortezado	El tiempo de descortezado comprende desde el inicio del ciclo comenzando por la sujeción, desplazamiento vertical y descortezado del coco. Referirse al manual de operación	Cronómetro
Porcentaje de fibra descortezada	Una vez acabado el proceso de descortezado se pesa la fibra obtenida y la fibra sobrante retirada del coco	Balanza

(Fuente: propia)

En la figura 4.32 se obtuvo del registro fotográfico de las pruebas. En la parte a) se muestra el coco sujeto y con ingreso de las muelas de descortezado. En la parte b) se observa el coco descortezado y la fibra separada. Durante todas las pruebas se mide el tiempo empleado para el descortezamiento de las frutas.



Figura 4.32. a) Proceso de descortezado.

b) Coco descortezado.

(Fuente: propia)

En la figura 4.33 a) se muestra el producto obtenido al final del desfibrado, posteriormente a esto se retira la fibra sobrante en el coco de la cascara dura y se procede a pesar la fibra y el sobrante de fibra de la fruta, para poder determinar el porcentaje de fibra retirada. En la parte b) de la figura se realiza el pesaje de fibra.



Figura 4.33. a) Fibra y coco bruto. b) Pesaje del sobrante y fibra.
(Fuente: propia)

Se verifico presiones máximas de trabajo de los sistemas obteniendo un valor máximo de 250 psi para el mecanismo de sujeción y de 500 psi para los mecanismo de desplazamiento vertical y de descortezado. En la figura 4.34 a) y b) se observa las presiones máximas de sujeción y descortezado respectivamente.



Figura 4.34. a) Presión máxima sujeción. b) Presión máxima descortezado.
(Fuente: propia)

Para revisar los datos a detalle de tiempo de descortezado y del peso de la fibra por coco referirse al Anexo II en la parte sobre pruebas de validación. De las pruebas de validación se obtuvo como promedio de cada una de las cinco series los datos indicados en la tabla 4.22.

Tabla 4.22. Resultados de las pruebas de validación

N. Serie	Tiempo de descortezado (s)	Fibra descortezada (%)
1	19,8	95,56
2	20,9	91,59
3	21,1	97,78
4	20,9	95,77
5	21,1	95,48
Promedio	20,76	95,24

(Fuente: propia)

En la figura 4.35 se muestra la fibra obtenida de los ensayos de validación y las frutas descortezadas los ensayos. Esto posterior a los ensayos de validación.



Figura 4.35. Fibra obtenida y cocos descortezados.
(Fuente: propia)

4.6.4. Tiempo de descortezado

El tiempo promedio de descortezado obtenido del ensayo de los 50 cocos es de 20.76 segundos, el mismo se encuentra dentro del rango definido como especificación de diseño el cual es de 16 a 22 segundos

Tiempo promedio descortezado (20.76 s) < Tiempo descortezado planteado (16 - 22 s)

4.6.5. Porcentaje de retirado de fibra

El porcentaje promedio de descortezado obtenido del ensayo de los 50 cocos es de 95,24%, el mismo se encuentra dentro del valor máximo definido como especificación de diseño de 85%. Para información a detalle por cada coco referirse al Anexo II en la parte de pruebas de validación.

% promedio fibra retirada (95,24 %) > % fibra planteada a retirar (85 %)

En la tabla 4.23 se muestra los valores resumidos de la validación versus los planteados a obtener. Se verifica el cumplimiento de todas las especificaciones de diseño planteadas.

Tabla 4.23 Especificaciones de diseño vs Valores de pruebas de validación.

N.	Descripción	Especificación	Validación	Cumplimiento
1	Grado de semi-automatización	> 75 %	90%	OK
2	Costes de fabricación	< \$ 4500	\$ 4450	OK
3	Tiempo de descortezado	16 a 22 s	20,76 s	OK
4	Retirado de fibra	> 85 %	% 95,24	OK

(Fuente: propia)

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se ha diseñado y construido una máquina descortezadora la cual cumple con todas las especificaciones iniciales de diseño, reduciendo los costos de fabricación planteados de 4500 a 4450 dólares y sobrepasando el valor de porcentaje de fibra retirada en más del 10% de un valor de 85 a 95,24%. Se cumplió con el rango de tiempo de descortezado de 16 a 22 segundos definido en base a especificaciones de equipos del mercado internacional. Se obtuvo un valor superior de semi-automatización en 15% al definido del 75% con lo cual se aumenta las condiciones seguras de trabajo para el operador del equipo.

Se verificó las dimensiones, perpendicularidad y concentricidad del equipo de acuerdo a los planos de taller y montaje, se realiza el descortezado del coco donde se verifica que no existen fugas o se presentan fallas durante el funcionamiento. Se verificó la óptima capacidad de todos los sistemas del equipo para cumplir con las funciones determinadas.

Se validó el funcionamiento de la descortezadora por medio de un protocolo de pruebas, validando descortezado de los diversos tamaños de los cocos secos, tiempos de descortezado y porcentaje de la fibra retirada. De la validación se establece la confiabilidad del equipo.

Al ser una máquina descortezadora que reutiliza una centralina se comprobó las especificaciones calculadas de los elementos eran menores a las del equipo real con lo cual el equipo se encuentra sobredimensionado obteniendo un equipo fiable y de fácil operación y mantenimiento.

Del análisis de esfuerzos del bastidor y de los sistemas de sujeción, descortezado y desplazamiento se comprobó que el equipo cumple las condiciones de trabajo de una máquina industrial de producción en línea.

El equipo es de fácil manipulación, por medio de dos palancas se activan los tres cilindros hidráulicos. El operador realiza un proceso manual de posicionado del coco y de retirado de la fibra esto cuando el equipo se encuentra inmóvil las demás funciones del equipo son semi-automatizado, se define un manual de operación y mantenimiento.

5.2 Recomendaciones

La operatividad de la máquina va a depender directamente de una adecuada capacitación del operador respecto de la manipulación del equipo. Se debe complementar la formación del operario con una capacitación básica de mantenimiento según la frecuencia definida en el manual de mantenimiento.

Mantener el equipo de descortezado ajustado, verificado y en buen estado operativo. Se debe cumplir con el manual de operación con el fin de mantener condiciones de trabajos seguras y evitar paros imprevistos del equipo.

Para reducir los tiempos de operación del equipo y aumentar el número de cocos descortezados por hora se deberá implementar un control automático por medio de PLC para la automatización del proceso de descortezado.

Bibliografía

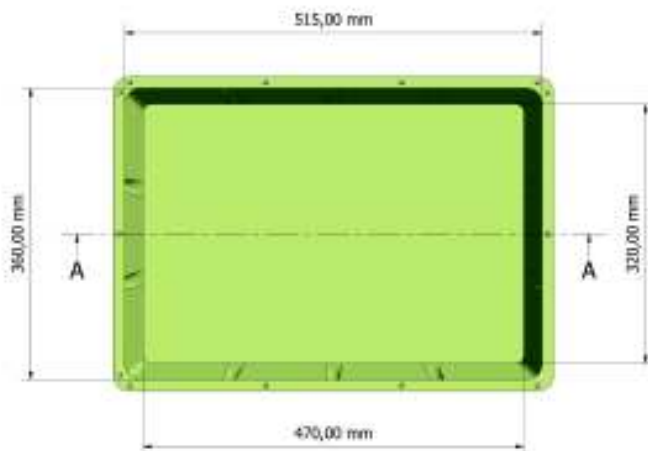
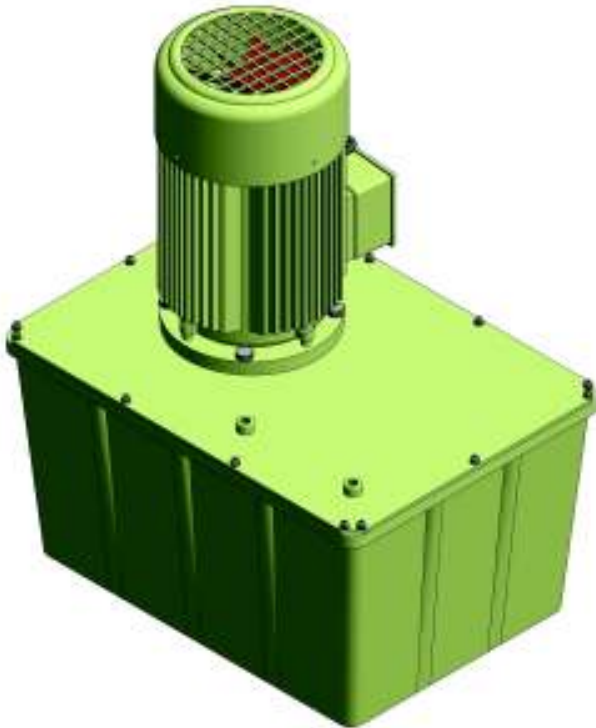
- 123RF. (2010). *123RF*. Recuperado el 20 de Junio de 2015, de https://es.123rf.com/imagenes-de-archivo/coco_verde.html
- ALIBABA. (2015). *ALIBABA*. Recuperado el 20 de Enero de 2016, de https://www.alibaba.com/product-detail/Coconut-Machine-Coconut-Dehusking-Machine_50002574593.html?spm=a2700.8239084.botutm.3.vOzFQD
- ALIBABA, G. (1999). *ALIBABA.COM*. Recuperado el 20 de Enero de 2016, de https://www.alibaba.com/product-detail/Coconut-Dehusking-Machine_135031668.html?spm=a2700.8239084.botutm.1.AaRPFI
- ALIBABA, G. (1999). *ALIBABA.COM*. Recuperado el 20 de Enero de 2016, de https://www.alibaba.com/product-detail/Coconut-Dehusking-Machine_139887632.html?spm=a2700.8239084.botutm.1.sxeMfl
- Andino Moscoso, J. E. (2012). Estudio de la pre factibilidad de la producción de leche de coco. Recuperado: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1366/1/103206.pdf>. Quito, Ecuador.
- Chau, J. (12 de Agosto de 2008). *YOUTUBE*. Recuperado el 20 de Enero de 2016, de <http://www.youtube.com/watch?v=DYdwDhSPogE>
- Conde Rito, S. (2010). Estudio de la fibra de coco con resina poliéster para la manufactura de palas de aerogeneradores de pequeña potencia. Oaxaca, Mexico.
- EIK SENG, M. (26 de Octubre de 2009). *YOUTUBE*. Recuperado el 20 de Enero de 2016, de <https://www.youtube.com/watch?v=Fw66W4stDhl>
- Engineering, M. (2010). *YOUTUBE*. Recuperado el 20 de Junio de 2015, de <https://www.youtube.com/watch?v=djdAJDpqqkY>
- ISPERMAR. (2014). *ISPERMAR S.C.A*. Recuperado el 17 de Enero de 2015, de <http://www.cocopeatfertilizer.com/fibra-de-coco-hidroponia-natural/fibra-turba-de-coco/formatos>
- Lara, R. (29 de Febrero de 2012). *YOUTUBE*. Recuperado el 20 de Junio de 2017, de <https://www.youtube.com/watch?v=0EaShD8O1Lk>
- Lara, R. (2013). *Youtube*. Recuperado el 17 de Enero de 2015, de <https://www.youtube.com/watch?v=Qdsnnruwl8s>

- Ledena, A. (2014). Estimación por intervalos de confianza para medias poblacionales en una y dos poblaciones. Recuperado de https://clasesdeestadisticacolombia.files.wordpress.com/2016/01/11-estimacion_por_intervalo_es_de_confianza.pdf.
- Manoharan, N. (5 de Diciembre de 2009). *YOUTUBE*. Recuperado el 20 de Junio de 2015, de https://www.youtube.com/watch?v=vOLNSu_d1dQ
- Oahza. (20 de Marzo de 2011). *YOUTUBE*. Recuperado el 20 de Enero de 2016, de https://www.youtube.com/watch?v=wo_Giz68fNM
- Pailacho Rodríguez, B. A. (2007). Proyecto de prefactibilidad para la exportación de coco en fresco al mercado de Bélgica-Bruselas periodo 2007-2016. Recuperado de: <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/6446>. Quito, Ecuador.
- Quintanilla Alas, M. E. (2010). Industrialización de la fibra de estopa de coco. Recuperado de: <http://ri.ues.edu.sv/431/1/10136579.pdf>. San Salvador, Salvador.
- STAUFF. (2015). Catálogo Accesorios Hidráulicos . Alemania.
- Tomalá Aquino, W. L. (2015). Estudio de factibilidad para diez hectáreas de cultivo de cacao en la comuna, península de Santa Elena. Recuperado de: <http://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/2257/1/UPSE-TAA-2015-008.pdf>. Libertad, Ecuador.
- Treasuresaroundus. (30 de Mayo de 2012). *YOUTUBE*. Recuperado el 20 de Junio de 2015, de https://www.youtube.com/watch?v=Nb6_NYJRtNw
- Vasanth, R. (30 de Agosto de 2012). *YOUTUBE*. Recuperado el 20 de Enero de 2016, de <https://www.youtube.com/watch?v=IE5ErnEmI7E>
- VIETNAM NEWS. (11 de Agosto de 2014). *YOUTUBE*. Recuperado el 20 de Enero de 2016, de <https://www.youtube.com/watch?v=twGt6KLYHO4>
- VIETNAM NEWS. (11 de Agosto de 2014). *YOUTUBE*. Recuperado el 20 de Enero de 2016, de <https://www.youtube.com/watch?v=twGt6KLYHO4>
- Vikatan, D. (22 de Marzo de 2015). *YOUTUBE*. Recuperado el 20 de Junio de 2015, de <https://www.youtube.com/watch?v=JH2an4EDJnY>

Anexo I.

Memoria de cálculo

VOLUMEN CENTRALINA HIDRÁULICA



Volumen pirámide truncada

Área de la superficie inferior:

$$L_1 := 320 \text{ mm}$$

$$L_2 := 470 \text{ mm}$$

$$A_1 := L_1 \cdot L_2 = 1504 \text{ cm}^2$$

Área de la superficie superior:

$$L_3 := 360 \text{ mm}$$

$$L_4 := 515 \text{ mm}$$

$$A_2 := L_3 \cdot L_4 = 1854 \text{ cm}^2$$

Volumen:

$$h := 200 \text{ mm}$$

$$V := \frac{h}{3} \cdot (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \cdot A_2})$$

$$V = 33.52 \text{ L}$$

CALCULO DE VARIABLES DEL MECANISMO SUPERIOR DE DESCORTEZADO

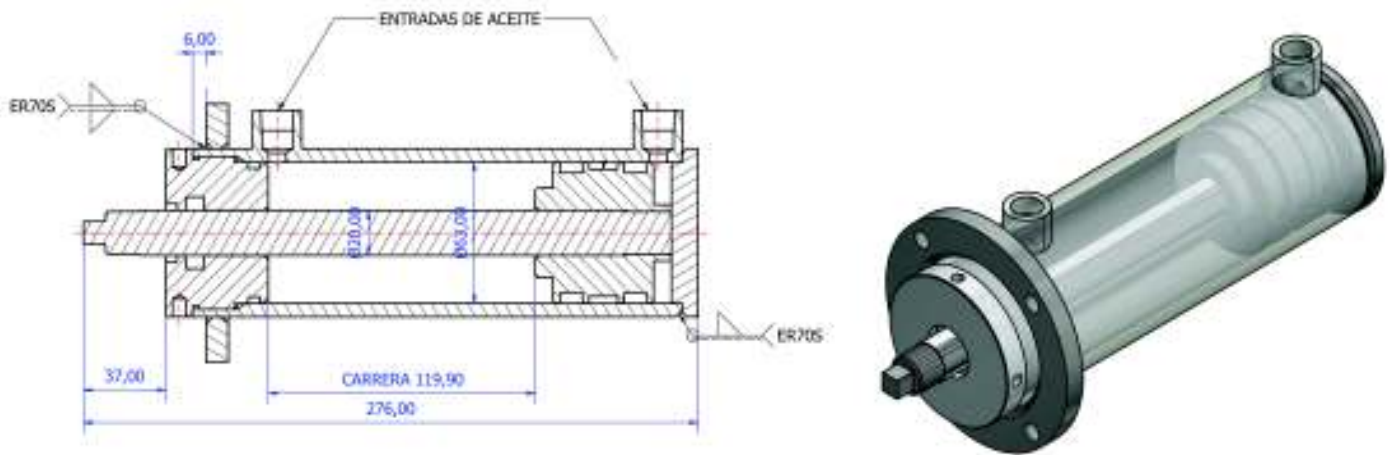
Compresión del coco realizada con la prensa oleohidraulica Hidraulic Jack de 30 Ton. del laboratorio de Nuevos Materiales de la EPN.

$P_{ruptura} := 623 \text{ psi} = (4.295 \cdot 10^6) \text{ Pa}$	Presión necesaria para descortezar el coco.
$r_{embolo} := 1.1 \text{ in} = 0.028 \text{ m}$	Radio del embolo de la prensa de 30 Ton.
$A_{embolo} := \pi \cdot (r_{embolo})^2 = 0.002 \text{ m}^2$	Área del embolo de la prensa de 30 Ton.
$F_{ruptura} := P_{ruptura} \cdot A_{embolo} = (1.053 \cdot 10^4) \text{ N}$	Fuerza de compresión requerida por el cilindro de descortezado.

Determinación de las características del cilindro de descortezado.

$P_{nominal} := 1450 \text{ psi} = (9.997 \cdot 10^6) \text{ Pa}$	Se asume presión nominal de la bomba según especificaciones del proveedor INTEGRAL HIDRAULIK
$A_{cs} := \frac{F_{ruptura}}{P_{nominal}} = (1.054 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$	Área del pistón de descortezado
$r_{cs} := \sqrt{\frac{A_{cs}}{\pi}} = 18.314 \text{ mm}$	
$d_{cs} := 2 \cdot r_{cs} = 36.628 \text{ mm}$	Diámetro del pistón de descortezado
$d_{cs} = 1.442 \text{ in}$	Diámetro comercial del proveedor
$d_{comercial} := 2.50 \text{ in} = 0.064 \text{ m}$	Carrera establecida en base a la mayor altura del coco (alojamiento).
$l_{carrera1} := 120.00 \text{ mm}$	
$t_{carrera1} := 2.5 \text{ s}$	Tiempo estimado de operación despliegue total del cilindro.
$V_{cs} := \frac{l_{carrera1}}{t_{carrera1}} = 0.048 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	
$V_{cs} = 48 \left(\frac{\text{mm}}{\text{s}} \right)$	Velocidad del pistón
$Q_{cs} := A_{cs} \cdot V_{cs} = (5.058 \cdot 10^{-5}) \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$	
$Q_{cs} = 3.035 \frac{\text{L}}{\text{min}} \quad Q_{cs} = 0.802 \frac{\text{gal}}{\text{min}}$	Caudal del cilindro descortezado

CILINDRO FABRICADO DE DESCORTEZADO



DATOS PRELIMINARES

$$P := 750 \text{ psi}$$

Presión de trabajo del sistema

$$q := 4 \frac{\text{cm}^3}{\text{rev}}$$

Especificaciones de caudal bomba

$$\text{RPM} := 1415 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$$

Revoluciones por minuto del motor

$$Q := q \cdot \text{RPM} = 94.333 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}$$

Caudal de la bomba

$$\text{Carrera} := 119.90 \text{ mm}$$

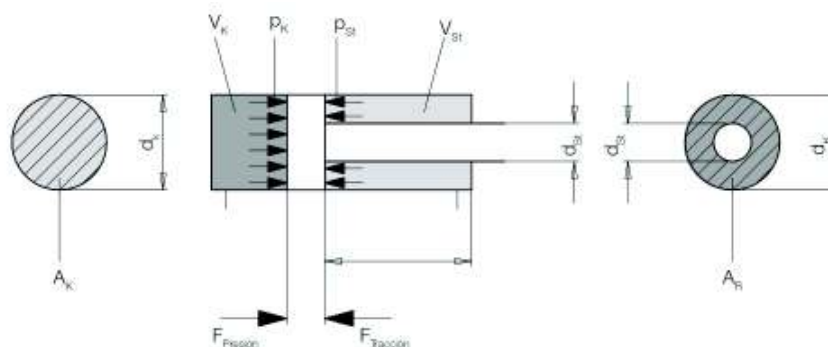
Carrera del cilindro hidráulico

$$D_{\text{embolo}} := 63 \text{ mm}$$

Diámetro del embolo

$$d_{\text{vástago}} := 20 \text{ mm}$$

Diámetro vástago

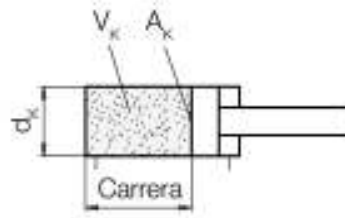


PRESIÓN

Calculo del área del embolo

$$A_{presion} := \frac{\pi \cdot D_{embolo}^2}{4}$$

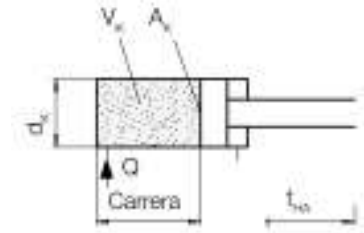
$$A_{presion} = 31.17 \text{ cm}^2$$



Volumen en compresión

$$Vol_{presion} := A_{presion} \cdot Carrera$$

$$Vol_{presion} = 0.37 \text{ L}$$



Tiempo de avance

$$T_{avance} := \frac{Vol_{presion}}{Q}$$

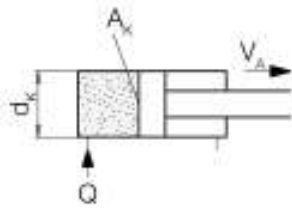
$$T_{avance} = 3.96 \text{ s}$$

Fuerza de compresión

$$F_{presion} := P \cdot A_{presion}$$

$$F_{presion} = (1.612 \cdot 10^4) \text{ N}$$

$$F_{presion} = 1.81 \text{ tonf}$$



Velocidad de avance

$$V_{avance} := \frac{Carrera}{T_{avance}}$$

$$V_{avance} = 3.03 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

Velocidad del pistón

$$V_{piston} := \frac{Q}{A_{presion}}$$

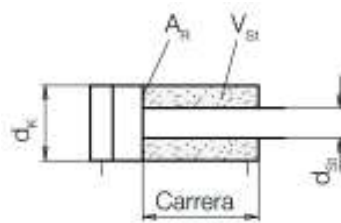
$$V_{piston} = 3.03 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

TRACCIÓN

Calculo del área efectiva en tracción

$$A_{traccion} := A_{presion} - \frac{\pi \cdot d_{vastago}^2}{4}$$

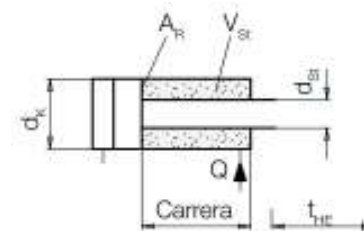
$$A_{traccion} = 28.03 \text{ cm}^2$$



Volumen en tracción

$$Vol_{traccion} := A_{traccion} \cdot Carrera$$

$$Vol_{traccion} = 0.34 \text{ L}$$



Tiempo de retroceso

$$T_{retroceso} := \frac{Vol_{traccion}}{Q}$$

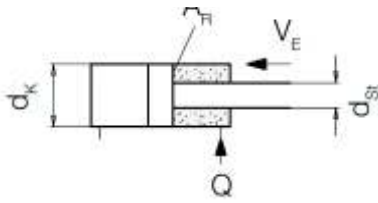
$$T_{retroceso} = 3.56 \text{ s}$$

Fuerza de tracción

$$F_{traccion} := P \cdot A_{traccion}$$

$$F_{traccion} = (1.449 \cdot 10^4) \text{ N}$$

$$F_{traccion} = 1.63 \text{ tonf}$$



Velocidad de retroceso

$$V_{\text{retroceso}} := \frac{\text{Carrera}}{T_{\text{retroceso}}}$$

$$V_{\text{retroceso}} = 3.37 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

RELACIÓN DE FUERZAS

$$R := \frac{F_{\text{presion}}}{F_{\text{traccion}}}$$

$$R = 1.11$$

CALCULO DIÁMETRO MÍNIMO PARA TUBERÍA FLEXIBLE

Tubería de presión

$$Vel_{\text{fluido_presion}} := 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Q = 5.66 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

$$d_{\text{min_presion}} := \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{Vel_{\text{fluido_presion}} \cdot \pi}}$$

$$d_{\text{min_presion}} = 4.9 \text{ mm}$$

Tubería de descarga

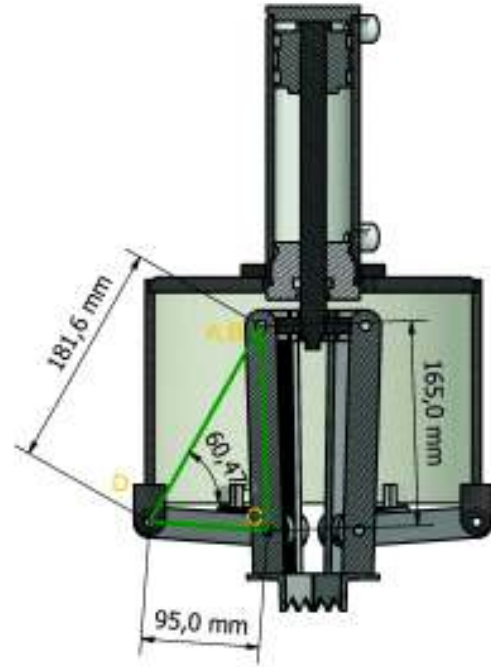
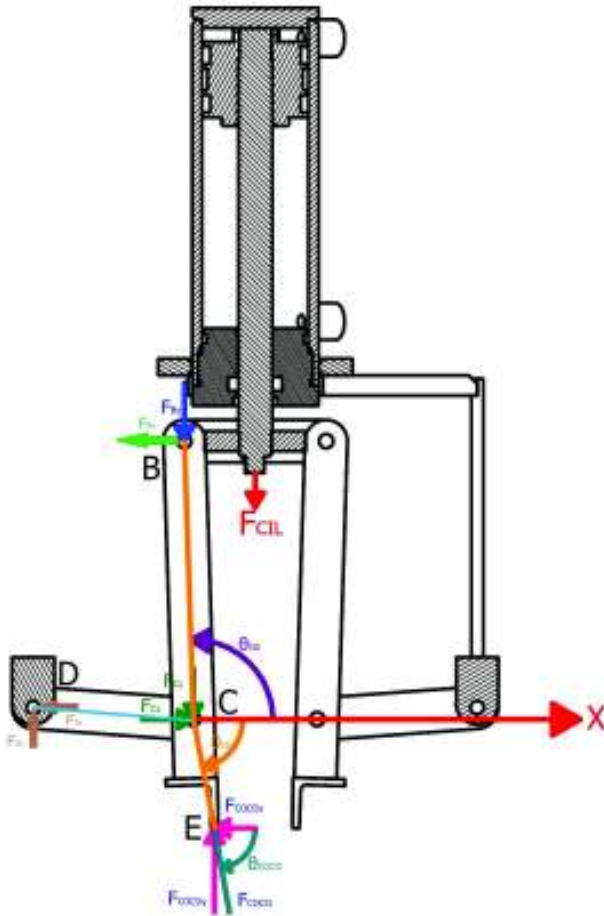
$$Vel_{\text{fluido_descarga}} := 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Q = 5.66 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

$$d_{\text{min_descarga}} := \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{Vel_{\text{fluido_descarga}} \cdot \pi}}$$

$$d_{\text{min_descarga}} = 7.7 \text{ mm}$$

ESTUDIO ESTATICO - MECANISMO DE DESCORTEZADO



$$dBC := 0.165 \text{ m}$$

$$\theta_{BC} := 1.82^\circ$$

$$dCE := 0.0658 \text{ m}$$

$$\theta_{BCD} := 84.01^\circ$$

$$dCD := 0.095 \text{ m}$$

$$\theta_{CE} := 79^\circ$$

$$\varepsilon FY := 0$$

$$\theta_{coco} := 28.57^\circ$$

$$-F_{BY} - F_{DY} + F_{cocoY} = 0$$

$$F_{cocoY} := 1755 \cdot N$$

$$F_{DY} = -F_{BY} + F_{cocoY}$$

$$\varepsilon FX := 0$$

$$F_{cocoX} := F_{cocoY} \cdot \cot(\theta_{coco}) = 3222.9117 \text{ N}$$

$$-F_{BX} + F_{DX} - F_{cocoX} = 0$$

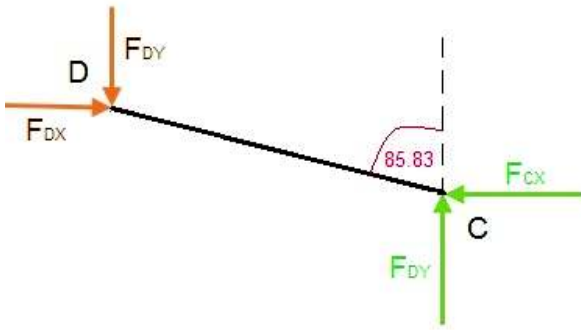
$$F_{coco} := \frac{F_{cocoY}}{\sin(\theta_{coco})} = 3669.7663 \text{ N}$$

$$F_{DX} = F_{BX} - F_{cocoX}$$

$$\varepsilon MD := 0 \quad + \text{ (horario)}$$

$$F_{BY} \cdot (dCD \cdot \sin(85.83^\circ) - dBC \sin(1.82^\circ)) - F_{BX} \cdot (dBC \cdot \cos(1.82^\circ) - dCD \cdot \cos(85.83^\circ)) - F_{cocoY} \cdot (dCD \cdot \sin(85.83^\circ) + dCE \cdot \sin(79^\circ)) + F_{cocoX} \cdot (dCD \cdot \cos(85.83^\circ) + dCE \cdot \cos(79^\circ)) = 0$$

DCL BARRA CD



$$\varepsilon FX := 0$$

$$-F_{DX} + F_{CX} = 0$$

$$\varepsilon FY := 0$$

$$-F_{DY} + F_{CY} = 0$$

$$\varepsilon MC := 0 \quad + (\text{horario})$$

$$F_{DX}(dCD \cdot \cos(85.83^\circ)) - F_{DY}(dCD \cdot \sin(85.83^\circ)) = 0$$

$$F_{DX} = \tan(85.83^\circ) \cdot F_{DY}$$

$$F_{BY} = 1441.0689 \text{ N}$$

$$F_{DY} := -F_{BY} + F_{cocoY}$$

$$F_{DY} = 313.9311 \text{ N}$$

$$F_{DX} := F_{DY} \cdot \tan(85.83^\circ)$$

$$F_{DX} = 4305.7925 \text{ N}$$

$$F_{BX} := F_{DX} - F_{cocoY} \cdot \cot(\theta_{coco})$$

$$F_{BX} = 1082.8807 \text{ N}$$

$$F_{CX} := F_{DX} = 4305.792 \text{ N}$$

$$F_{CY} := F_{DY} = 313.931 \text{ N}$$

Proyección de las fuerzas al eje de simetría BC de la barra de descortezado

$$F_{BYx} := F_{BY} \cdot \cos(1.82^\circ) = 1440.342 \text{ N}$$

$$F_{BYy} := -F_{BY} \cdot \sin(1.82^\circ) = -45.7678 \text{ N}$$

$$F_{BXx} := -F_{BX} \cdot \sin(1.82^\circ) = -34.3919 \text{ N}$$

$$F_{BXy} := -F_{BX} \cdot \cos(1.82^\circ) = -1082.3345 \text{ N}$$

$$F_{DYx} := F_{DY} \cdot \cos(1.82^\circ) = 313.7727 \text{ N}$$

$$F_{DYy} := -F_{DY} \cdot \sin(1.82^\circ) = -9.9703 \text{ N}$$

$$F_{DXx} := F_{DX} \cdot \sin(1.82^\circ) = 136.7505 \text{ N}$$

$$F_{DXy} := F_{DX} \cdot \cos(1.82^\circ) = 4303.6204 \text{ N}$$

$$F_{coco x} := -F_{coco} \cdot \cos(59.61^\circ) = -1856.4732 \text{ N}$$

$$F_{coco y} := -F_{coco} \cdot \sin(59.61^\circ) = -3165.5477 \text{ N}$$

$$C := F_{BYx} + F_{BXx} + F_{DYx} + F_{DXx} + F_{coco x} = 0 \text{ N}$$

$$D := F_{BYy} + F_{BXy} + F_{DYy} + F_{DXy} + F_{coco y} = 0 \text{ N}$$

Sumatoria de las fuerzas en los eslabones B y D

$$F_{By} := \frac{F_{BYy} + F_{BXy}}{3} = -376.0341 \text{ N}$$

$$F_{Dy} := \frac{F_{DYy} + F_{DXy}}{3} = 1431.2167 \text{ N}$$

Las fuerzas B y D serán divididas para tres por estar aplicada a tres cuerpos que concurren en ese eslabón

Calculo de los momentos

Tramo BC

$$0 \leq x \leq 0.165$$

$$M = F_{By} \cdot x$$

$$x = 0 \quad M_1 := F_{By} \cdot 0 \cdot m = 0 \text{ J}$$

$$x = 0.165 \quad M_2 := F_{By} \cdot 0.165 \cdot m = -62.046 \text{ J}$$

$$D1 := 0.0658 \cdot \cos(9.18^\circ) = 0.0649572$$

Tramo CE

$$0.165 \leq x \leq 0.2299572$$

$$M = F_{By} \cdot x + F_{Dy} \cdot (x - 0.165)$$

$$x = 0.165 \quad M_3 := F_{By} \cdot 0.165 \cdot m + F_{Dy} \cdot (0.165 - 0.165) \cdot m = -62.046 \text{ J}$$

$$x = 0.22995 \quad M_4 := F_{By} \cdot 0.22995 \cdot m + F_{Dy} \cdot (0.2299572 - 0.165) \cdot m = 6.499 \text{ J}$$

$$M_{\text{maximo}} := -M_2 = 62.046 \text{ J}$$

$$M_{\text{total}} := F_{\text{coco}x} \cdot 0.0658 \cdot m \cdot \sin(9.18^\circ) - F_{\text{coco}y} \cdot 0.0658 \cdot m \cdot \cos(9.18^\circ)$$

$$M_{\text{total}} := 6.49 \cdot J$$



Diagrama de fuerzas

De acuerdo a los cálculos anteriores se concluye que los mayores esfuerzos a los que está sometida la viga serán de flexión



Diagrama de momentos

Dimensionamiento de los elementos

Determinación del módulo de sección Z mínimo requerido

$$S_Y := 250 \cdot \text{MPa}$$

Esfuerzo de fluencia material AISI A36

$$F_S := 1.5$$

Factor de seguridad

$$S := \frac{S_Y}{F_S} = 166.667 \text{ MPa}$$

$$Z_{requerido} := \frac{M_{maximo}}{S} = 0.000000372 \text{ m}^3$$

$$Z_{requerido} = 372.273763 \text{ mm}^3$$

Modulo de sección mínimo requerido

Determinacion del modulo de seccion real

$$h := 0.025 \cdot m$$

Dimensiones de la sección rectangular

$$b := 0.006 \cdot m$$

$$Z_{real} := \frac{b \cdot h^2}{6} = 0.000000625 \text{ m}^3$$

$$Z_{real} = 625 \text{ mm}^3$$

Modulo de sección real

Comprobacion del diseño

$$r := \frac{Z_{real}}{Z_{requerido}} = 1.679$$

Factor de seguridad de la barra BCE

Calculo de los pernos C y D

Perno C

$$F_C := \sqrt{F_{CX}^2 + F_{CY}^2}$$

$$F_C = 4317.222 \text{ N}$$

Fuerza aplicada

$$A_{esfuerzotension} := 36.6 \cdot \text{mm}^2$$

Área de esfuerzo de tensión, M8x1.25
tabla 8-1. Pág. 398, Shigley 8va. Edición

$$\tau_{prom} := \frac{F_C}{2 \cdot A_{esfuerzotension}}$$

$$\tau_{prom} = (5.898 \cdot 10^7) \text{ Pa}$$

$$\tau_{permisible} := 240 \cdot \text{MPa}$$

$$r_{perno} := \frac{\tau_{permisible}}{\tau_{prom}} = 4.069$$

Pernos sometidos a cortante doble, la fuerza actúa en las dos caras

Esfuerzo máximo permisible, tabla 8-11. Pág. 420, Shigley 8va. Edición

Factor de seguridad

Perno B

$$F_C := \sqrt{F_{BX}^2 + F_{BY}^2}$$

$$F_C = 1802.584 \text{ N}$$

$$A_{esfuerzotension} := 36.6 \cdot \text{mm}^2$$

$$\tau_{prom} := \frac{F_C}{2 \cdot A_{esfuerzotension}}$$

$$\tau_{prom} = (2.463 \cdot 10^7) \text{ Pa}$$

$$\tau_{permisible} := 240 \cdot \text{MPa}$$

$$r_{perno} := \frac{\tau_{permisible}}{\tau_{prom}} = 9.746$$

Área de esfuerzo de tensión, M8x1.25 tabla 8-1. Pág. 398, Shigley 8va. Edición

Esfuerzo máximo permisible, tabla 8-11. Pág. 420, Shigley 8va. Edición

Factor de seguridad

DISEÑO POR RESISTENCIA A LA FATIGA (SISTEMA DE DESCORTEZADO)

Verificación del diseño por fatiga de la barra BCE del sistema descortezado sometida a mayores requerimiento de esfuerzos.

$$h := 0.025 \cdot m$$

La barra tiene una sección rectangular donde va a ser aplicada la fuerza a flexión

$$ba := 0.006 \cdot m$$

$$S_{ut} := 400 \cdot MPa$$

Valores correspondientes para el acero AISI A36

$$S_y := 250 \cdot MPa$$

$$S_e' := 0.504 \cdot S_{ut}$$

Ecuación cuando la resistencia ultima a la tensión es menor a 1400 MPa

$$S_e' = 201.6 \cdot MPa$$

Factores modificadores del límite de resistencia a la fatiga

$$a := 57.7 \cdot MPa$$

$$b := -0.718$$

$$k_a := a \cdot S_{ut}^b$$

Factor de superficie para acero laminado en caliente

$$k_a := 0.7814$$

$$d_e := 0.808 (h \cdot ba)^{\frac{1}{2}}$$

Para elementos rectangulares

$$d_e = 0.01 \cdot m$$

$$de := 10$$

Factor de tamaño

$$k_b := \left(\frac{de}{7.62} \right)^{-0.1133}$$

$$k_b = 0.97$$

$$k_c := 1.0$$

Factor de carga, carga axial cuando la resistencia ultima a la tensión es menor a 1520 MPa

$$k_d := 1.010$$

Factor de temperatura
Temperatura de 50 ° C

$$k_e := 1.0$$

No se prevé corrosión ni otros factores que reduzcan o aumenten la resistencia

$$S_e := k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e \cdot S_e'$$

$$S_e = 154.28 \text{ MPa}$$

Límite de resistencia a la fatiga

$$M_b := 62.046 \cdot J$$

Momento flector máximo

$$Z := \frac{ba \cdot h^2}{6}$$

Modulo de sección

$$Z = (6.25 \cdot 10^{-7}) \text{ m}^3$$

$$Z = 625 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_b := \frac{M_b}{Z}$$

$$\sigma_b = 99.274 \text{ MPa}$$

Esfuerzo requerido

El esfuerzo es menor que el límite de resistencia a la fatiga: así la pieza tendrá una duración infinita.

$$a := \frac{(0.9 \cdot S_{ut})^2}{S_e}$$

$$a = 840.029 \text{ MPa}$$

$$b := \frac{-1}{3} \cdot \log\left(\frac{0.9 \cdot S_{ut}}{S_e}\right)$$

$$b = -0.123$$

$$N := \left(\frac{\sigma_b}{a}\right)^{\frac{1}{b}}$$

Estimación la duración del número de ciclos a la falla

$$N = 3.639 \cdot 10^7$$

Vida infinita

MECANISMO DE DESCORTEZADO



$Carrera = C$

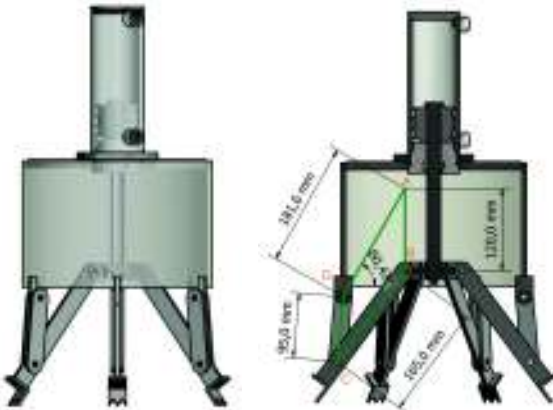
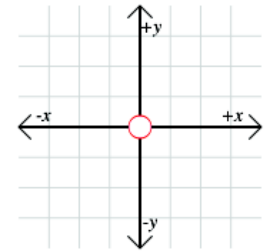
Sistema de coordenadas a usar:

$$AB = r_1$$

$$BC = r_2$$

$$AD = r_3$$

$$DC = r_4$$



Nota: Por efectos de cálculo se omiten unidades

$$C := 0 \text{ mm}$$

Variable para introducir dato de carrera del cilindro

$$r_1 := C$$

$\theta_1 = 90^\circ$, variación del ángulo del eslabón con respecto al eje "x"

$$r_2 := 165 \text{ mm}$$

θ_2 , variación del ángulo del eslabón con respecto al eje "x"

$$r_3 := 181.6 \text{ mm}$$

$\theta_3 := 60.47 \text{ deg}$ variación del ángulo del eslabón con respecto al eje "x"

$$r_4 := 95 \text{ mm}$$

θ_4 , variación del ángulo del eslabón con respecto al eje "x"

Aplicando euler se obtienen las siguientes ecuaciones, suma vectorial:

$$r_2 + r_1 = r_4 + r_3$$

$$r_2 \cdot e^{i \cdot \theta_2} + r_1 \cdot e^{i \cdot \theta_1} = r_4 \cdot e^{i \cdot \theta_4} + r_3 \cdot e^{i \cdot \theta_3}$$

$$r_2 (\cos(\theta_2) + i \cdot \sin(\theta_2)) + r_1 (\cos(\theta_1) + i \cdot \sin(\theta_1)) = r_4 (\cos(\theta_4) + i \cdot \sin(\theta_4)) + r_3 (\cos(\theta_3) + i \cdot \sin(\theta_3))$$

Igualando parte real con parte imaginaria respectivamente, se obtiene el siguiente sistema de ecuaciones:

$$r_2 \cdot \cos(\theta_2) = r_4 \cdot \cos(\theta_4) + r_3 \cdot \cos(\theta_3) \quad ; \quad A := r_3 \cdot \cos(\theta_3) = 89.51 \text{ mm}$$

$$r_2 \cdot \sin(\theta_2) + r_1 = r_4 \cdot \sin(\theta_4) + r_3 \cdot \sin(\theta_3) \quad ; \quad B := r_3 \cdot \sin(\theta_3) = 158.01 \text{ mm}$$

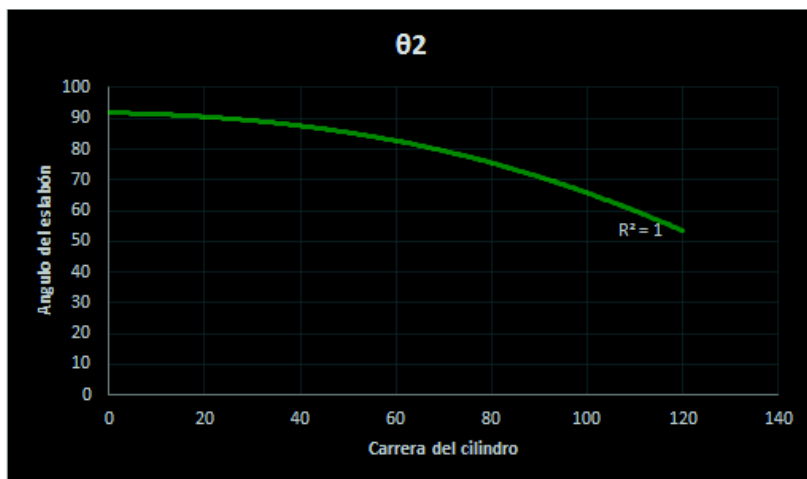
Guess Values	$\theta_2 := 90 \text{ deg}$
	$\theta_4 := 90 \text{ deg}$
Constraints	$r_2 \cdot \cos(\theta_2) = r_4 \cdot \cos(\theta_4) + r_3 \cdot \cos(\theta_3)$
	$r_2 \cdot \sin(\theta_2) + r_1 = r_4 \cdot \sin(\theta_4) + r_3 \cdot \sin(\theta_3)$
Solver	Resp := find $(\theta_2, \theta_4) = \begin{bmatrix} 91.82 \\ 175.83 \end{bmatrix} \text{ deg}$

$$C = 0 \text{ mm}$$

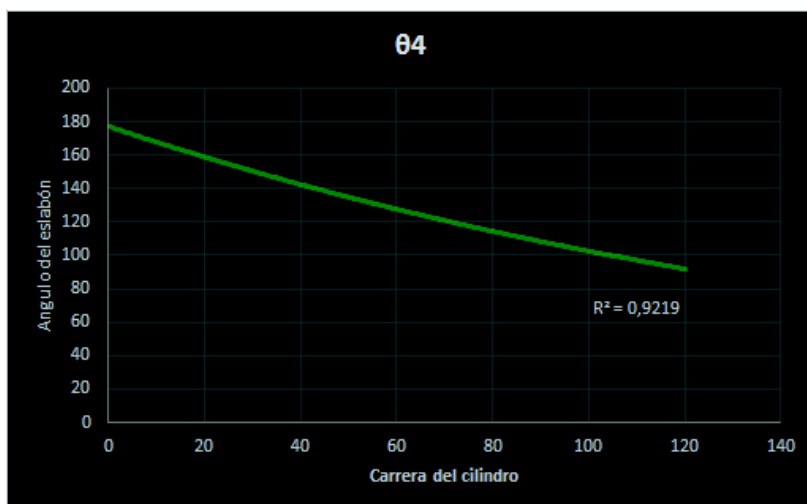
$$\theta_2 := \text{Resp}(0) = 91.82 \text{ deg}$$

$$\theta_4 := \text{Resp}(1) = 175.83 \text{ deg}$$

Variación del ángulo del eslabón 2 con respecto a la carrera



Variación del ángulo del eslabón 4 con respecto a la carrera



MECANISMO DE DESCORTEZADO



$Carrera = C$

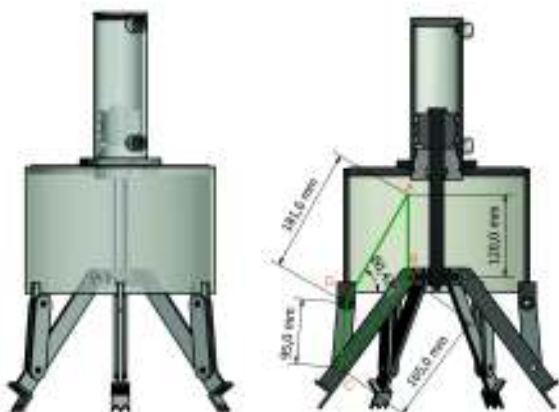
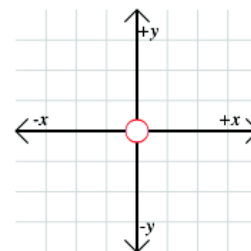
Sistema de coordenadas a usar:

$$AB = r_1$$

$$BC = r_2$$

$$AD = r_3$$

$$DC = r_4$$



Nota: Por efectos de cálculo se omiten unidades

$$C := 30 \text{ mm}$$

Variable para introducir dato de carrera del cilindro

$$r_1 := C$$

$\theta_1 = 90^\circ$, variación del ángulo del eslabón con respecto al eje "x"

$$r_2 := 165 \text{ mm}$$

θ_2 , variación del ángulo del eslabón con respecto al eje "x"

$$r_3 := 181.6 \text{ mm}$$

$\theta_3 := 60.47 \text{ deg}$ variación del ángulo del eslabón con respecto al eje "x"

$$r_4 := 95 \text{ mm}$$

θ_4 , variación del ángulo del eslabón con respecto al eje "x"

Aplicando euler se obtienen las siguientes ecuaciones, suma vectorial:

$$r_2 + r_1 = r_4 + r_3$$

$$r_2 \cdot e^{i \cdot \theta_2} + r_1 \cdot e^{i \cdot \theta_1} = r_4 \cdot e^{i \cdot \theta_4} + r_3 \cdot e^{i \cdot \theta_3}$$

$$r_2 (\cos(\theta_2) + i \cdot \sin(\theta_2)) + r_1 (\cos(\theta_1) + i \cdot \sin(\theta_1)) = r_4 (\cos(\theta_4) + i \cdot \sin(\theta_4)) + r_3 (\cos(\theta_3) + i \cdot \sin(\theta_3))$$

Igualando parte real con parte imaginaria respectivamente, se obtiene el siguiente sistema de ecuaciones:

$$r_2 \cdot \cos(\theta_2) = r_4 \cdot \cos(\theta_4) + r_3 \cdot \cos(\theta_3) \quad ; \quad A := r_3 \cdot \cos(\theta_3) = 89.51 \text{ mm}$$

$$r_2 \cdot \sin(\theta_2) + r_1 = r_4 \cdot \sin(\theta_4) + r_3 \cdot \sin(\theta_3) \quad ; \quad B := r_3 \cdot \sin(\theta_3) = 158.01 \text{ mm}$$

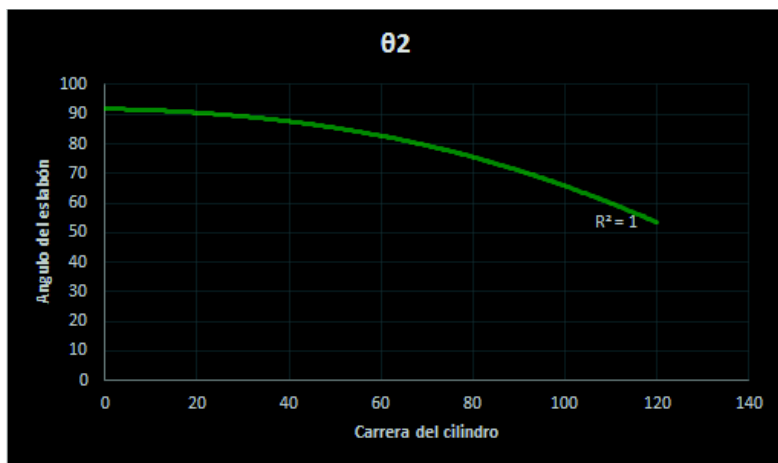
Guess Values	$\theta_2 := 90 \text{ deg}$
	$\theta_4 := 90 \text{ deg}$
Constraints	$r_2 \cdot \cos(\theta_2) = r_4 \cdot \cos(\theta_4) + r_3 \cdot \cos(\theta_3)$
	$r_2 \cdot \sin(\theta_2) + r_1 = r_4 \cdot \sin(\theta_4) + r_3 \cdot \sin(\theta_3)$
Solver	Resp := find $(\theta_2, \theta_4) = \begin{bmatrix} 89.31 \\ 157.09 \end{bmatrix} \text{ deg}$

$$C = 30 \text{ mm}$$

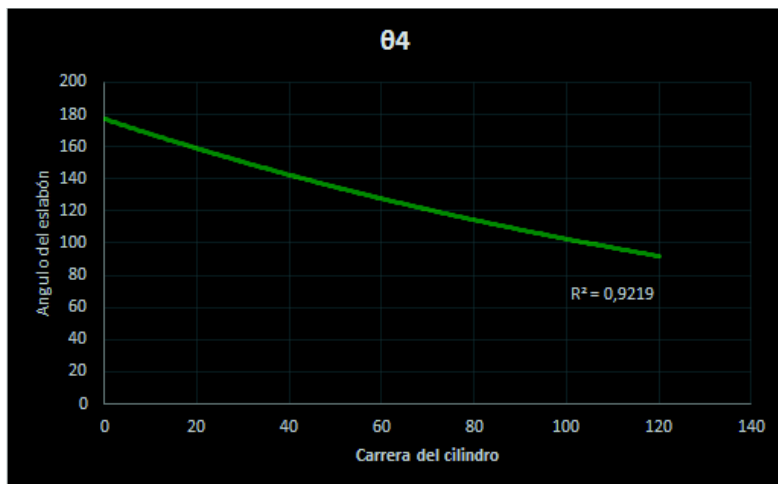
$$\theta_2 := \text{Resp}(0) = 89.31 \text{ deg}$$

$$\theta_4 := \text{Resp}(1) = 157.09 \text{ deg}$$

Variación del ángulo del eslabón 2 con respecto a la carrera



Variación del ángulo del eslabón 4 con respecto a la carrera



MECANISMO DE DESCORTEZADO



$Carrera = C$

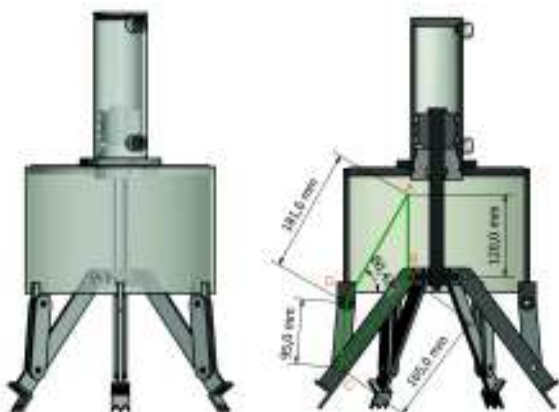
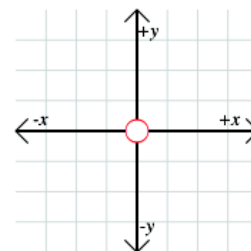
Sistema de coordenadas a usar:

$$AB = r_1$$

$$BC = r_2$$

$$AD = r_3$$

$$DC = r_4$$



Nota: Por efectos de cálculo se omiten unidades

$$C := 60 \text{ mm}$$

Variable para introducir dato de carrera del cilindro

$$r_1 := C$$

$\theta_1 = 90^\circ$, variación del ángulo del eslabón con respecto al eje "x"

$$r_2 := 165 \text{ mm}$$

θ_2 , variación del ángulo del eslabón con respecto al eje "x"

$$r_3 := 181.6 \text{ mm}$$

$\theta_3 := 60.47 \text{ deg}$ variación del ángulo del eslabón con respecto al eje "x"

$$r_4 := 95 \text{ mm}$$

θ_4 , variación del ángulo del eslabón con respecto al eje "x"

Aplicando euler se obtienen las siguientes ecuaciones, suma vectorial:

$$r_2 + r_1 = r_4 + r_3$$

$$r_2 \cdot e^{i \cdot \theta_2} + r_1 \cdot e^{i \cdot \theta_1} = r_4 \cdot e^{i \cdot \theta_4} + r_3 \cdot e^{i \cdot \theta_3}$$

$$r_2 (\cos(\theta_2) + i \cdot \sin(\theta_2)) + r_1 (\cos(\theta_1) + i \cdot \sin(\theta_1)) = r_4 (\cos(\theta_4) + i \cdot \sin(\theta_4)) + r_3 (\cos(\theta_3) + i \cdot \sin(\theta_3))$$

Igualando parte real con parte imaginaria respectivamente, se obtiene el siguiente sistema de ecuaciones:

$$r_2 \cdot \cos(\theta_2) = r_4 \cdot \cos(\theta_4) + r_3 \cdot \cos(\theta_3) \quad ; \quad A := r_3 \cdot \cos(\theta_3) = 89.51 \text{ mm}$$

$$r_2 \cdot \sin(\theta_2) + r_1 = r_4 \cdot \sin(\theta_4) + r_3 \cdot \sin(\theta_3) \quad ; \quad B := r_3 \cdot \sin(\theta_3) = 158.01 \text{ mm}$$

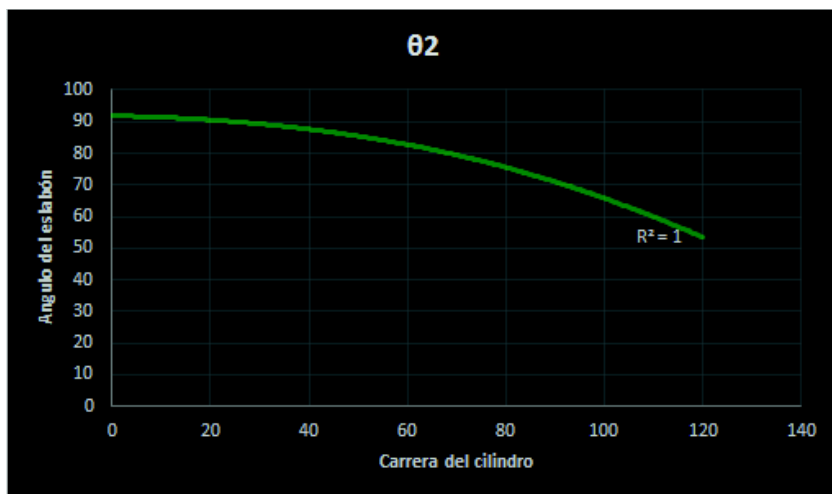
Guess Values	$\theta_2 := 90 \text{ deg}$
	$\theta_4 := 90 \text{ deg}$
Constraints	$r_2 \cdot \cos(\theta_2) = r_4 \cdot \cos(\theta_4) + r_3 \cdot \cos(\theta_3)$
	$r_2 \cdot \sin(\theta_2) + r_1 = r_4 \cdot \sin(\theta_4) + r_3 \cdot \sin(\theta_3)$
Solver	Resp := find $(\theta_2, \theta_4) = \begin{bmatrix} 82.74 \\ 136.27 \end{bmatrix} \text{ deg}$

$$C = 60 \text{ mm}$$

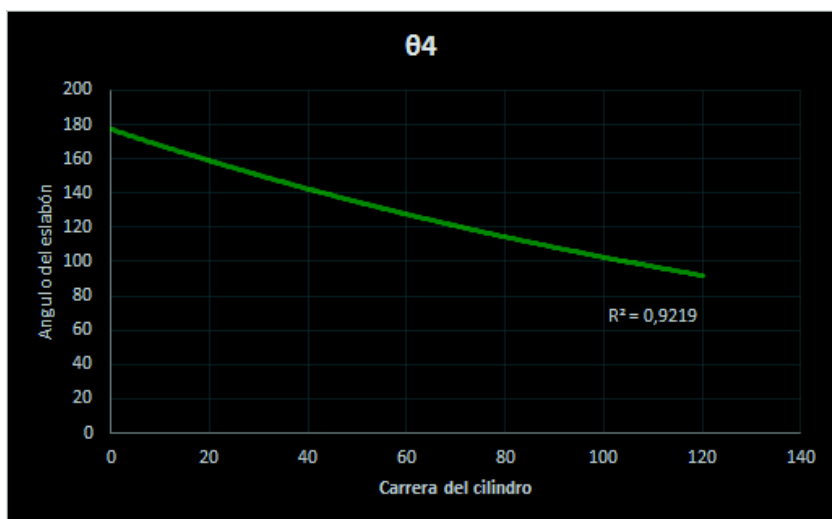
$$\theta_2 := \text{Resp}(0) = 82.74 \text{ deg}$$

$$\theta_4 := \text{Resp}(1) = 136.27 \text{ deg}$$

Variación del ángulo del eslabón 2 con respecto a la carrera



Variación del ángulo del eslabón 4 con respecto a la carrera



MECANISMO DE DESCORTEZADO



$Carrera = C$

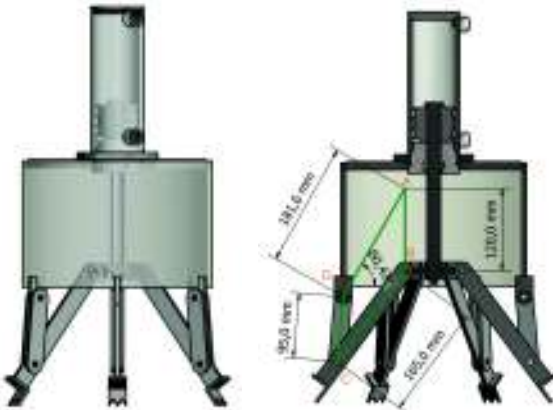
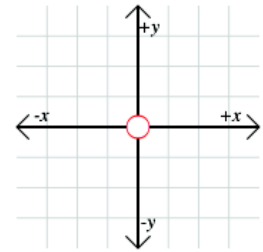
Sistema de coordenadas a usar:

$$AB = r_1$$

$$BC = r_2$$

$$AD = r_3$$

$$DC = r_4$$



Nota: Por efectos de cálculo se omiten unidades

$$C := 90 \text{ mm}$$

Variable para introducir dato de carrera del cilindro

$$r_1 := C$$

$\theta_1 = 90^\circ$, variación del ángulo del eslabón con respecto al eje "x"

$$r_2 := 165 \text{ mm}$$

θ_2 , variación del ángulo del eslabón con respecto al eje "x"

$$r_3 := 181.6 \text{ mm}$$

$\theta_3 := 60.47 \text{ deg}$ variación del ángulo del eslabón con respecto al eje "x"

$$r_4 := 95 \text{ mm}$$

θ_4 , variación del ángulo del eslabón con respecto al eje "x"

Aplicando euler se obtienen las siguientes ecuaciones, suma vectorial:

$$r_2 + r_1 = r_4 + r_3$$

$$r_2 \cdot e^{i \cdot \theta_2} + r_1 \cdot e^{i \cdot \theta_1} = r_4 \cdot e^{i \cdot \theta_4} + r_3 \cdot e^{i \cdot \theta_3}$$

$$r_2 (\cos(\theta_2) + i \cdot \sin(\theta_2)) + r_1 (\cos(\theta_1) + i \cdot \sin(\theta_1)) = r_4 (\cos(\theta_4) + i \cdot \sin(\theta_4)) + r_3 (\cos(\theta_3) + i \cdot \sin(\theta_3))$$

Igualando parte real con parte imaginaria respectivamente, se obtiene el siguiente sistema de ecuaciones:

$$r_2 \cdot \cos(\theta_2) = r_4 \cdot \cos(\theta_4) + r_3 \cdot \cos(\theta_3) \quad ; \quad A := r_3 \cdot \cos(\theta_3) = 89.51 \text{ mm}$$

$$r_2 \cdot \sin(\theta_2) + r_1 = r_4 \cdot \sin(\theta_4) + r_3 \cdot \sin(\theta_3) \quad ; \quad B := r_3 \cdot \sin(\theta_3) = 158.01 \text{ mm}$$

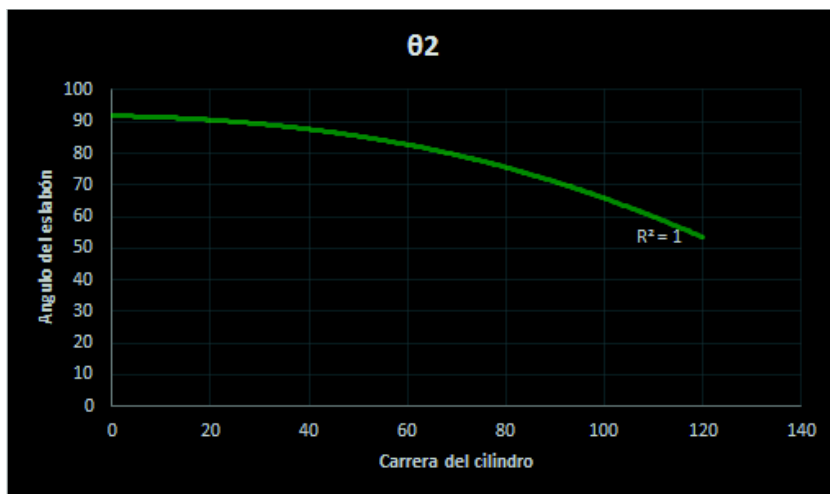
Guess Values	$\theta_2 := 90 \text{ deg}$
	$\theta_4 := 90 \text{ deg}$
Constraints	$r_2 \cdot \cos(\theta_2) = r_4 \cdot \cos(\theta_4) + r_3 \cdot \cos(\theta_3)$
	$r_2 \cdot \sin(\theta_2) + r_1 = r_4 \cdot \sin(\theta_4) + r_3 \cdot \sin(\theta_3)$
Solver	Resp := find $(\theta_2, \theta_4) = \begin{bmatrix} 71 \\ 112.13 \end{bmatrix} \text{ deg}$

$$C = 90 \text{ mm}$$

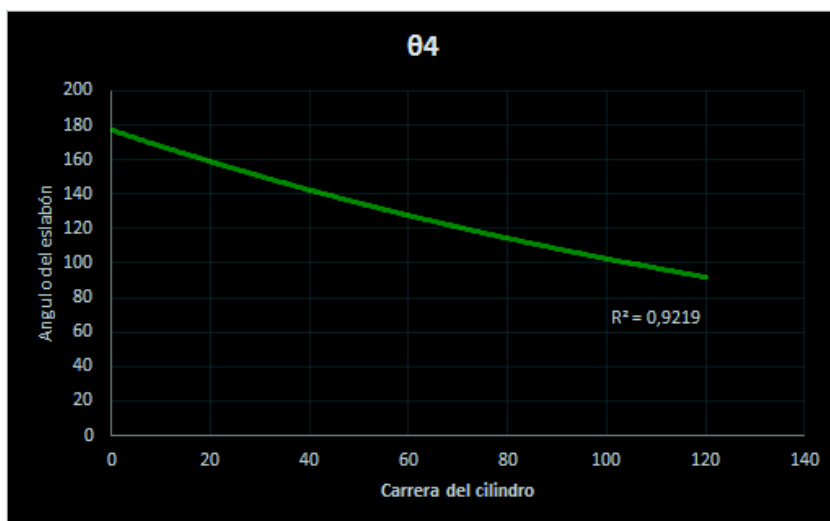
$$\theta_2 := \text{Resp}(0) = 71 \text{ deg}$$

$$\theta_4 := \text{Resp}(1) = 112.13 \text{ deg}$$

Variación del ángulo del eslabón 2 con respecto a la carrera



Variación del ángulo del eslabón 4 con respecto a la carrera



MECANISMO DE DESCORTEZADO



$Carrera = C$

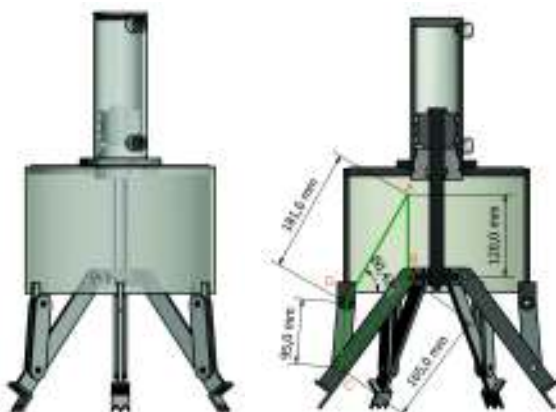
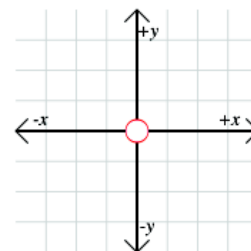
Sistema de coordenadas a usar:

$$AB = r_1$$

$$BC = r_2$$

$$AD = r_3$$

$$DC = r_4$$



Nota: Por efectos de cálculo se omiten unidades

$$C := 120.00 \text{ mm}$$

Variable para introducir dato de carrera del cilindro

$$r_1 := C$$

$\theta_1 = 90^\circ$, variación del ángulo del eslabón con respecto al eje "x"

$$r_2 := 165 \text{ mm}$$

θ_2 , variación del ángulo del eslabón con respecto al eje "x"

$$r_3 := 181.6 \text{ mm}$$

$\theta_3 := 60.47 \text{ deg}$ variación del ángulo del eslabón con respecto al eje "x"

$$r_4 := 95 \text{ mm}$$

θ_4 , variación del ángulo del eslabón con respecto al eje "x"

Aplicando euler se obtienen las siguientes ecuaciones, suma vectorial:

$$r_2 + r_1 = r_4 + r_3$$

$$r_2 \cdot e^{i \cdot \theta_2} + r_1 \cdot e^{i \cdot \theta_1} = r_4 \cdot e^{i \cdot \theta_4} + r_3 \cdot e^{i \cdot \theta_3}$$

$$r_2 (\cos(\theta_2) + i \cdot \sin(\theta_2)) + r_1 (\cos(\theta_1) + i \cdot \sin(\theta_1)) = r_4 (\cos(\theta_4) + i \cdot \sin(\theta_4)) + r_3 (\cos(\theta_3) + i \cdot \sin(\theta_3))$$

Iguando parte real con parte imaginaria respectivamente, se obtiene el siguiente sistema de ecuaciones:

$$r_2 \cdot \cos(\theta_2) = r_4 \cdot \cos(\theta_4) + r_3 \cdot \cos(\theta_3) \quad ; \quad A := r_3 \cdot \cos(\theta_3) = 89.51 \text{ mm}$$

$$r_2 \cdot \sin(\theta_2) + r_1 = r_4 \cdot \sin(\theta_4) + r_3 \cdot \sin(\theta_3) \quad ; \quad B := r_3 \cdot \sin(\theta_3) = 158.01 \text{ mm}$$

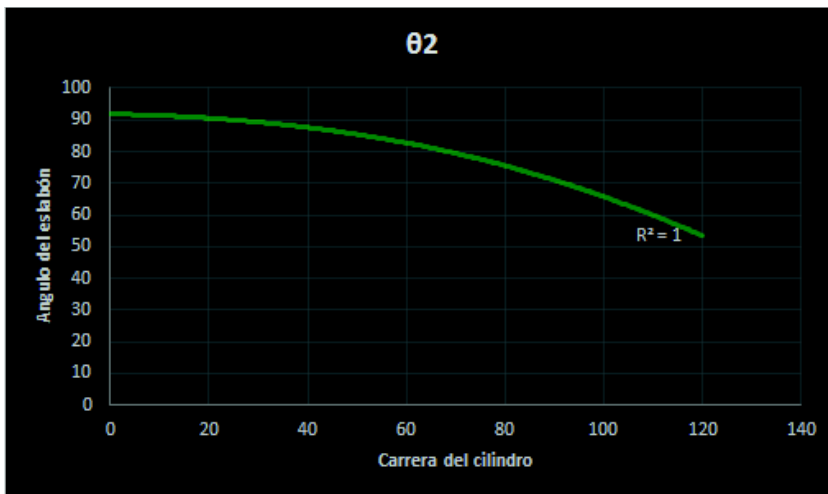
Guess Values	$\theta_2 := 90 \text{ deg}$
	$\theta_4 := 90 \text{ deg}$
Constraints	$r_2 \cdot \cos(\theta_2) = r_4 \cdot \cos(\theta_4) + r_3 \cdot \cos(\theta_3)$
	$r_2 \cdot \sin(\theta_2) + r_1 = r_4 \cdot \sin(\theta_4) + r_3 \cdot \sin(\theta_3)$
Solver	Resp := find $(\theta_2, \theta_4) = \begin{bmatrix} 53.49 \\ 84.76 \end{bmatrix} \text{ deg}$

$C = 120 \text{ mm}$

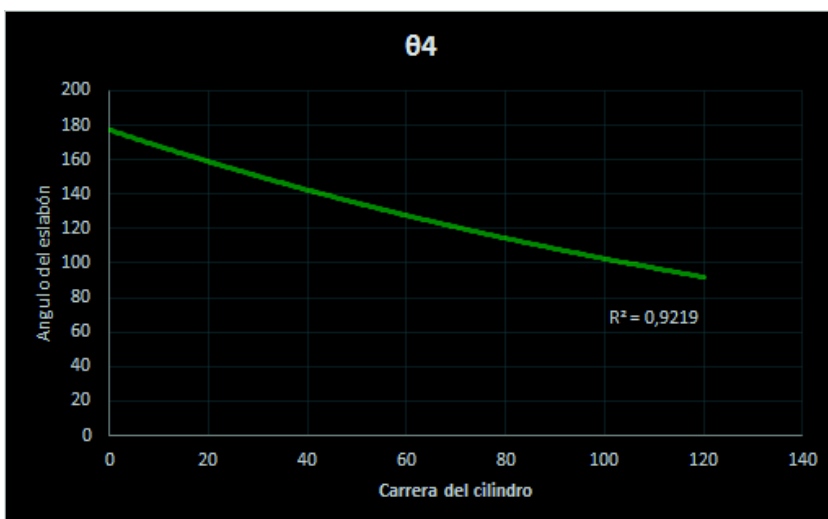
$\theta_2 := \text{Resp}(0) = 53.49 \text{ deg}$

$\theta_4 := \text{Resp}(1) = 84.76 \text{ deg}$

Variación del ángulo del eslabón 2 con respecto a la carrera



Variación del ángulo del eslabón 4 con respecto a la carrera



CALCULO DE VARIABLES DEL MECANISMO INFERIOR DE SUJECIÓN

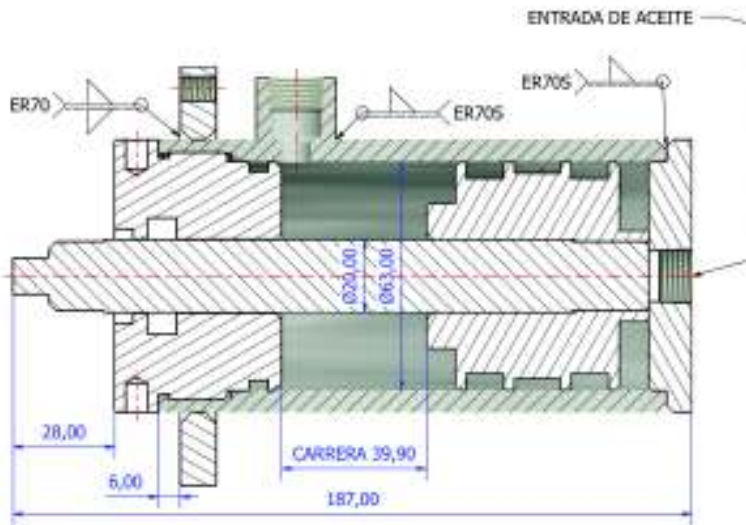
Ensayos de Compresión del coco realizados con la prensa oleohidraulica Hidraulic Jack de 30 Ton. del laboratorio de Materiales de la EPN.

$P_{ingreso} := 300 \text{ psi} = (2.068 \cdot 10^6) \text{ Pa}$	Presión para el ingreso de los dientes en la fibra.
$r_{embolo} := 1.1 \text{ in} = 0.028 \text{ m}$	Radio del embolo de la prensa de 30 Ton.
$A_{embolo} := \pi \cdot (r_{embolo})^2 = 0.002 \text{ m}^2$	Área del embolo de la prensa de 30 Ton.
$F_{ingresototal} := P_{ingreso} \cdot A_{embolo} = (5.073 \cdot 10^3) \text{ N}$	Fuerza total para el ingreso de los dientes en la fibra del coco.

Determinación de las características del cilindro de sujeción

$P_{nominal} := 1450 \text{ psi} = (9.997 \cdot 10^6) \text{ Pa}$	Se asume una presión nominal de la bomba según especificaciones del proveedor INTEGRAL HIDRAULIK
$P_{nominal} := 1450 \text{ psi} = 99.974 \text{ bar}$	
$A_{c1} := \frac{F_{ingresototal}}{P_{nominal}} = (5.074 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^2$	Área del pistón
$r_{c1} := \sqrt{\frac{A_{c1}}{\pi}} = 0.013 \text{ m}$	
$d_{c1} := 2 \cdot r_{c1} = 25.418 \text{ mm}$	
$d_{c1} = 1.001 \text{ in}$	Diámetro del pistón sujeción
$d_{comercial} := 2.50 \text{ in} = 63.5 \text{ mm}$	Diámetro comercial proveedor
$l_{carrera1} := 40 \text{ mm}$	Carrera establecida en base a los diversos diámetros del coco
$t_{carrera1} := 1 \text{ s}$	Tiempo estimado de operación despliegue total del cilindro
$V_{c1} := \frac{l_{carrera1}}{t_{carrera1}} = 0.04 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	
$V_{c1} = 2.4 \left(\frac{\text{m}}{\text{min}} \right)$	Velocidad del pistón
$Q_{c1} := A_{c1} \cdot V_{c1} = (2.03 \cdot 10^{-5}) \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$	
$Q_{c1} = 1.218 \frac{\text{L}}{\text{min}}$	$Q_{c1} = 0.322 \frac{\text{gal}}{\text{min}}$
	Caudal del cilindro sujeción

CILINDRO FABRICADO DE SUJECIÓN



DATOS PRELIMINARES

$$P := 750 \text{ psi}$$

Presión de trabajo del sistema

$$q := 4 \frac{\text{cm}^3}{\text{rev}}$$

Especificaciones de caudal bomba

$$\text{RPM} := 1415 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$$

Revoluciones por minuto del motor

$$Q := q \cdot \text{RPM} = 94.333 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}$$

Caudal de la bomba

$$\text{Carrera} := 39.90 \text{ mm}$$

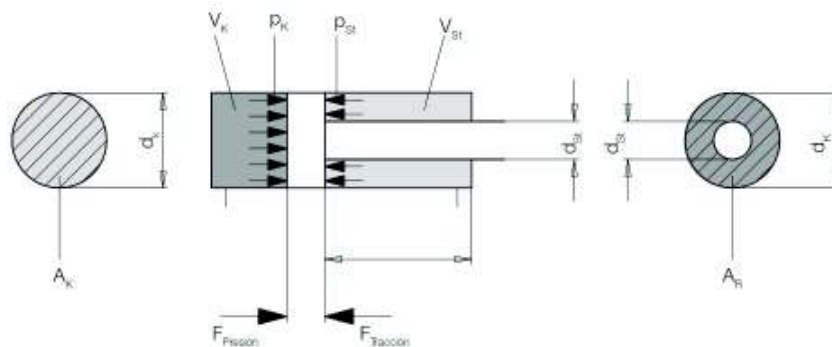
Carrera del cilindro hidráulico

$$D_{\text{embolo}} := 63 \text{ mm}$$

Diámetro del embolo

$$d_{\text{vástago}} := 20 \text{ mm}$$

Diámetro vástago

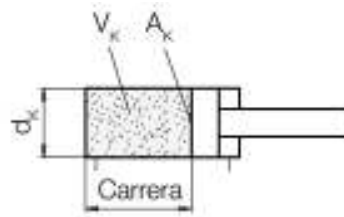


PRESIÓN

Calculo del área del embolo

$$A_{presion} := \frac{\pi \cdot D_{embolo}^2}{4}$$

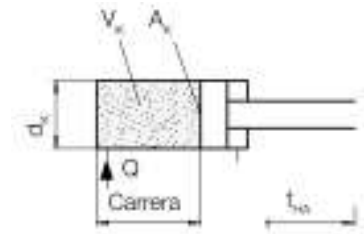
$$A_{presion} = 31.17 \text{ cm}^2$$



Volumen en compresión

$$Vol_{presion} := A_{presion} \cdot Carrera$$

$$Vol_{presion} = 0.12 \text{ L}$$



Tiempo de avance

$$T_{avance} := \frac{Vol_{presion}}{Q}$$

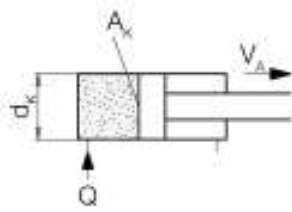
$$T_{avance} = 1.32 \text{ s}$$

Fuerza de compresión

$$F_{presion} := P \cdot A_{presion}$$

$$F_{presion} = (1.612 \cdot 10^4) \text{ N}$$

$$F_{presion} = 1.81 \text{ tonf}$$



Velocidad de avance

$$V_{avance} := \frac{Carrera}{T_{avance}}$$

$$V_{avance} = 3.03 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

Velocidad del pistón

$$V_{piston} := \frac{Q}{A_{presion}}$$

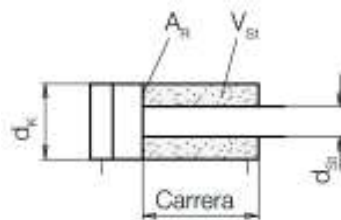
$$V_{piston} = 3.03 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

TRACCIÓN

Calculo del área efectiva en tracción

$$A_{traccion} := A_{presion} - \frac{\pi \cdot d_{vastago}^2}{4}$$

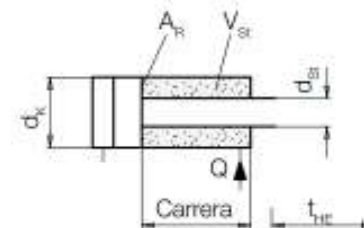
$$A_{traccion} = 28.03 \text{ cm}^2$$



Volumen en tracción

$$Vol_{traccion} := A_{traccion} \cdot Carrera$$

$$Vol_{traccion} = 0.11 \text{ L}$$



Tiempo de retroceso

$$T_{retroceso} := \frac{Vol_{traccion}}{Q}$$

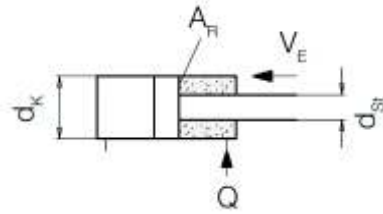
$$T_{retroceso} = 1.19 \text{ s}$$

Fuerza de tracción

$$F_{traccion} := P \cdot A_{traccion}$$

$$F_{traccion} = (1.449 \cdot 10^4) \text{ N}$$

$$F_{traccion} = 1.63 \text{ tonf}$$



Velocidad de retroceso

$$V_{\text{retroceso}} := \frac{\text{Carrera}}{T_{\text{retroceso}}}$$

$$V_{\text{retroceso}} = 3.37 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

RELACIÓN DE FUERZAS

$$R := \frac{F_{\text{presion}}}{F_{\text{traccion}}}$$

$$R = 1.11$$

CALCULO DIÁMETRO MÍNIMO PARA TUBERÍA FLEXIBLE

Tubería de presión

$$Vel_{\text{fluido_presion}} := 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Q = 5.66 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

$$d_{\text{min_presion}} := \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{Vel_{\text{fluido_presion}} \cdot \pi}}$$

$$d_{\text{min_presion}} = 4.9 \text{ mm}$$

Tubería de descarga

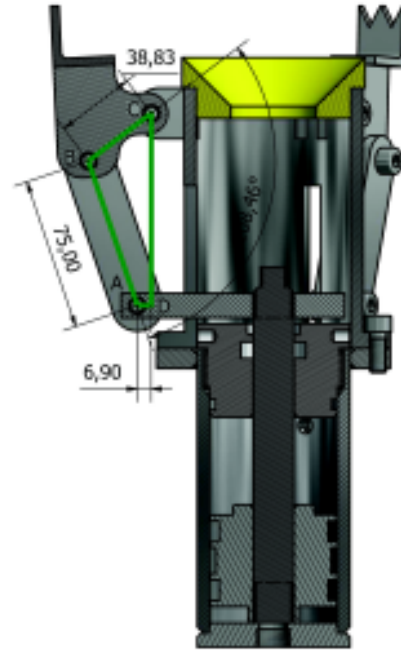
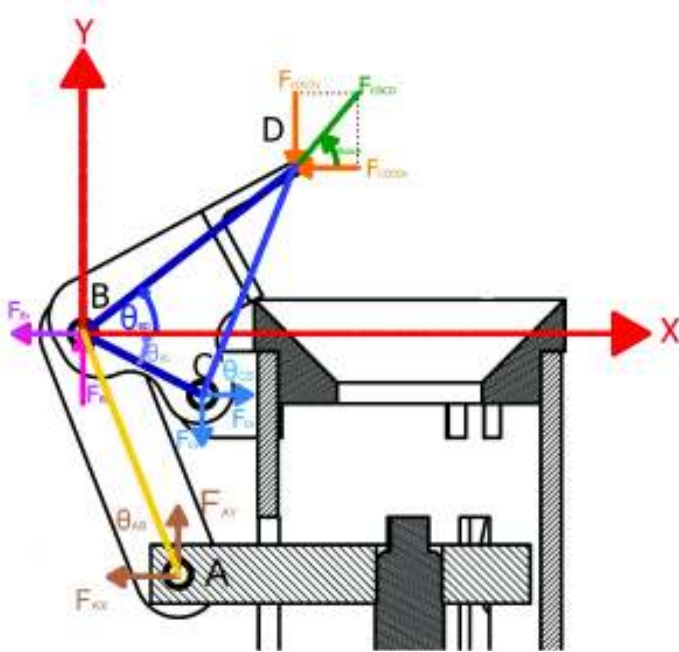
$$Vel_{\text{fluido_descarga}} := 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Q = 5.66 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

$$d_{\text{min_descarga}} := \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{Vel_{\text{fluido_descarga}} \cdot \pi}}$$

$$d_{\text{min_descarga}} = 7.7 \text{ mm}$$

ESTUDIO ESTÁTICO - MECANISMO DE SUJECIÓN



$$\varepsilon FX := 0$$

$$-F_{AX} + F_{CX} - F_{cocoX} = 0$$

$$F_{AX} = F_{CX} - F_{cocoX}$$

$$\varepsilon FY := 0$$

$$-F_{CY} + F_{AY} - F_{cocoY} = 0$$

$$F_{AY} = F_{CY} + F_{cocoY}$$

$$\varepsilon MC := 0 \quad + \text{(horario)}$$

$$dBD := 0.07809 \text{ m} \quad \theta_{CD} := 81.26^\circ$$

$$dAB := 0.075 \text{ m} \quad \theta_{AC} := 82.46^\circ$$

$$dBC := 0.03883 \text{ m} \quad \theta_{AB} := 67.16^\circ$$

$$dAC := 0.05493 \text{ m} \quad \theta_{coco} := 51.80^\circ$$

$$dCD := 0.07106 \text{ m}$$

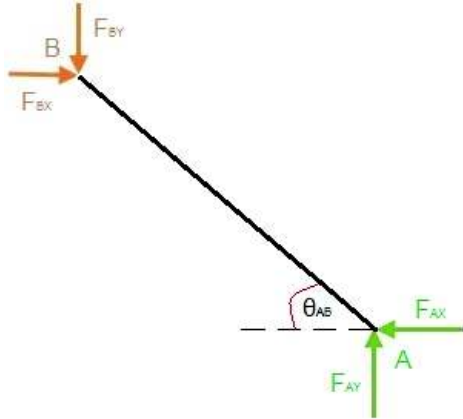
$$F_{cocoY} := 1691 \cdot N$$

$$F_{coco} := \frac{F_{cocoY}}{\sin(\theta_{coco})} = 2151.791 \text{ N}$$

$$F_{cocoX} := F_{coco} \cdot \cos(\theta_{coco}) = 1330.686 \text{ N}$$

$$F_{cocoY} \cdot (dCD \cdot \cos(\theta_{CD})) - F_{cocoX} \cdot (dCD \cdot \sin(\theta_{CD})) + F_{AX} \cdot (dAC \cdot \sin(\theta_{AC})) + F_{AY} \cdot (dAC \cdot \cos(\theta_{AC})) = 0$$

DCL BARRA AB



$$\varepsilon FX := 0$$

$$-F_{AX} + F_{BX} = 0$$

$$\varepsilon FY := 0$$

$$-F_{BY} + F_{AY} = 0$$

$$\varepsilon MB := 0 \quad + \text{(horario)}$$

$$F_{AX} (dAB \cdot \sin(\theta_{AB})) - F_{AY} (dAB \cdot \cos(\theta_{AB})) = 0$$

$$F_{AY} = \tan(\theta_{AB}) \cdot F_{AX}$$

$$F_{AX} := \frac{-F_{cocoY} \cdot (dCD \cdot \cos(\theta_{CD})) + F_{cocoX} \cdot (dCD \cdot \sin(\theta_{CD}))}{(dAC \cdot \sin(\theta_{AC})) + \tan(\theta_{AB}) \cdot (dAC \cdot \cos(\theta_{AC}))}$$

$$F_{AX} = 1050.7683 \text{ N}$$

$$F_{BX} := F_{AX} = 1050.768 \text{ N}$$

$$F_{CX} := F_{AX} + F_{cocoX}$$

$$F_{CX} = 2381.4541 \text{ N}$$

$$F_{AY} := F_{AX} \cdot \tan(\theta_{AB})$$

$$F_{AY} = 2494.8022 \text{ N}$$

$$F_{CY} := F_{AY} - F_{cocoY}$$

$$F_{CY} = 803.8022 \text{ N}$$

$$F_{BY} := F_{AY} = 2494.802 \text{ N}$$

Proyección de las fuerzas al eje de simetría AB

$$F_{BYx} := F_{BY} \cdot \sin(67.16^\circ) = 2299.1907 \text{ N}$$

$$F_{BYy} := -F_{BY} \cdot \cos(67.16^\circ) = -968.3801 \text{ N}$$

$$F_{BXx} := F_{BX} \cdot \cos(67.16^\circ) = 407.8653 \text{ N}$$

$$F_{BXy} := F_{BX} \cdot \sin(67.16^\circ) = 968.3801 \text{ N}$$

$$F_{AYx} := -F_{AY} \cdot \sin(67.16^\circ) = -2299.1907 \text{ N}$$

$$F_{AYy} := F_{AY} \cdot \cos(67.16^\circ) = 968.3801 \text{ N}$$

$$F_{AXx} := -F_{AX} \cdot \cos(67.16^\circ) = -407.8653 \text{ N}$$

$$F_{AXy} := -F_{AX} \cdot \sin(67.16^\circ) = -968.3801 \text{ N}$$

Sumatoria de las fuerzas en los eslabones A y B

$$F_{By} := F_{BYy} + F_{BXy} = 0 \text{ N}$$

$$F_{Bx} := \frac{F_{BYx} + F_{BXx}}{3} = 902.352 \text{ N}$$

Del cálculo se determina que las fuerza actuantes van a ser de compresión

$$F_{Ay} := F_{AYy} + F_{AXy} = 0 \text{ N}$$

$$F_{Ax} := \frac{F_{AYx} + F_{AXx}}{3} = -902.352 \text{ N}$$

Las fuerzas A y B seran divididas para tres por estar aplicada a tres cuerppos que concurren en ese eslabon

Dimensionamiento de los elementos

$$S_Y := 36000 \cdot \text{psi} = 248.211 \text{ MPa}$$

Esfuerzo de fluencia material AISI A36

Determinación del esfuerzo requerido por la barra AB

$$b := 0.006 \cdot m$$

$$h := 0.008 \cdot m$$

$$A_{sec} := b \cdot h = 48 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{requerido} := \frac{F_{Bx}}{A_{sec}} = 18.799 \text{ MPa}$$

La sección a la cual va ser aplicado la fuerza es la proyección de la sección circular

Esfuerzo requerido

Comprobacion del diseño

$$r := \frac{S_Y}{\sigma_{requerido}} = 13.203$$

Factor de seguridad indica el correcto dimensionamiento del material y establecimiento de la sección

Calculo de los pernos A y B

$$F_B := \sqrt{F_{BX}^2 + F_{BY}^2}$$

$$F_B = 2707.056 \text{ N}$$

Fuerza aplicada para los pernos A y B

$$A_{esfuerzotension} := 36.6 \cdot \text{mm}^2$$

Área de esfuerzo de tensión, M8x1.25 tabla 8-1. Pág. 398, Shigley 8va. Edición

$$\tau_{prom} := \frac{F_B}{2 \cdot A_{esfuerzotension}}$$

Pernos sometidos a cortante doble, la fuerza actua en las dos caras

$$\tau_{prom} = 36981639.03 \text{ Pa}$$

$$\tau_{permisible} := 240 \cdot \text{MPa}$$

Esfuerzo máximo permisible, tabla 8-11. Pág. 420, Shigley 8va. Edición

$$r_{perno} := \frac{\tau_{permisible}}{\tau_{prom}} = 6.49$$

Factor de seguridad de los pernos A y B

DISEÑO POR RESISTENCIA A LA FATIGA (SISTEMA DE SUJECIÓN)

Verificación del diseño por fatiga de la barra AB del sistema de sujeción.

$$h := 0.008 \cdot m$$

La sección a la cual va ser aplicado la fuerza es la proyección de la sección circular

$$ba := 0.006 \cdot m$$

$$S_{ut} := 400 \cdot MPa$$

Valores correspondientes para el acero AISI A36

$$S_y := 250 \cdot MPa$$

Criterios tomados del capítulo 6 Fallas por fatiga resultantes de carga variable, Shigley Novena edición.

$$S_e' := 0.504 \cdot S_{ut}$$

Ecuación cuando la resistencia ultima a la tensión es menor a 1400 MPa

$$S_e' = 201.6 \cdot MPa$$

Factores modificadores del límite de resistencia a la fatiga

$$a := 57.7 \cdot MPa$$

$$b := -0.718$$

$$k_a := a \cdot S_{ut}^b$$

Factor de superficie para acero laminado en caliente

$$k_a := 0.7814$$

$$d_e := 0.808 (h \cdot ba)^{\frac{1}{2}}$$

Para elementos rectangulares

$$d_e = 0.006 \cdot m$$

$$de := 6$$

Factor de tamaño

$$k_b := \left(\frac{de}{7.62} \right)^{-0.107}$$

$$k_b = 1.026$$

$$k_c := 0.923$$

Factor de carga, carga axial cuando la resistencia ultima a la tensión es menor a 1520 MPa

$$k_d := 1.010$$

Factor de temperatura
Temperatura de 50 ° C

$$k_e := 1$$

No se prevé corrosión ni otros factores que reduzcan o aumenten la resistencia

$$S_e := k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e \cdot S_e'$$

$$S_e = 150.659 \text{ MPa}$$

Límite de resistencia a la fatiga

$$\sigma_a := 18.799 \cdot \text{MPa}$$

Esfuerzo requerido

El esfuerzo es menor que el límite de resistencia a la fatiga: así la pieza tendrá una duración infinita.

$$a := \frac{(0.9 \cdot S_{ut})^2}{S_e}$$

$$a = 860.223 \text{ MPa}$$

$$b := \frac{-1}{3} \cdot \log\left(\frac{0.9 \cdot S_{ut}}{S_e}\right)$$

$$b = -0.126$$

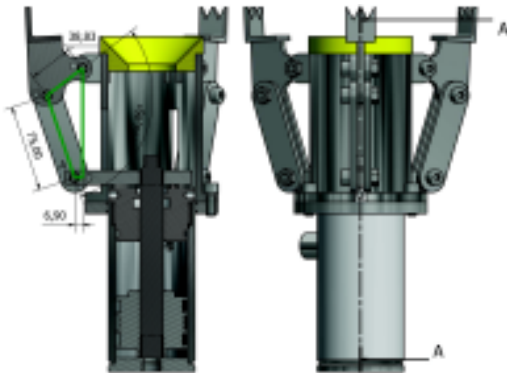
$$N := \left(\frac{\sigma_a}{a}\right)^{\frac{1}{b}}$$

Estimación la duración del número de ciclos a la falla

$$N = 1.471 \cdot 10^{13}$$

Vida infinita

MECANISMO DE SUJECCIÓN



$$AB = r_1$$

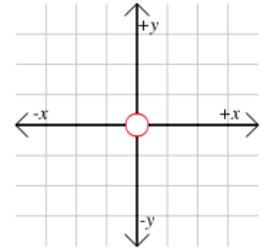
$$BC = r_2$$

$$AD = r_3$$

$$Carrera = C$$

$$CD = r_4$$

Sistema de coordenadas a usar:



Nota: Por efectos de calculo se omiten unidades

$$r_1 := 75 \text{ mm}$$

θ_1 , variación del ángulo del eslabón con respecto al eje "x"

$$r_2 := 38.83 \text{ mm}$$

θ_2 , variación del ángulo del eslabón con respecto al eje "x"

$$r_3 := 6.9 \text{ mm}$$

$\theta_3 = 0^\circ$, variación del ángulo del eslabón con respecto al eje "x"

$$C := 39.90 \text{ mm}$$

Variable para introducir dato de carrera del cilindro

$$r_4 := 94.5 \text{ mm} - C$$

$\theta_4 = 90^\circ$, variación del ángulo del eslabón con respecto al eje "x"

Aplicando euler se obtienen las siguientes ecuaciones, suma vectorial:

$$r_3 + r_4 = r_1 + r_2$$

$$r_3 \cdot e^{i \cdot \theta} + r_4 \cdot e^{i \cdot \theta} = r_1 \cdot e^{i \cdot \theta} + r_2 \cdot e^{i \cdot \theta}$$

$$r_3 (\cos(\theta_3) + i \cdot \sin(\theta_3)) + r_4 (\cos(\theta_4) + i \cdot \sin(\theta_4)) = r_3 (\cos(\theta_3) + i \cdot \sin(\theta_3)) + r_4 (\cos(\theta_4) + i \cdot \sin(\theta_4))$$

Igualando parte real con parte imaginaria respectivamente, se obtiene el siguiente sistema de ecuaciones:

$$r_3 = r_1 \cdot \cos(\theta_1) + r_2 \cdot \cos(\theta_2)$$

$$r_4 = r_1 \cdot \sin(\theta_1) + r_2 \cdot \sin(\theta_2)$$

Elevando al cuadrado y sumando se tiene:

$$\cos(\theta_1 - \theta_2) = \frac{r_3^2 + r_4^2 - r_1^2 - r_2^2}{2 \cdot r_1 \cdot r_2} \rightarrow \cos(\theta_1 - \theta_2) = -0.70460964889690102155$$

$$\theta_1 = \theta_2 + \arccos\left(\frac{r_3^2 + r_4^2 - r_1^2 - r_2^2}{2 \cdot r_1 \cdot r_2}\right) \rightarrow \theta_1 = \theta_2 + 2.3526692183040556189$$

Reemplazando valores en las ecuaciones se tiene:

$$r_3 = r_1 \cdot \cos(\theta_1) + r_2 \cdot \cos(\theta_2)$$

$$r_3 = r_1 \cdot \cos\left(\theta_2 + \arccos\left(\frac{r_3^2 + r_4^2 - r_1^2 - r_2^2}{2 \cdot r_1 \cdot r_2}\right)\right) + r_2 \cdot \cos(\theta_2)$$

Resolvemos la ecuación y obtenemos el ángulo del segundo eslabón

Solver

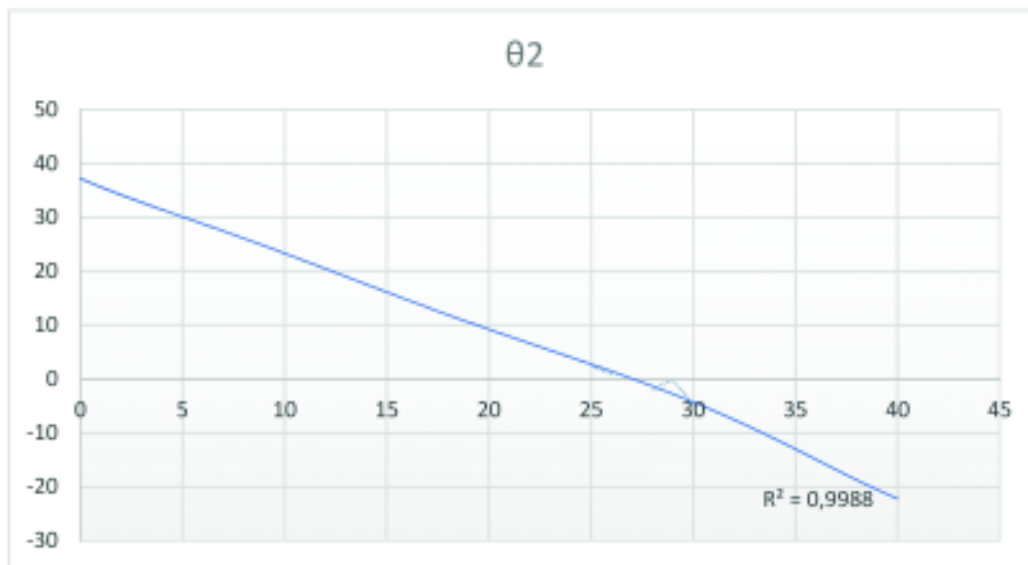
ConstGauss Values

$\theta_2 := 0 \text{ deg}$

$$r_3 = r_1 \cdot \cos\left(\theta_2 + \arccos\left(\frac{r_3^2 + r_4^2 - r_1^2 - r_2^2}{2 \cdot r_1 \cdot r_2}\right)\right) + r_2 \cdot \cos(\theta_2)$$

$\theta_2 := \text{find}(\theta_2) = -21.96 \text{ deg}$

Grafica de la variación del ángulo en función de la carrera



Reemplazamos datos y obtenemos el ángulo del primer eslabón

Solver

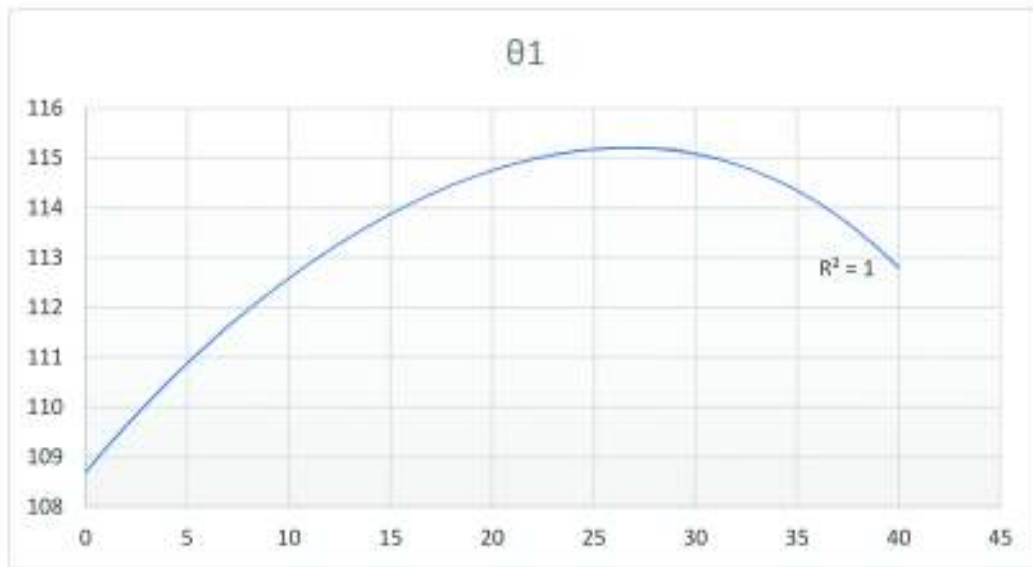
ConstGauss Values

$\theta_1 := 0 \text{ deg}$

$$\theta_1 = \theta_2 + \arccos\left(\frac{r_3^2 + r_4^2 - r_1^2 - r_2^2}{2 \cdot r_1 \cdot r_2}\right)$$

$\theta_1 := \text{find}(\theta_1) = 112.84 \text{ deg}$

Grafica de la variación del ángulo en función de la carrera



ANÁLISIS DINÁMICO - MECANISMO SUJECCIÓN

Datos preliminares:

$$R_1 := 75 \text{ mm}$$

$$C = 39.9 \text{ mm}$$

$$R_2 := 38.83 \text{ mm}$$

$$\theta_1 = 112.84 \text{ deg}$$

$$C = 39.9 \text{ mm}$$

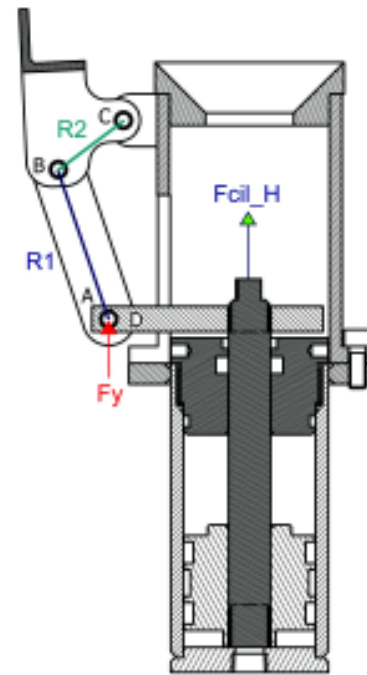
$$\theta_2 = -21.96 \text{ deg}$$

$$F_{cil_H} := 7485 \text{ N}$$

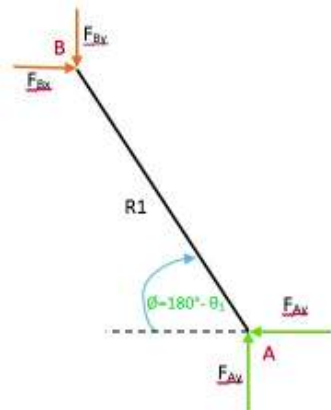
$$Numero_Mecanismos := 3$$

Fuerza que se va a aplicar en el eslabón Numero 1

$$F_{Ay} := \frac{F_{cil_H}}{Numero_Mecanismos} = 2.5 \text{ kN}$$



DCL - R1



$$\phi := 180 \text{ deg} - \theta_1$$

$$\phi = 67.16 \text{ deg}$$

Momentos en "B":

$$\sum M_B = 0$$

$$F_{Ay} \cdot R_1 \cdot \cos(\phi) - F_{Ax} \cdot R_1 \cdot \sin(\phi) = 0$$

Solve for Values

$$F_{Ax} := 0 \text{ kN}$$

$$F_{Ay} \cdot R_1 \cdot \cos(\phi) - F_{Ax} \cdot R_1 \cdot \sin(\phi) = 0$$

$$F_{Ax} := \text{find}(F_{Ax}) = 1.05 \text{ kN}$$

Sumatoria de fuerzas en eje x

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{Bx} := F_{Ax} = 1.05 \text{ kN}$$

Sumatoria de fuerzas en eje y

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{By} := F_{Ay} = 2.5 \text{ kN}$$

CALCULO DE FUERZAS RESULTANTES PARA POSICIÓN FINAL, C=40mm

Por acción y reacción en la junta B, se tienen las fuerzas:

$$F_{Bx} = 1.05 \text{ kN}$$

$$F_{By} = 2.5 \text{ kN}$$

Fuerza de reacción debido a la sujeción del coco:

$$\vec{F}_{COCO} = -F_{COCOx} \cdot i - F_{COCOy} \cdot j \quad \theta_{coco} := 51.80 \text{ deg}$$

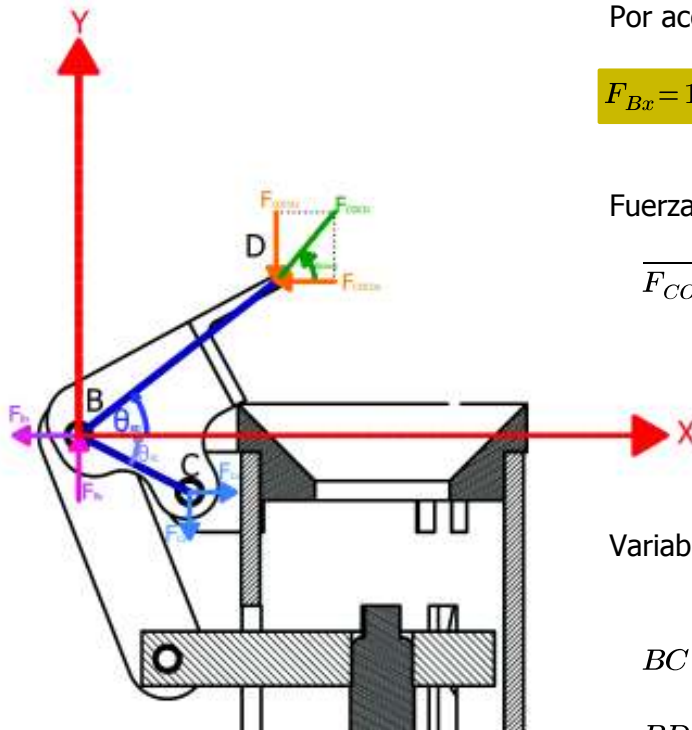
$$F_{COCOx}(F_{COCO}) := F_{COCO} \cdot \cos(\theta_{coco})$$

$$F_{COCOy}(F_{COCO}) := F_{COCO} \cdot \sin(\theta_{coco})$$

Variables de posición de vectores

$$BC := 38.83 \text{ mm} \quad \theta_{BC} := 22.15 \text{ deg}$$

$$BD := 78.09 \text{ mm} \quad \theta_{BD} := 65.07 \text{ deg} - \theta_{BC} = 42.92 \text{ deg}$$



Sumatoria de momentos en C

$$\sum M_c = 0$$

$$F_{Bx} \cdot BC \cdot \sin(\theta_{BC}) - F_{By} \cdot BC \cdot \cos(\theta_{BC}) + F_{COCOx}(F_{COCO}) \cdot (BD \cdot \sin(\theta_{BD}) + BC \cdot \sin(\theta_{BC})) - F_{COCOy}(F_{COCO}) \cdot (BD \cdot \cos(\theta_{BD}) - BC \cdot \cos(\theta_{BC})) = 0$$



Despejamos Fcoco, se obtiene:

$$F_{COCO} := 0 \text{ kN}$$

$$F_{Bx} \cdot BC \cdot \sin(\theta_{BC}) - F_{By} \cdot BC \cdot \cos(\theta_{BC}) + F_{COCOx}(F_{COCO}) \cdot (BD \cdot \sin(\theta_{BD}) + BC \cdot \sin(\theta_{BC})) - F_{COCOy}(F_{COCO}) \cdot (BD \cdot \cos(\theta_{BD}) - BC \cdot \cos(\theta_{BC})) = 0$$

$$F_{COCO} := \text{find}(F_{COCO}) = 2.94 \text{ kN}$$

$$F_{COCOx} := F_{COCO} \cdot \cos(\theta_{coco}) = 1.82 \text{ kN}$$

$$F_{COCOy} := F_{COCO} \cdot \sin(\theta_{coco}) = 2.31 \text{ kN}$$

Sumatoria de fuerzas en el eje X

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{Cx} := F_{Bx} + F_{COCOx} = 2.87 \text{ kN}$$

Sumatoria de fuerzas en el eje Y

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{Cy} := F_{By} - F_{COCOy} = 0.18 \text{ kN}$$

CALCULO DE VARIABLES DEL MECANISMO DE DESPLAZAMIENTO VERTICAL

Compresión del coco realizada con la prensa oleohidraulica Hydraulic Jack de 30 Ton. del laboratorio de Materiales de la EPN

$P_{fractura} := 625 \text{ psi} = (4.309 \cdot 10^6) \text{ Pa}$	Presión aplicada para el descortezado del coco
$r_{embolo} := 1.1 \text{ in} = 0.028 \text{ m}$	Radio del embolo de la prensa de 30 Ton.
$A_{embolo} := \pi \cdot (r_{embolo})^2 = 0.002 \text{ m}^2$	Área del embolo de la prensa de 30 Ton.
$F_{fractura} := P_{fractura} \cdot A_{embolo} = (1.057 \cdot 10^4) \text{ N}$	Fuerza de compresión del cilindro superior de descortezado.
$F_{peso} := 75 \text{ N}$	Peso del mecanismo inferior
$F_{vertical} := F_{fractura} + F_{peso} = (1.064 \cdot 10^4) \text{ N}$	Fuerza total requerida para el funcionamiento del cilindro vertical

Determinación de las características del cilindro desplazamiento

$P_{nominal} := 1450 \text{ psi} = (9.997 \cdot 10^6) \text{ Pa}$	Se asume una presión nominal según especificaciones del proveedor INTEGRAL HIDRAULIK
$P_{nominal} := 1450 \text{ psi} = 99.974 \text{ bar}$	
$A_{cs} := \frac{F_{vertical}}{P_{nominal}} = 0.001 \text{ m}^2$	Área del pistón de desplazamiento
$r_{cs} := \sqrt{\frac{A_{cs}}{\pi}} = 0.018 \text{ m}$	
$d_{cs} := 2 \cdot r_{cs} = 36.817 \text{ mm}$	Diámetro del pistón de desplazamiento
$d_{cs} = 1.449 \text{ in}$	
$d_{comercial} := 2.50 \text{ in} = 63.5 \text{ mm}$	Diámetro comercial proveedor
$l_{carrera1} := 180.00 \text{ mm}$	Carrera establecida en base a la mayor altura del coco (alojamiento)
$t_{carrera1} := 3.75 \text{ s}$	
$V_{cs} := \frac{l_{carrera1}}{t_{carrera1}} = 0.048 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	Tiempo estimado de operación despliegue total del cilindro
$\dots (mm) \dots$	$\dots \dots \dots$

$$V_{cs} = 48 \left(\frac{mm}{s} \right)$$

Velocidad del pistón

$$Q_{cs} := A_{cs} \cdot V_{cs} = (5.11 \cdot 10^{-5}) \frac{m^3}{s}$$

Caudal del cilindro de desplazamiento

$$Q_{cs} = 3.066 \frac{L}{min} \quad Q_{cs} = 0.81 \frac{gal}{min}$$

$$\varphi := 0.9$$

Rendimiento para bombas de engranajes internos

Calculo del caudal requerido por la bomba y de la potencia del motor

$$Q_{total} := 1.218 + 3.035 = 4.253$$

Caudal requerido por el cilindro de descortezado y de sujeción

$$Q_{total} := 4.253 \frac{L}{min}$$

$$Q_{final} := 4.253 \frac{L}{min} = 1.124 \frac{gal}{min}$$

Se selecciona el motor en base al mayor caudal requerido para los cilindros descortezador y de sujeción que trabajaran a la par mientras que el cilindro de desplazamiento es independiente

$$P_{c1} := \frac{P_{nominal} \cdot Q_{final}}{600 \cdot \varphi}$$

$$P := \frac{100 \cdot 4.253}{600 \cdot 0.9} = 0.788$$

$$P_{final} := 0.788 \text{ kW} = 1.057 \text{ hp}$$

Potencia requerida de la bomba (CS)

$$P_{motor} := 2.0 \text{ hp}$$

Motor SIEMENS utilizado en base a centralina previamente comprada

$$n_{motor} := 1415 \text{ rpm}$$

Velocidad del motor

Elección de bomba en base a la eficiencia volumétrica

$$D_v := \frac{Q_{total} \cdot 1000}{n_{motor}} = 0.478 \text{ L}$$

Desplazamiento volumétrico en cm³/rev

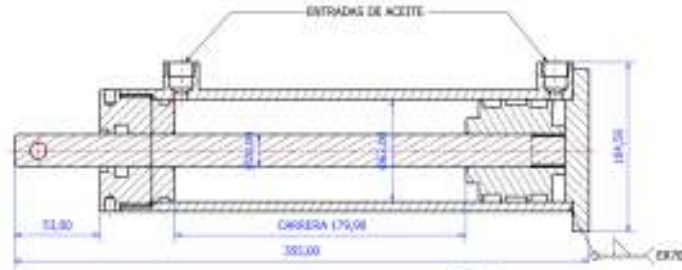
$$Q_{bomba} := 5.66 \frac{L}{min}$$

Caudal de la bomba utilizada

$$V_{tanque} := 3 \cdot Q_{bomba} = (2.83 \cdot 10^{-4}) \frac{m^3}{s}$$

Volumen mínimo del tanque

CILINDRO FABRICADO DE DESPLAZAMIENTO



DATOS PRELIMINARES

$$P := 750 \text{ psi}$$

Presión de trabajo del sistema

$$q := 4 \frac{\text{cm}^3}{\text{rev}}$$

Especificaciones de caudal bomba

$$\text{RPM} := 1410 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$$

Revoluciones por minuto del motor

$$Q := q \cdot \text{RPM} = 94 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}$$

Caudal de la bomba

$$\text{Carrera} := 179.90 \text{ mm}$$

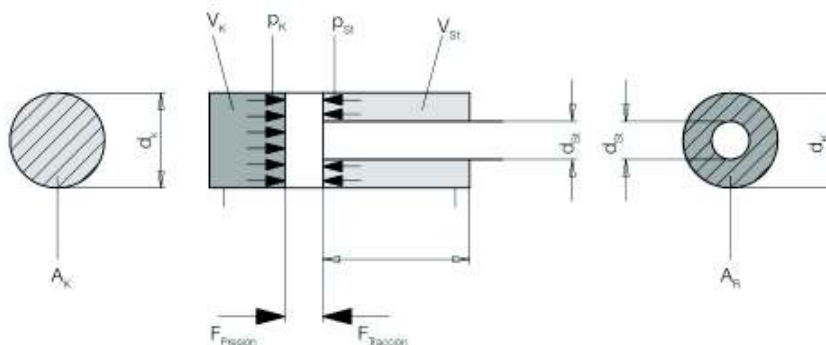
Carrera del cilindro hidráulico

$$D_{\text{embolo}} := 63 \text{ mm}$$

Diámetro del embolo

$$d_{\text{vástago}} := 20 \text{ mm}$$

Diámetro vástago

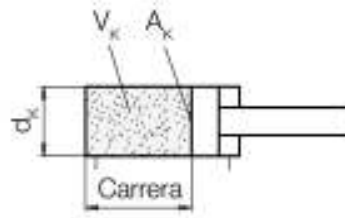


PRESIÓN

Calculo del área del embolo

$$A_{presion} := \frac{\pi \cdot D_{embolo}^2}{4}$$

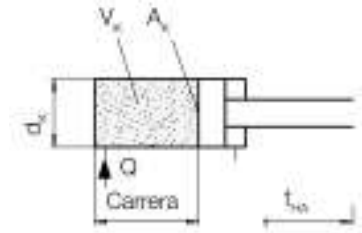
$$A_{presion} = 31.17 \text{ cm}^2$$



Volumen en compresión

$$Vol_{presion} := A_{presion} \cdot Carrera$$

$$Vol_{presion} = 0.56 \text{ L}$$



Tiempo de avance

$$T_{avance} := \frac{Vol_{presion}}{Q}$$

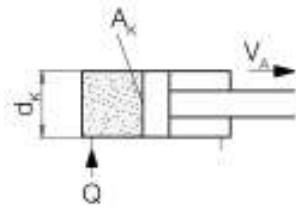
$$T_{avance} = 5.97 \text{ s}$$

Fuerza de compresión

$$F_{presion} := P \cdot A_{presion}$$

$$F_{presion} = (1.612 \cdot 10^4) \text{ N}$$

$$F_{presion} = 1.81 \text{ tonf}$$



Velocidad de avance

$$V_{avance} := \frac{Carrera}{T_{avance}}$$

$$V_{avance} = 3.02 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

Velocidad del pistón

$$V_{piston} := \frac{Q}{A_{presion}}$$

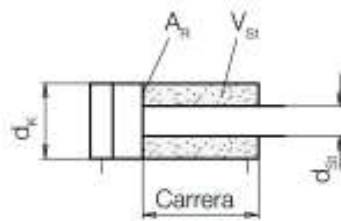
$$V_{piston} = 3.02 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

TRACCIÓN

Calculo del área efectiva en tracción

$$A_{traccion} := A_{presion} - \frac{\pi \cdot d_{vastago}^2}{4}$$

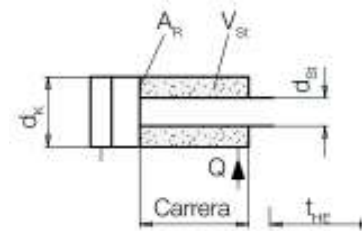
$$A_{traccion} = 28.03 \text{ cm}^2$$



Volumen en tracción

$$Vol_{traccion} := A_{traccion} \cdot Carrera$$

$$Vol_{traccion} = 0.5 \text{ L}$$



Tiempo de retroceso

$$T_{retroceso} := \frac{Vol_{traccion}}{Q}$$

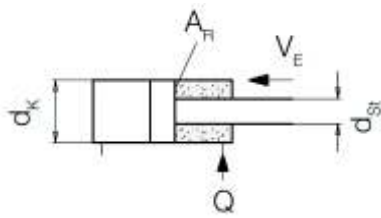
$$T_{retroceso} = 5.36 \text{ s}$$

Fuerza de tracción

$$F_{traccion} := P \cdot A_{traccion}$$

$$F_{traccion} = (1.449 \cdot 10^4) \text{ N}$$

$$F_{traccion} = 1.63 \text{ tonf}$$



Velocidad de retroceso

$$V_{\text{retroceso}} := \frac{\text{Carrera}}{T_{\text{retroceso}}}$$

$$V_{\text{retroceso}} = 3.35 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

RELACIÓN DE FUERZAS

$$R := \frac{F_{\text{presion}}}{F_{\text{traccion}}}$$

$$R = 1.11$$

CALCULO DIÁMETRO MÍNIMO PARA TUBERÍA FLEXIBLE

Tubería de presión

$$Vel_{\text{fluido_presion}} := 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Q = 5.64 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

$$d_{\text{min_presion}} := \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{Vel_{\text{fluido_presion}} \cdot \pi}}$$

$$d_{\text{min_presion}} = 4.9 \text{ mm}$$

Tubería de descarga

$$Vel_{\text{fluido_descarga}} := 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

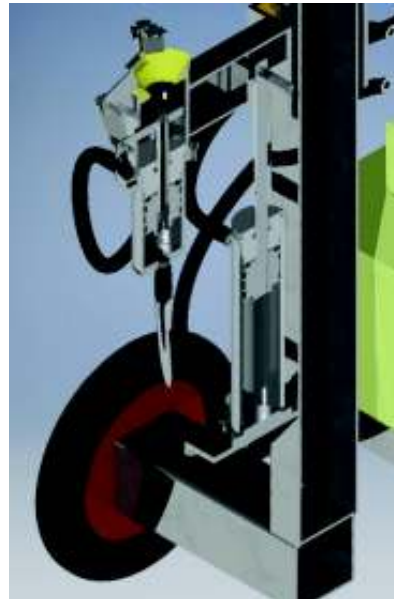
$$Q = 5.64 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

$$d_{\text{min_descarga}} := \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{Vel_{\text{fluido_descarga}} \cdot \pi}}$$

$$d_{\text{min_descarga}} = 7.7 \text{ mm}$$

ESBELTEZ DEL VÁSTAGO DE DESPLAZAMIENTO

Se va a realizar el análisis de carga crítica del vástago con mayor longitud y requerimientos de carga de los 3 empleados para el descortezado del coco.



Constantes necesarias para desarrollar el calculo

$$\sigma_y := 30 \cdot \frac{kg}{mm^2}$$

Esfuerzo a la fluencia del Acero AISI 1045

$$Fs := 2$$

Factor de seguridad cilindro

$$F_y := \frac{\sigma_y}{Fs} = 15000000 \frac{kg}{m^2}$$

Esfuerzo permisible

$$d_{vástago} := 20 \cdot mm$$

Para que el elemento no falle por pandeo se consideran las recomendaciones de la AISC en el capítulo E sección 3.

Para calcular F_{cr} (esfuerzo critico) se debe considerar lo siguiente:

Cuando: $\frac{KL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ $F_{cr} = \left[0,658 \frac{F_y}{Fs} \right] F_y$ (a)

$\frac{KL}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ $F_{cr} = 0,877 F_s$ (b)

$$K := 1$$

Factor de longitud efectiva (por tipo de apoyo)

$$L := 179.90 \cdot mm$$

Longitud efectiva del elemento (carrera del vástago)

$$r := \frac{d_{vástago}}{4} = 0.005 \text{ m}$$

Radio mínimo de giro del elemento

$$E := 20000000000 \cdot \frac{kg}{m^2}$$

Módulo de elasticidad del material

El valor de F_e se obtiene de la siguiente relación: (ANSI/AISC 360-05, 2005)

$$F_e := \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{K \cdot L}{r}\right)^2}$$

$$F_e = (1.5247808292 \cdot 10^8) \frac{kg}{m^2}$$

Esfuerzo elástico crítico

$$\frac{K \cdot L}{r} = 35.98$$

$$4.71 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 171.985$$

Entonces para el cálculo de F_{cr} se considera la ecuación (a)

$$F_{cr} := \left(0.658^{\frac{F}{F_y}}\right) \cdot F_y$$

$$F_{cr} = 14394920.436 \frac{kg}{m^2}$$

$$A_g := \frac{\pi \cdot d_{vástago}^2}{4}$$

Área transversal

$$A_g = 0.000314159 \text{ m}^2$$

La fuerza normal a compresión viene dada por: (ANSI/AISC 360-05, 2005)

$$P_n := F_{cr} \cdot A_g$$

$$P_n = 4522.298 \text{ kg}$$

Fuerza axial nominal

$$F_{descortezado} := 1053 \cdot kg$$

Fuerza total ejercida en el coco para el descortezado

$$P_{sistsujec} := 7.5 \cdot kg$$

Peso del mecanismo de sujeción

$$P_{nreal} := F_{descortezado} + P_{sistsujec}$$

$$P_{nreal} = 1060.5 \text{ kg}$$

La carga crítica a la que va a fallar por pandeo el elemento es de 4522 kg, la cual es muy superior a la carga que actúa sobre el cilindro que es de 1060 kg, por lo tanto el vástago no fallará a pandeo.

Anexo II.

Pruebas y ensayos

Determinación de intervalos de confianza dimensiones del coco

LONGITUD (L)



Medición de altura del coco

(Fuente propia)

Determinación del intervalo de confianza para la longitud de la muestra.

Longitud promedio

Nº Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Longitud	220	215	225	225	215	220	220	215	185	190
$\bar{X} =$	213		Media de la muestra							
$n =$	10		Número total de valores en la muestra							
$S =$	63,89		Desviación estándar muestral							
Confiabilidad para $\mu =$	95%		Intervalo de confianza							
Nivel de confianza	1- $\alpha = 0,95$									
	$\alpha/2 = 0,025$									
$t_{\alpha/2} =$	1,96		Valor característico variable T-Student							
L	173		Límite inferior							
U	253		Límite superior							
μ	$L \leq \mu \leq U$		Media poblacional							
Altura del coco	173 ≤ μ ≤ 253		Rango de intervalo de confianza (mm)							

DIAMETRO (D)



Medición del diámetro del coco

(Fuente propia)

Determinación del intervalo de confianza para el diámetro de la muestra.

Diámetro exterior promedio

Nº Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Diámetro	198	205	174	180	179	168	144	175	160	169
$\bar{X} =$	175,2		Media de la muestra							
n=	10		Número total de valores en la muestra							
S=	52,55		Desviación estándar muestral							
Confiabilidad para $\mu =$	95%		Intervalo de confianza							
Nivel de confianza	1- $\alpha = 0,95$									
	$\alpha/2 = 0,025$									
$t_{\alpha/2} =$	1,96		Valor característico variable T-Student							
L	143		Límite inferior							
U	208		Límite superior							
μ	$L \leq \mu \leq U$		Media poblacional							
Diámetro del coco	143 ≤ μ ≤ 208		Rango intervalo de confianza (mm)							

ESPESOR (E)



Medición del espesor del coco

(Fuente propia)

Determinación del intervalo de confianza para el espesor de la muestra.

Espesor de la fibra promedio

Nº Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Espesor	22	19	17	25	24	22	25	21	20	23
$\bar{X} =$	19,9		Media de la muestra							
n =	10		Número total de valores en la muestra							
S =	5,89		Desviación estándar muestral							
Confiabilidad para $\mu =$	95%		Intervalo de confianza							
Nivel de confianza	1- $\alpha = 0,95$									
	$\alpha/2 = 0,025$									
$t_{\alpha/2} =$	1,96		Valor característico variable T-Student							
L	16		Límite inferior							
U	24		Límite superior							
μ	$L \leq \mu \leq U$		Media poblacional							
Espesor de la fibra	18 ≤ μ ≤ 26		Rango intervalo de confianza (mm)							

PESO (P)



Medición del peso del coco

(Fuente propia)

Determinación del intervalo de confianza para el peso de la muestra.

Peso promedio

Nº Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peso	1578	1803	1092	1334	1264	959	886	960	1314	1611
\bar{X} =	1280,1		Media de la muestra							
n=	10		Número total de valores en la muestra							
S=	384,03		Desviación estándar muestral							
Confiabilidad para μ =	95%		Intervalo de confianza							
Nivel de confianza	1- α =0,95									
	$\alpha/2=0,025$									
$t_{\alpha/2}$ =	1,96		Valor característico variable T-Student							
L	1042		Límite inferior							
U	1518		Límite superior							
μ	$L \leq \mu \leq U$		Media poblacional							
Peso	1042$\leq\mu\leq$1518		Rango intervalo de confianza (gramos)							

Pruebas de validación

Fecha: 04/04/2017

Serie 1						
N.	Longitud	Diámetro	Tiempo	P. R	P.F	% F. R
1	180	132	22	311.5	4.9	98.45
2	170	134	20	310.9	42.1	88.07
3	150	157	18	484.4	12.9	97.41
4	155	114	18	201.7	1.9	99.07
5	175	141	21	482.6	2.2	99.55
6	130	150	19	251.1	8.2	96.84
7	195	148	20	526.4	5.2	99.02
8	185	154	21	325.9	4.3	98.70
9	170	132	19	318.1	31.7	90.94
10	210	168	20	469.6	11.6	97.59
Promedio			19.8			96.56
Serie 2						
N.	Longitud	Diámetro	Tiempo	P. R	P.F	% F. R
1	170	127	18	209.8	4.9	97.72
2	175	128	23	148.8	29.3	83.55
3	165	119	22	190	2.3	98.80
4	190	129	22	190.9	10	95.02
5	165	120	21	195.5	0.1	99.95
6	185	138	19	243.6	29.2	89.30
7	175	128	24	163.5	33.4	83.04
8	185	122	20	218.2	7.5	96.68
9	200	138	19	343.8	41.8	89.16
10	190	132	21	174.9	36.7	82.66
Promedio			20.9			91.59
Serie 3						
N.	Longitud	Diámetro	Tiempo	P. R	P.F	% F. R
1	170	132	22	196.9	0	100.00
2	180	137	20	477.2	0	100.00
3	180	127	21	291.7	2.7	99.08
4	170	127	21	233.9	27.1	89.62
5	175	130	19	460.2	9.5	97.98
6	155	120	23	300.8	0.1	99.97
7	170	129	21	300	1.1	99.63
8	145	128	21	340.3	4.3	98.75
9	180	150	24	372.7	18.7	95.22
10	175	125	19	326.1	8.2	97.55
Promedio			21.1			97.78

Serie 4						
N.	Longitud	Diámetro	Tiempo	P. R	P.F	% F. R
1	170	127	20	162.4	23.7	87.26
2	170	128	21	269.5	4.3	98.43
3	175	124	19	184.9	2.9	98.46
4	180	126	20	172.4	1	99.42
5	194	134	22	229.9	25.1	90.16
6	201	136	21	220.8	11.1	95.21
7	161	128	20	182.5	1.4	99.24
8	183	129	23	175.8	5.3	97.07
9	192	133	19	205.9	3.8	98.19
10	185	127	24	296.3	18	94.27
Promedio			20.9			95.77
Serie 5						
N.	Longitud	Diámetro	Tiempo	P. R	P.F	% F. R
1	195	135	21	225.3	7.2	96.90
2	185	135	21	216.9	5.5	97.53
3	190	130	19	203.6	10.5	95.10
4	140	120	20	157.5	16	90.78
5	170	130	24	173.9	4.9	97.26
6	190	135	22	286.0	8.3	97.18
7	173	115	20	198.6	11.7	94.44
8	175	120	21	202.3	10.6	95.02
9	165	128	23	179.3	12.5	93.48
10	170	129	20	186.7	5.6	97.09
Promedio			21.1			95.48

P.R	Peso fibra retirada
P.F	Peso fibra sobrante
%F.R	Porcentaje fibra retirada

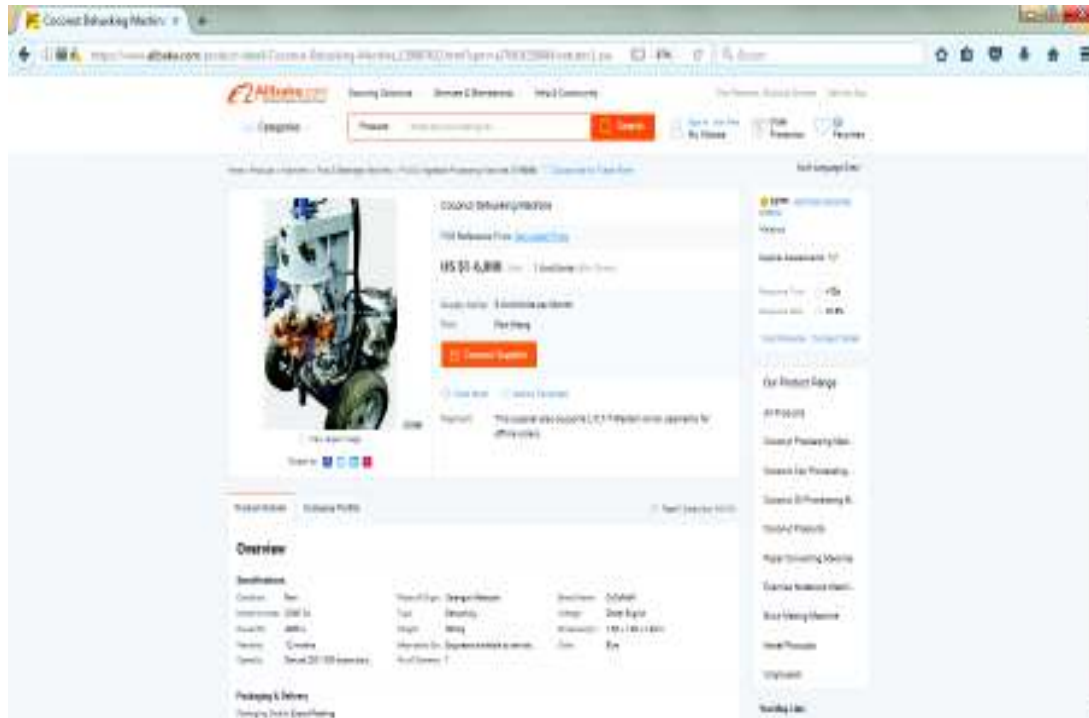
SERIE	Tiempo (s)	F.R (%)
SERIE 1	19.8	95.56
SERIE 2	20.9	91.59
SERIE 3	21.1	97.78
SERIE 4	20.9	95.77
SERIE5	21.1	95.48
PROMEDIO	20.76	95.24

Anexo III.

Páginas web maquinaria disponible

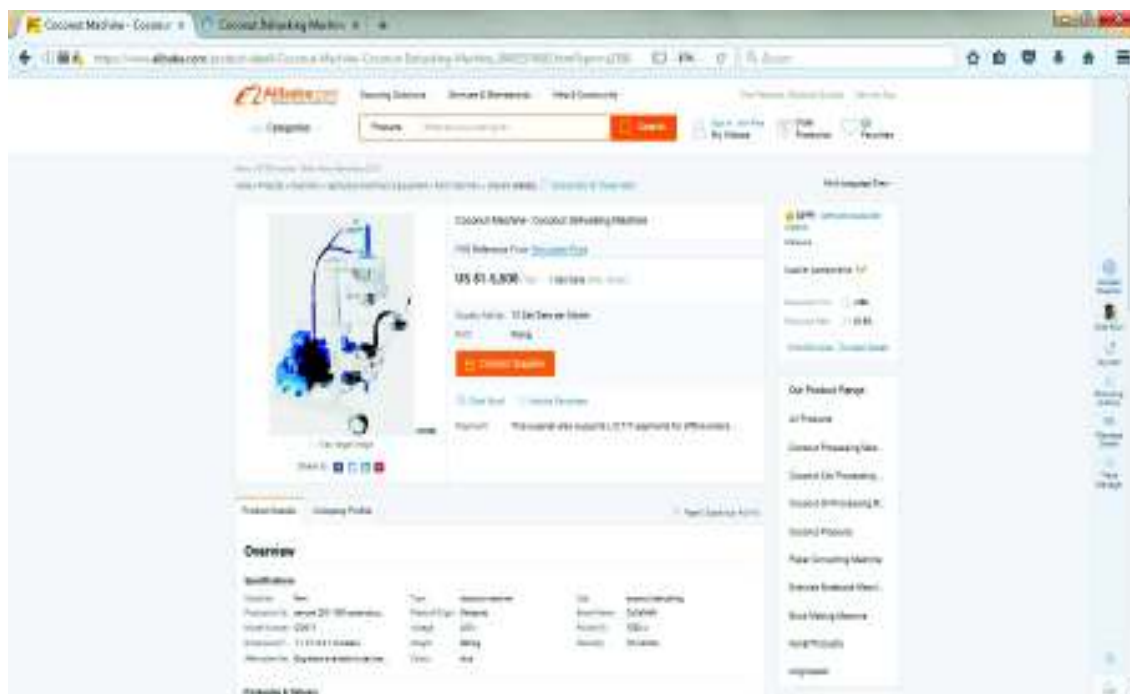
Página 1

https://www.alibaba.com/product-detail/Coconut-Dehusking-Machine_139887632.html?spm=a2700.8239084.botutm.1.sxeMfl



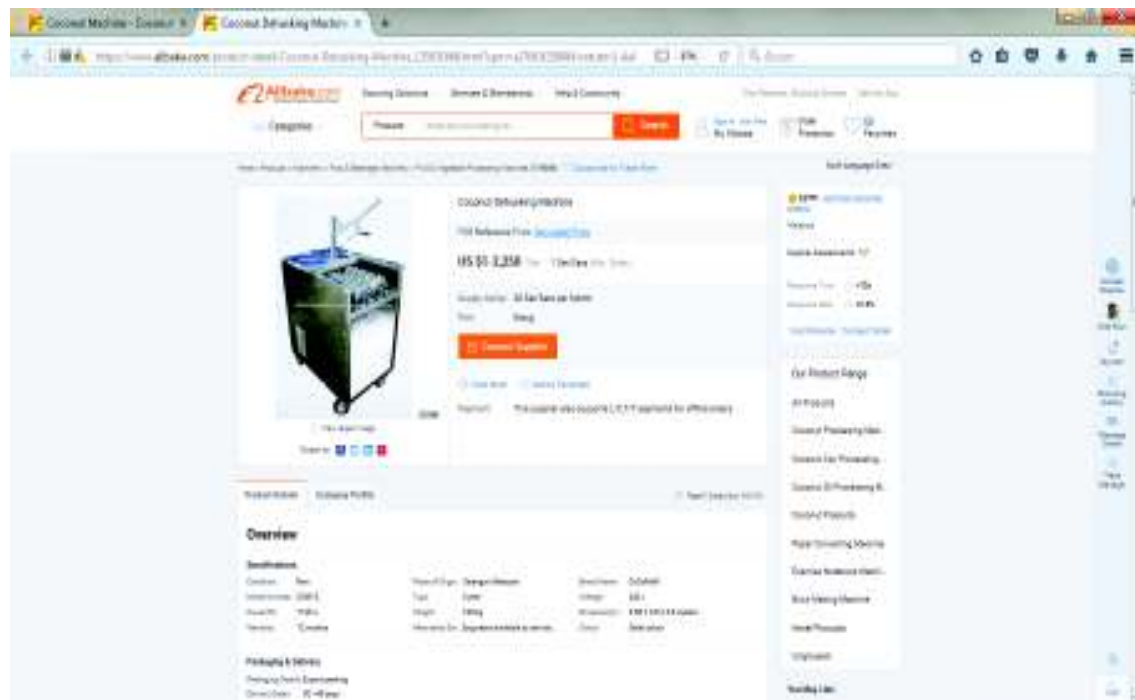
Página 2

https://www.alibaba.com/product-detail/Coconut-Machine-Coconut-Dehusking-Machine_50002574593.html?spm=a2700.8239084.botutm.3.vOzFQD



Página 3

https://www.alibaba.com/product-detail/Coconut-Dehusking-Machine_135031668.html?spm=a2700.8239084.botutm.1.AaRPF1



Anexo IV.

Informe de simulación y análisis

Informe de análisis de tensión



Archivo analizado:	Ensamble estructura
Versión de Autodesk Inventor:	2016 (Build 200138000, 138)
Fecha de creación:	23/05/2017, 23:30
Autor de la simulación:	LANDA - MORA

☐ Información de proyecto

☐ Resumen

Título	ANÁLISIS DE TENSIÓN
Autor	LANDA - MORA

☐ Proyecto

Nº de pieza	BASTIDOR
Diseñador	LANDA - MORA
Fecha de creación	22/10/2016

☐ Estado

Estado del diseño	Trabajo en curso
-------------------	------------------

☐ Propiedades físicas

Masa	42,3013 kg
Área	2467080 mm ²
Volumen	9607010 mm ³
Centro de gravedad	x=-49,7611 mm y=95,6995 mm z=-158,199 mm

Nota: los valores físicos pueden ser diferentes de los valores físicos utilizados por CEF indicados a continuación.

☐ **Simulación: 1**

Objetivo general y configuración:

Objetivo del diseño	Punto único
Tipo de simulación	Análisis estático
Fecha de la última modificación	23/05/2017, 23:17
Detectar y eliminar modos de cuerpo rígido	No
Separar tensiones en superficies de contacto	No
Análisis de cargas de movimiento	No

Configuración de malla:

Tamaño medio de elemento (fracción del diámetro del modelo)	0,1
Tamaño mínimo de elemento (fracción del tamaño medio)	0,2
Factor de modificación	1,5
Ángulo máximo de giro	60 gr
Crear elementos de malla curva	No
Usar medida basada en pieza para la malla del ensamblaje	Sí

☐ **Material(es)**

Nombre	Acero ASTM A36		
General	Densidad de masa	7,85 g/cm ³	
	Límite de elasticidad	248,225 MPa	
	Resistencia máxima a tracción	399,9 MPa	
Tensión	Módulo de Young	199,959 GPa	
	Coefficiente de Poisson	0,3 su	
	Módulo cortante	76,9073 GPa	
Nombre(s) de pieza	travesaño	para	eje
	Skeleton0001 AFNOR 100x5.0		00000002.ipt columna
	Skeleton0001 AFNOR 100x5.0		00000012.ipt

	AFNOR	100x5.0	00000013.ipt
	AFNOR	L50x50x4	00000001.ipt
	AFNOR	L50x50x4	00000002.ipt
	AFNOR	L50x50x4	00000003.ipt
	AFNOR	L50x50x4	00000004.ipt
	AFNOR	L50x50x4	00000001.ipt
	AFNOR	L50x50x4	00000001.ipt
	tapa de tubo para rueda		
	tapa de tubo para rueda		
	AFNOR 50 x 50 x 2		00000001.ipt
	base de cilindro de empuje		
	refuerzo de base de cilindro de empuje		
	refuerzo de base de cilindro de empuje		

Nombre	Acero, aleación	
General	Densidad de masa	7,73 g/cm ³
	Límite de elasticidad	250 MPa
	Resistencia máxima a tracción	400 MPa
Tensión	Módulo de Young	205 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	78,8462 GPa
Nombre(s) de pieza	marco angulo para deposito angulo de soporte para tanque angulo de soporte para tanque tubo para pata	

Nombre	Genérico	
General	Densidad de masa	1 g/cm ³
	Límite de elasticidad	0 MPa
	Resistencia máxima a tracción	0 MPa
Tensión	Módulo de Young	0,0000001 GPa
	Coefficiente de Poisson	0 su
	Módulo cortante	0,00000005 GPa

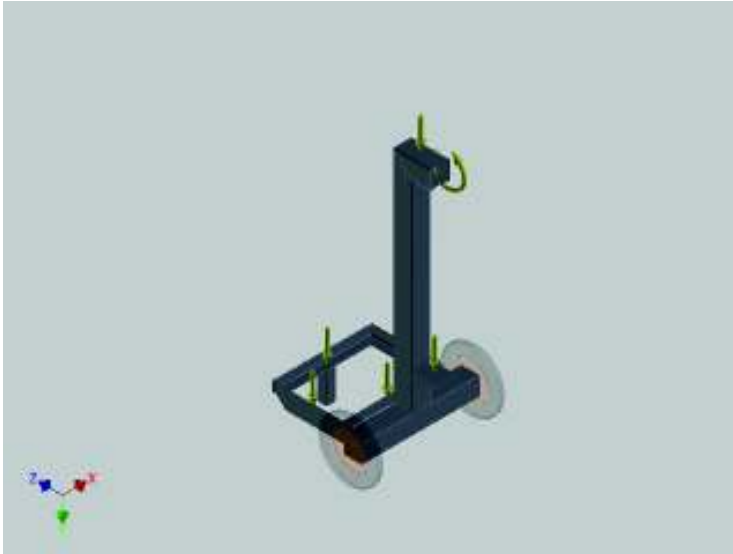
Condiciones de funcionamiento

Gravedad

Tipo de carga	Gravedad
Magnitud	9810.000 mm/s ²
Vector X	0.000 mm/s ²

Vector Y	9810.000 mm/s ²
Vector Z	-0.000 mm/s ²

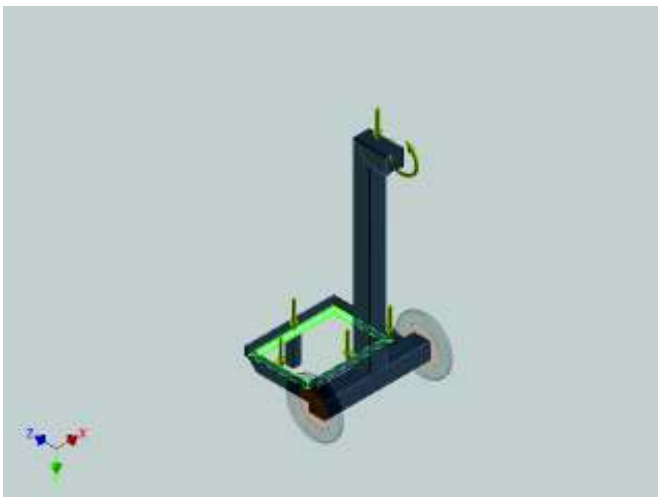
Cara(s) seleccionada(s)



Fuerza:1

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	1200.000 N
Vector X	-0.000 N
Vector Y	1200.000 N
Vector Z	0.000 N

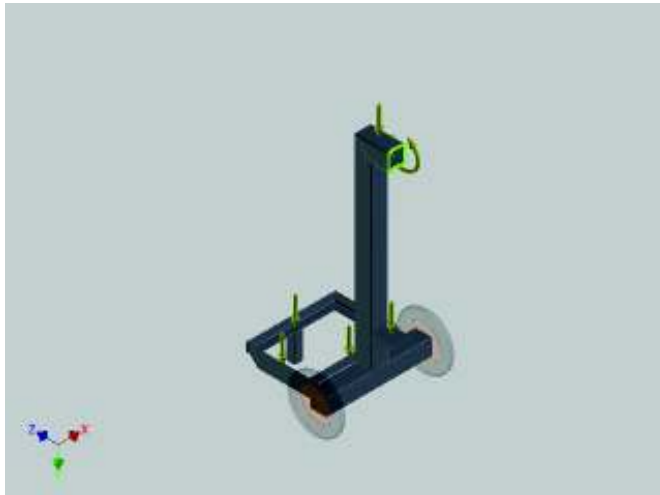
Cara(s) seleccionada(s)



Momento:1

Tipo de carga	Momento
Magnitud	2000000.000 N mm
Vector X	-2000000.000 N mm
Vector Y	0.000 N mm
Vector Z	0.000 N mm

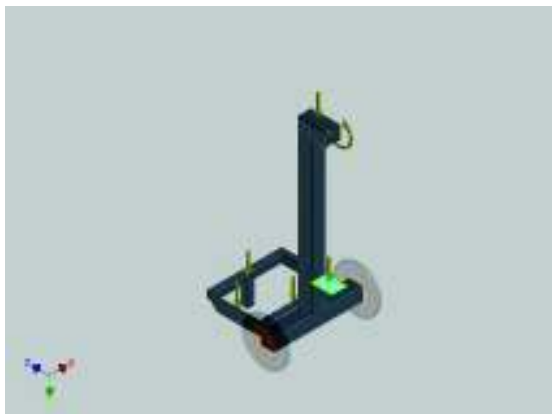
☐ **Cara(s) seleccionada(s)**



☐ **Fuerza:2**

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	16154.000 N
Vector X	-0.000 N
Vector Y	16154.000 N
Vector Z	-0.000 N

☐ **Cara(s) seleccionada(s)**



☐ **Restricción fija:1**

Tipo de restricción	Restricción fija
---------------------	------------------

☐ **Cara(s) seleccionada(s)**



☐ **Resultados**

☐ **Fuerza y pares de reacción en restricciones**

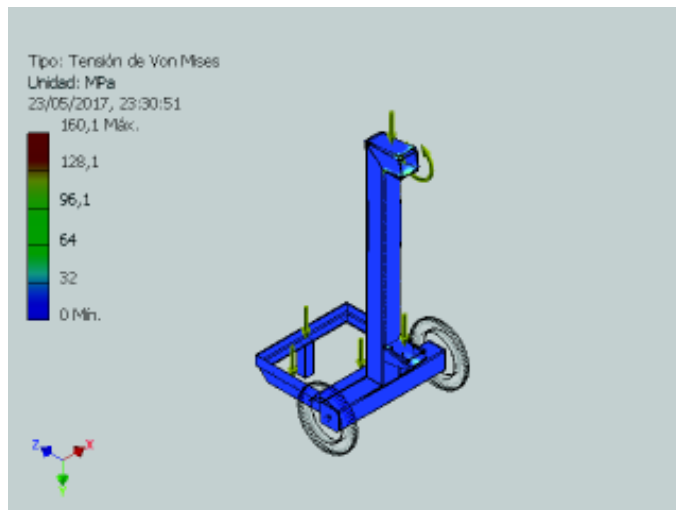
Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X, Y, Z)	Magnitud	Componente (X, Y, Z)
Restricción fija:1	2280,65 N	0 N	57,9238 N m	-57,8723 N m
		-2028,27 N		-1,35701 N m
		-1042,83 N		2,02999 N m

☐ **Resumen de resultados**

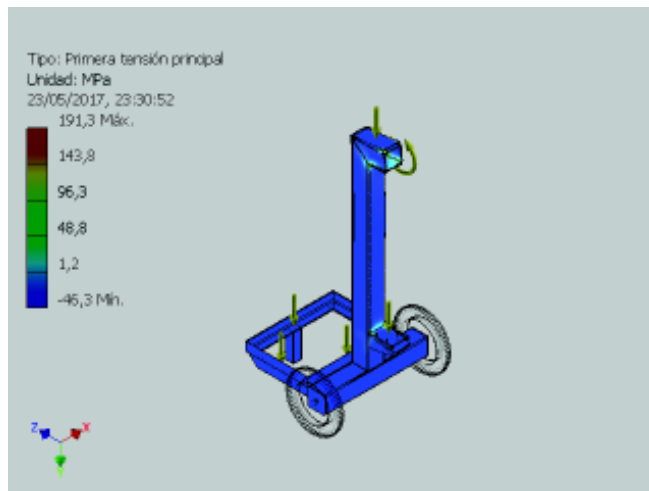
Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	4821790 mm ³	
Masa	37,8511 kg	
Tensión de Von Mises	0,00538075 MPa	160,082 MPa
Primera tensión principal	-46,2792 MPa	191,344 MPa
Tercera tensión principal	-158,582 MPa	46,9941 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,280884 mm
Coefficiente de seguridad	1,55061 su	15 su

☐ **Figuras**

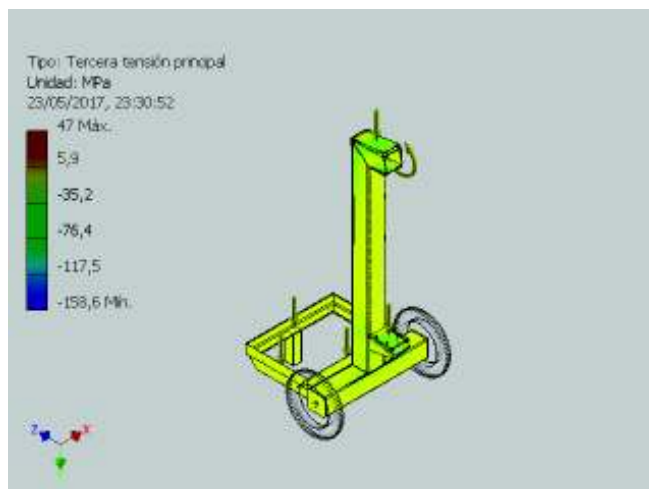
☐ **Tensión de Von Mises**



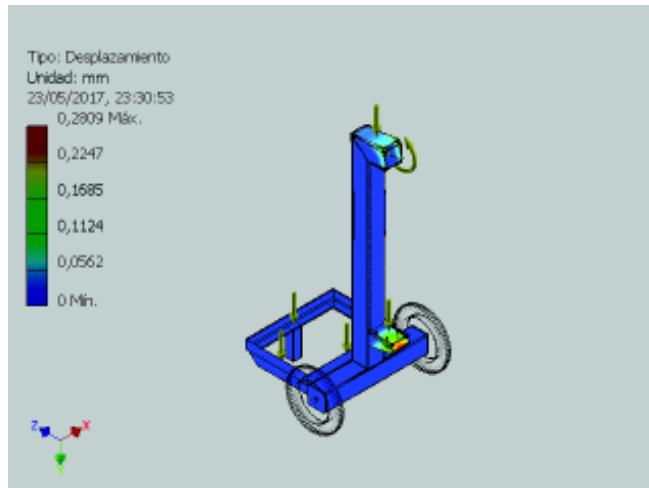
☐ Primera tensión principal



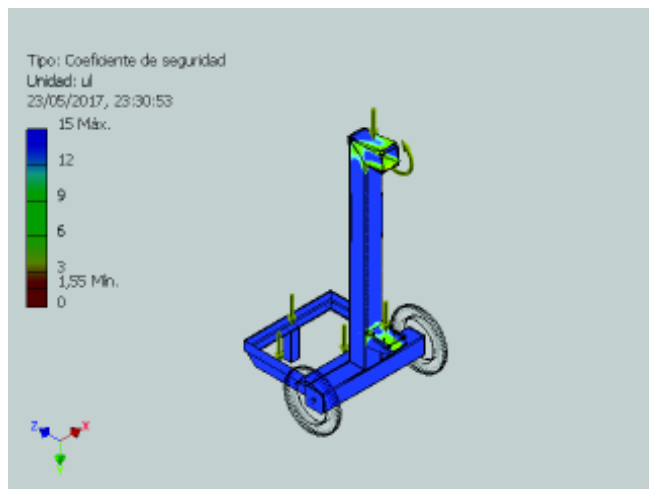
☐ Tercera tensión principal



Desplazamiento

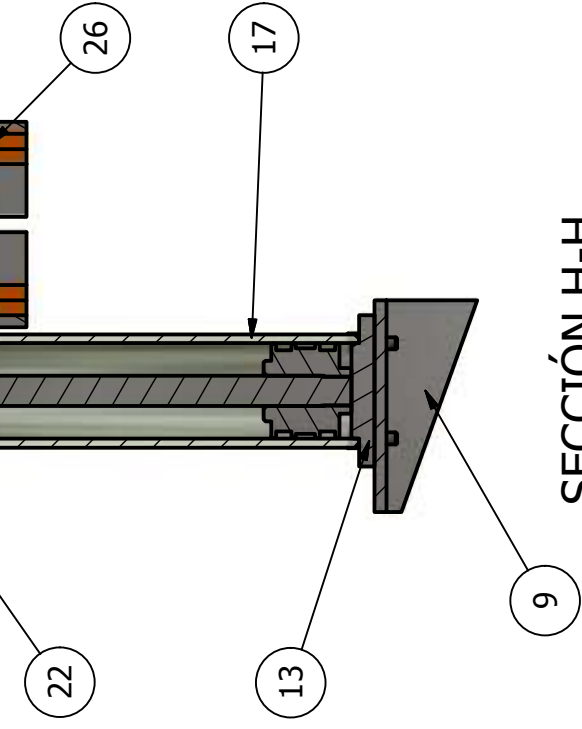


Coeficiente de seguridad

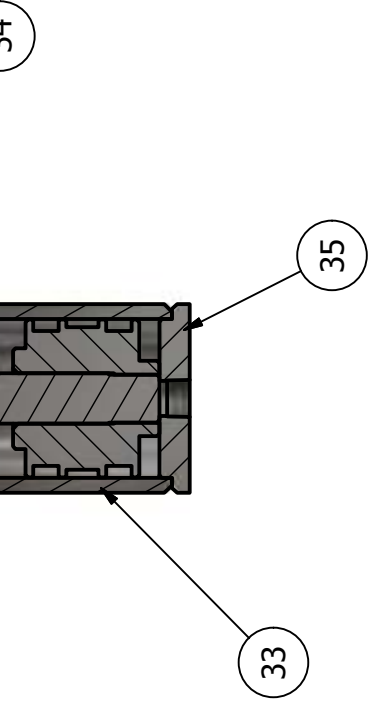


Anexo V.

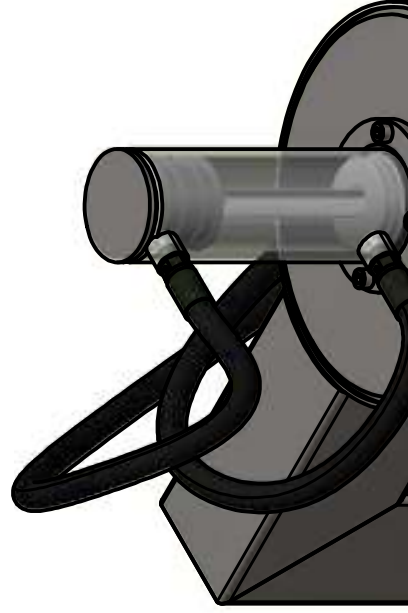
Planos de detalle y montaje

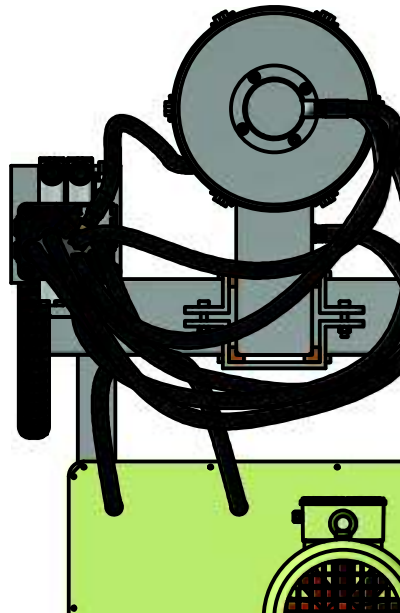
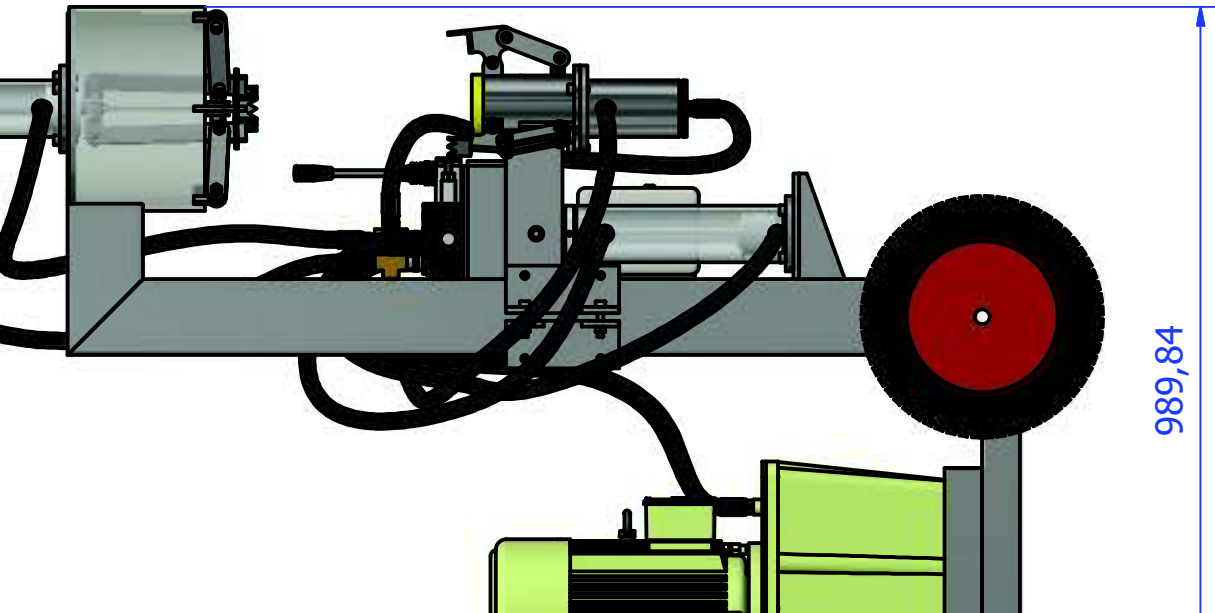
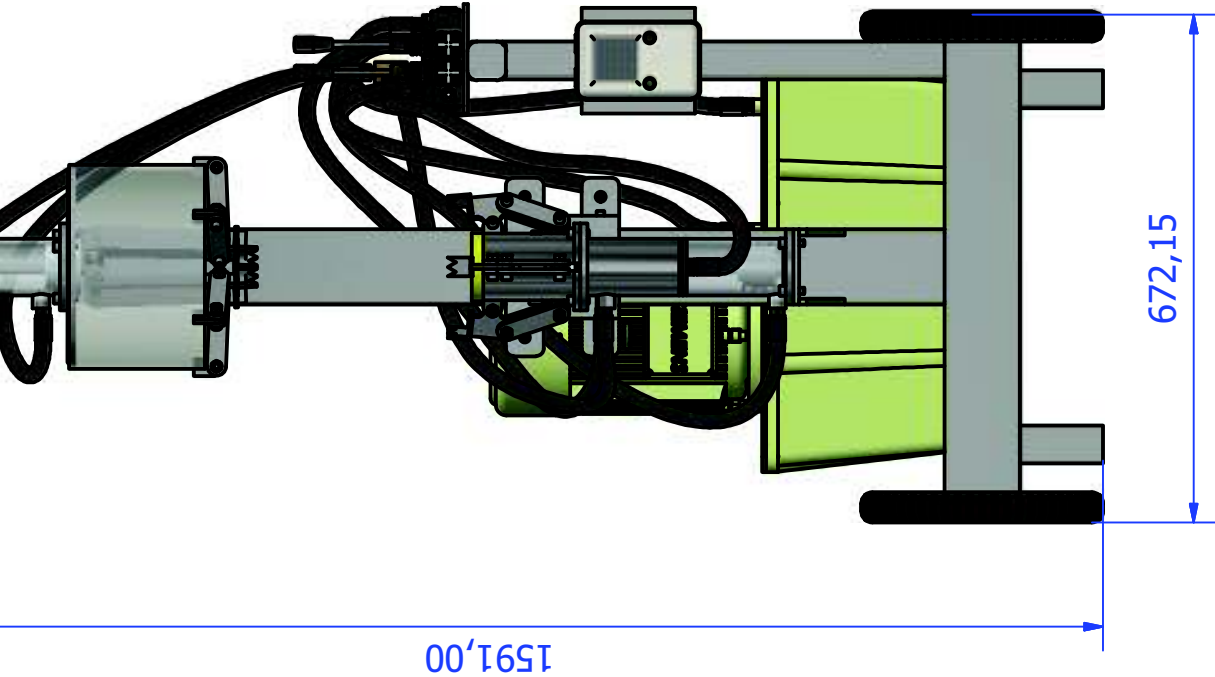
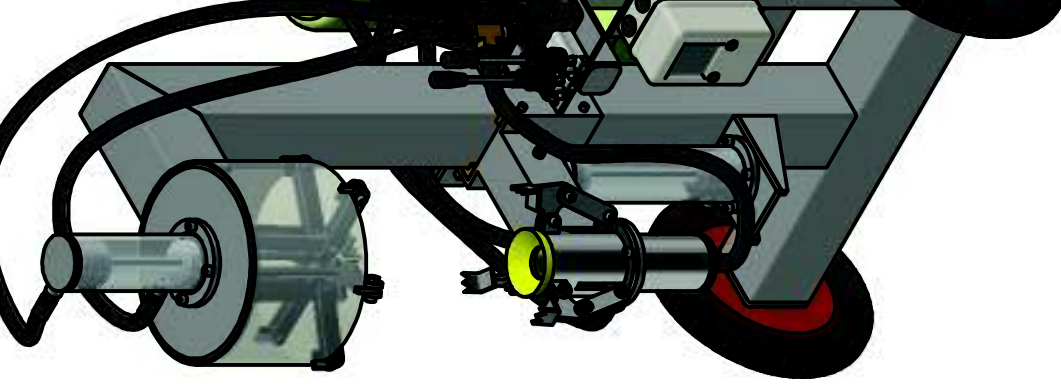


SECCIÓN H-H
ESCALA 1 / 5



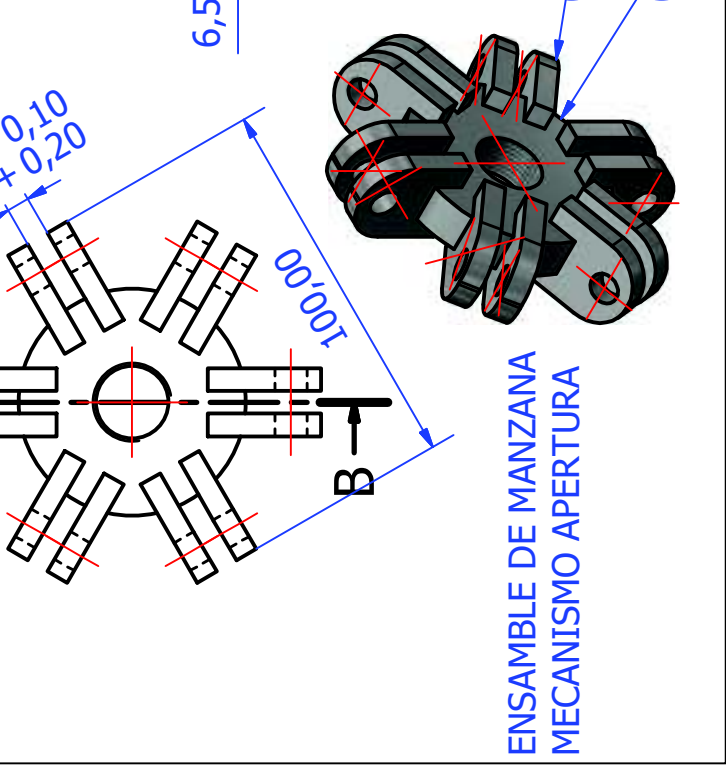
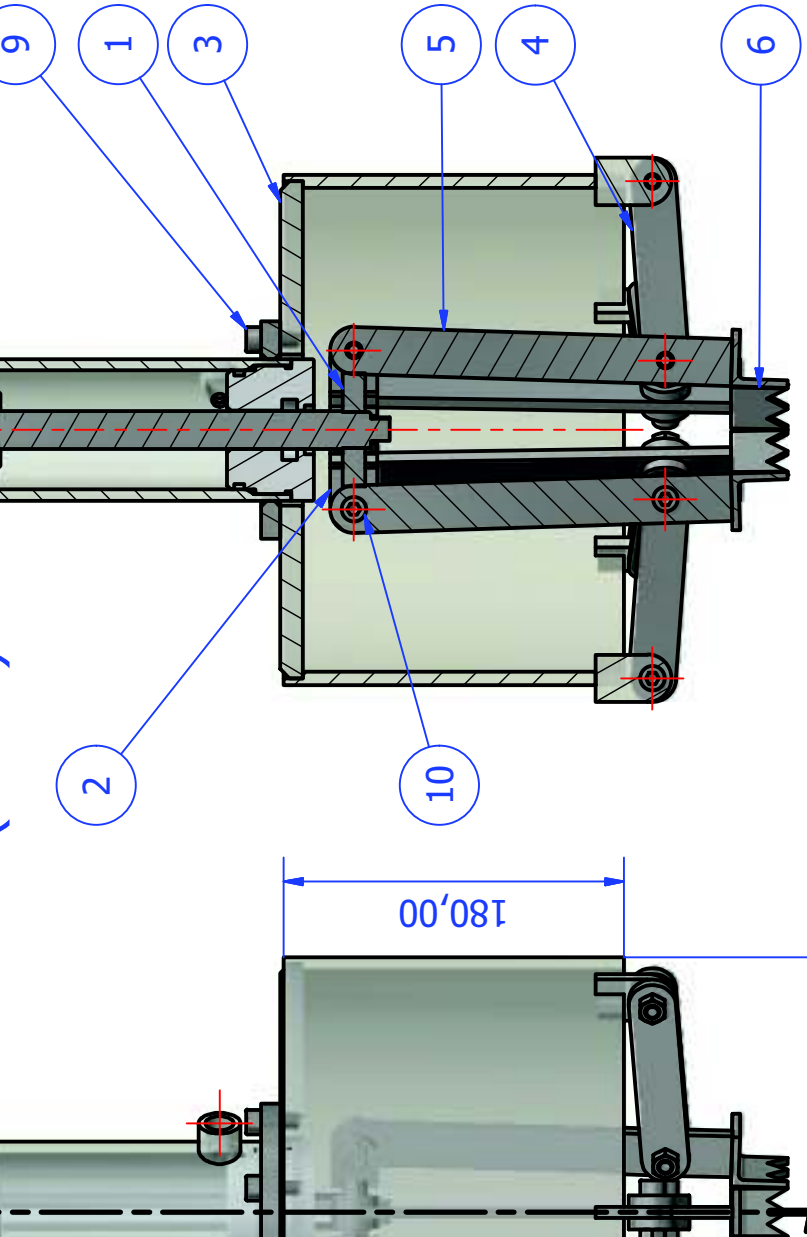
SECCIÓN G-G
ESCALA 1 / 3





Material	INDICA C/PIEZA	Dim. Brut.	
Trat. Term.		Pintura/Cc	
Dibujado por:	M.MORA - C. LANDA	Nombre	Fecha
Aprobado por:	V. GUERRERO		28/10/20

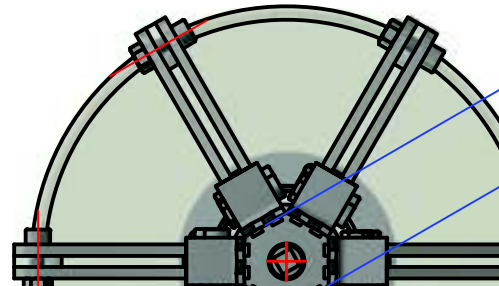
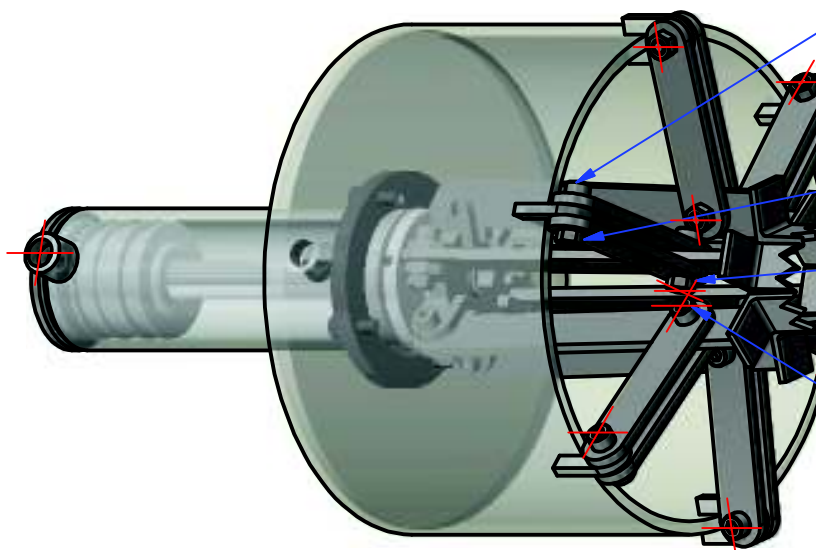
Tol. Gen. 0.1 mm

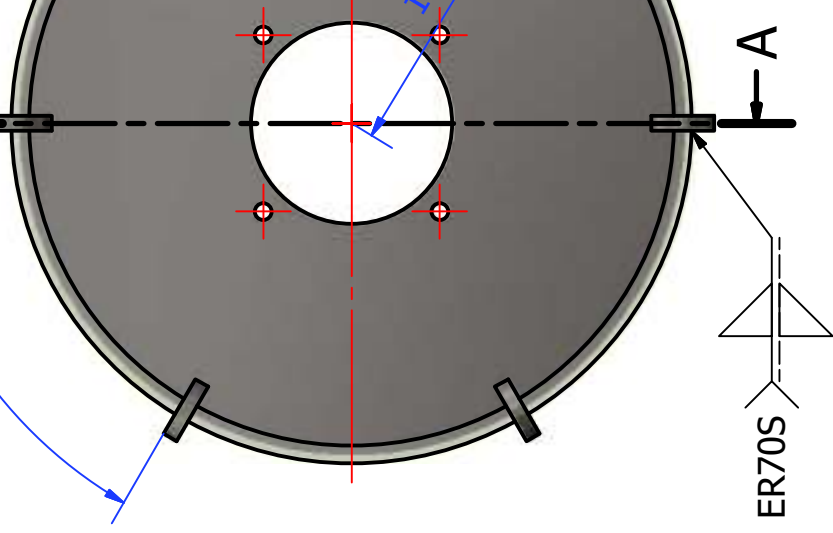
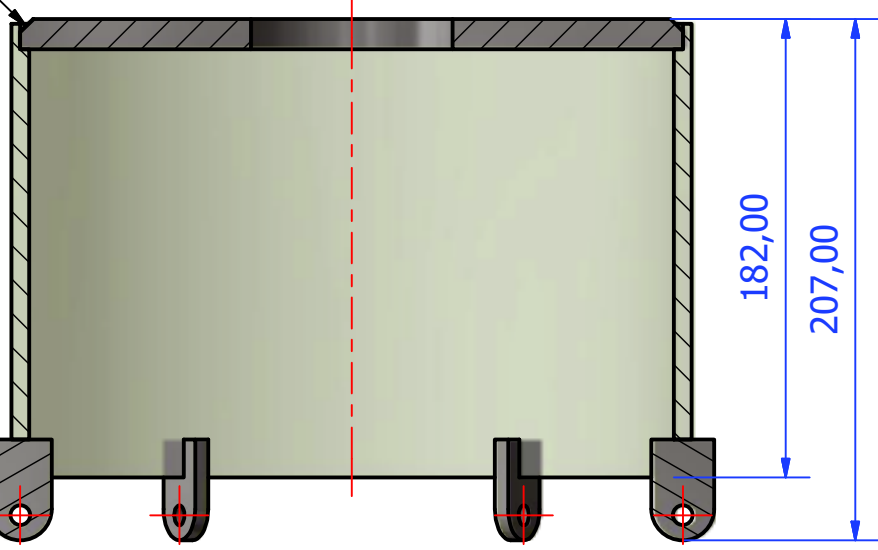
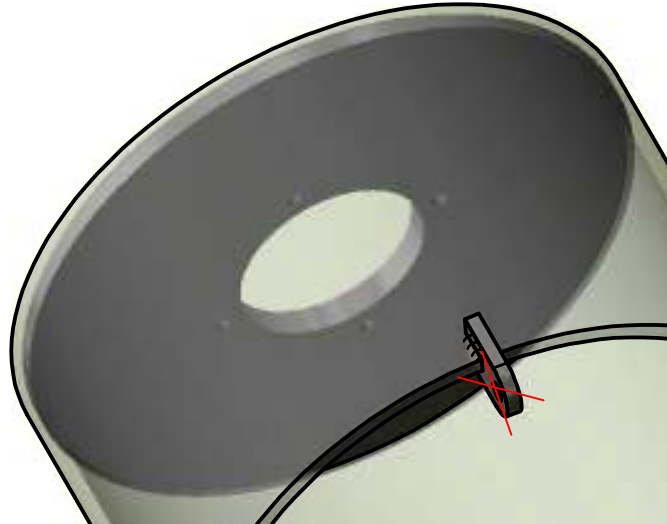
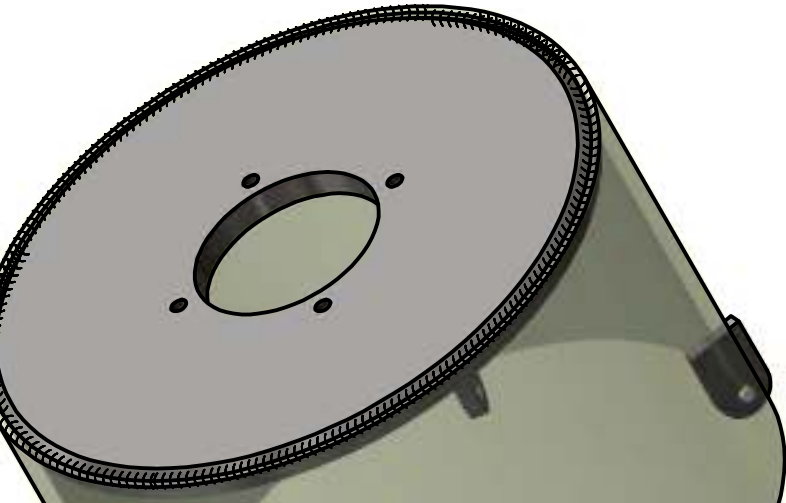


LISTA DE PIEZAS

ITEM	QTY	PART NUMBER	PL
1	1	manzana de accionamiento mecanismo apertura	PL
2	12	rotula de mecanismo de apertura	PL
3	1	ensamble soporte mecanismo superior	PL
4	12	barra 1 de mecanismo de apertura	PL
5	6	barra 2 de mecanismo de apertura	PL
6	6	trinche de penetración	PL
7	1	ensamble cilindro de apertura	PL
9	4	AS 1420 - 1973 - M8 x 20	PE
10	18	AS 1420 - 1973 - M8 x 25	PE
12	18	AS 1112 - M8 Type 5	TU



Material	INDICA C/PIEZA	Dim. Brut.
Tol. Gen. 0.1 mm		Pintura/Cc
Trat. Term.		Fecha
Dibujado por:	Nombre	28/10/20
Aprobado por:	M.MORA - C. LANDA	
	V. GUERRERO	

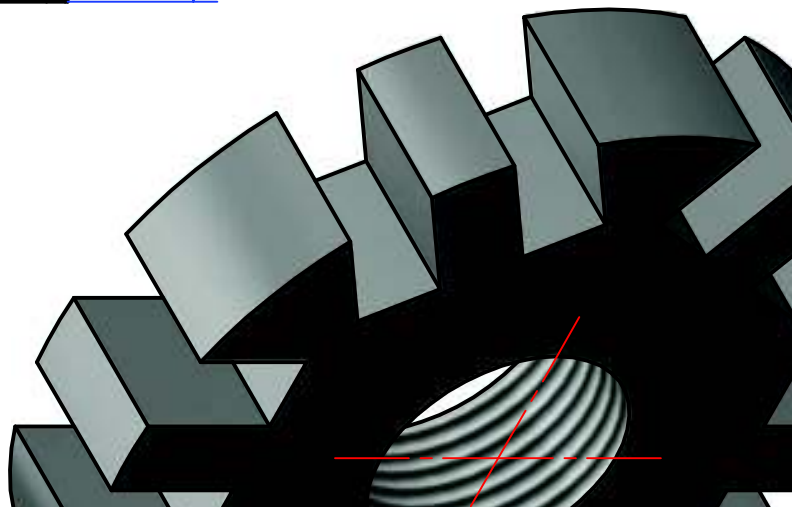
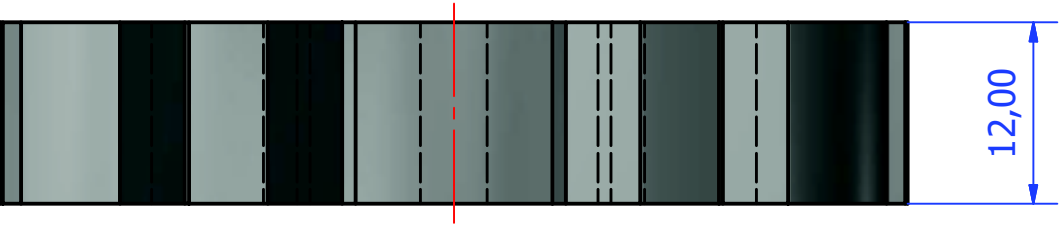
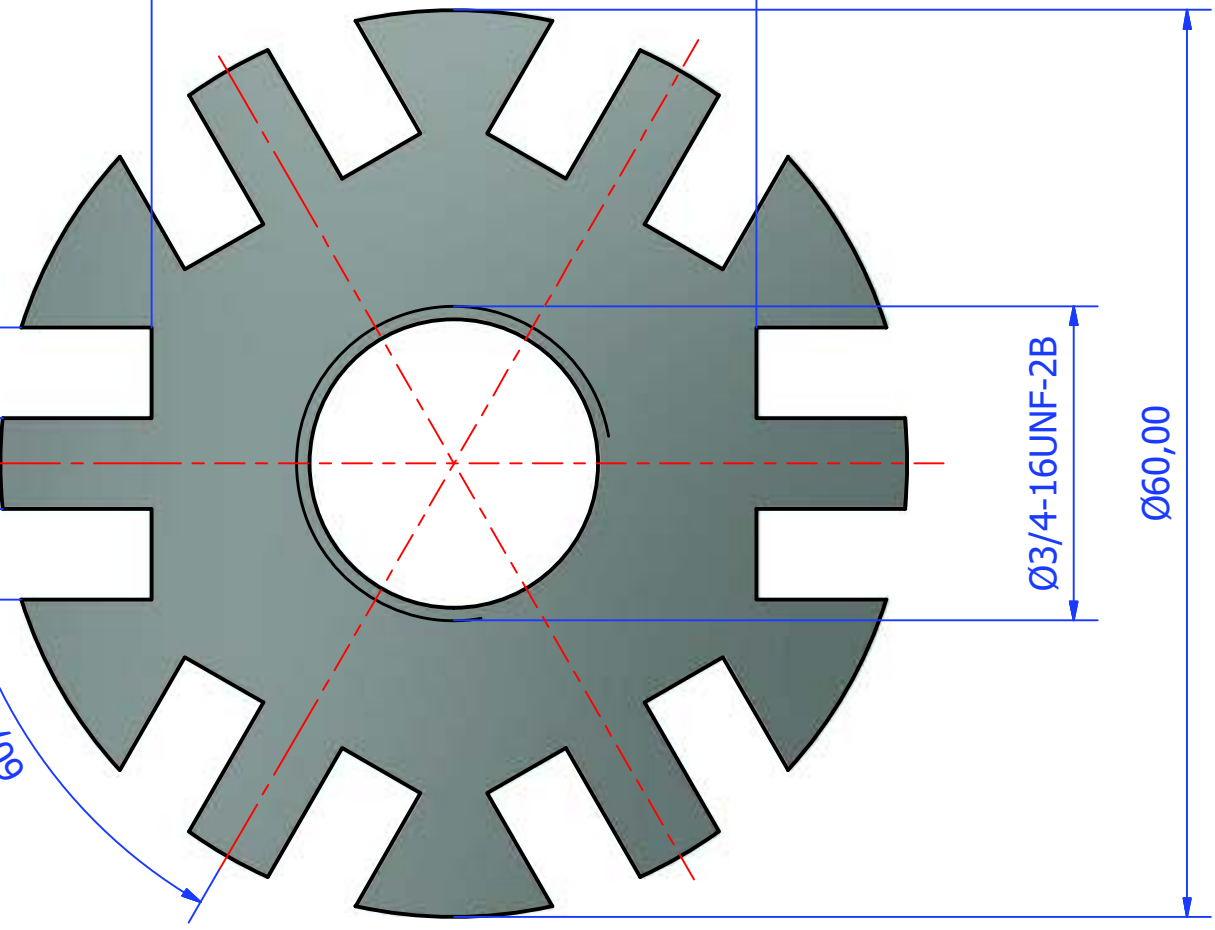




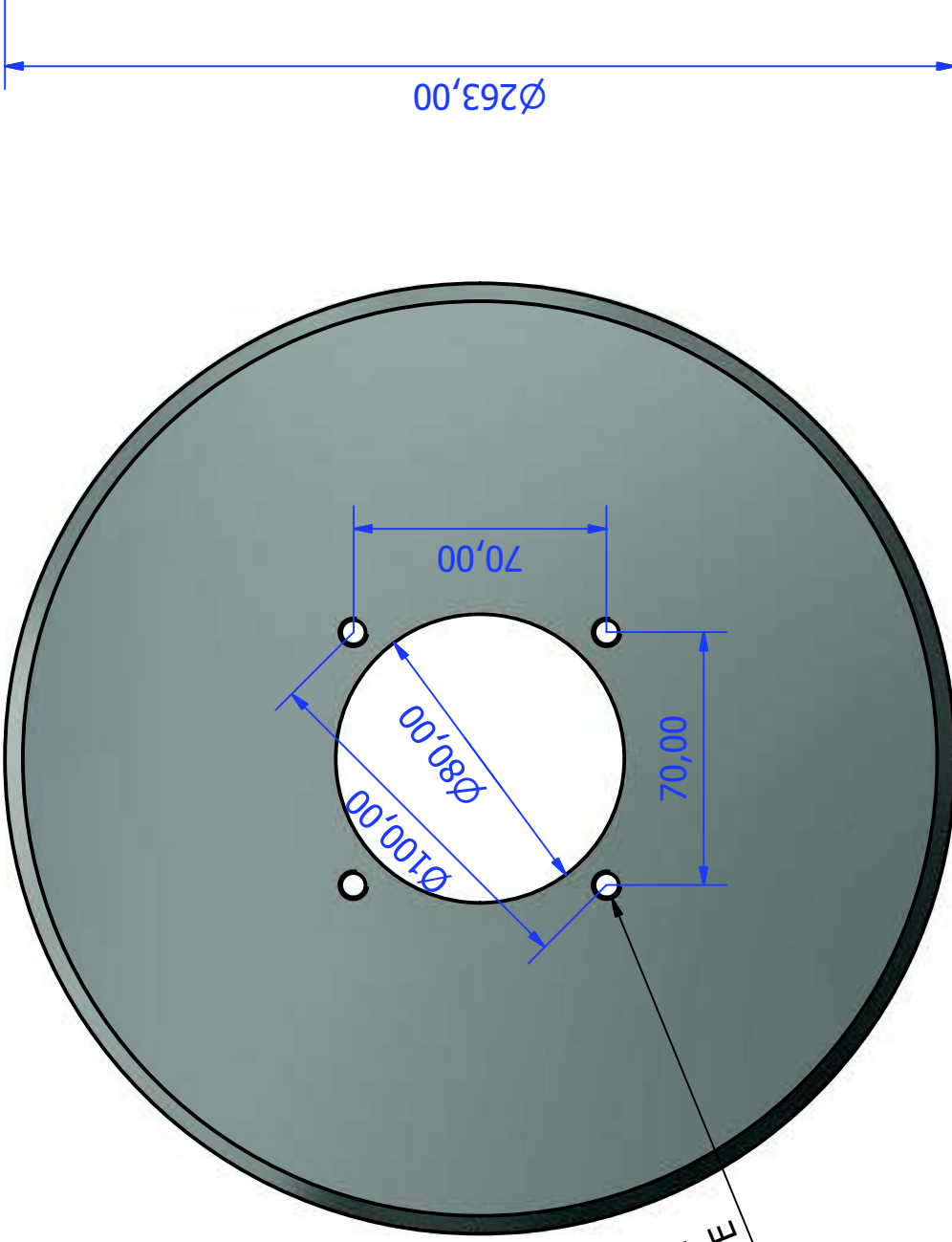
LISTA DE PIEZAS

ITEM	QTY	PART NUMBER
1	1	tubo soporte mecanismo apertura
2	1	tapa soporte mecanismo apertura
3	6	rotula soporte mecanismo apertura

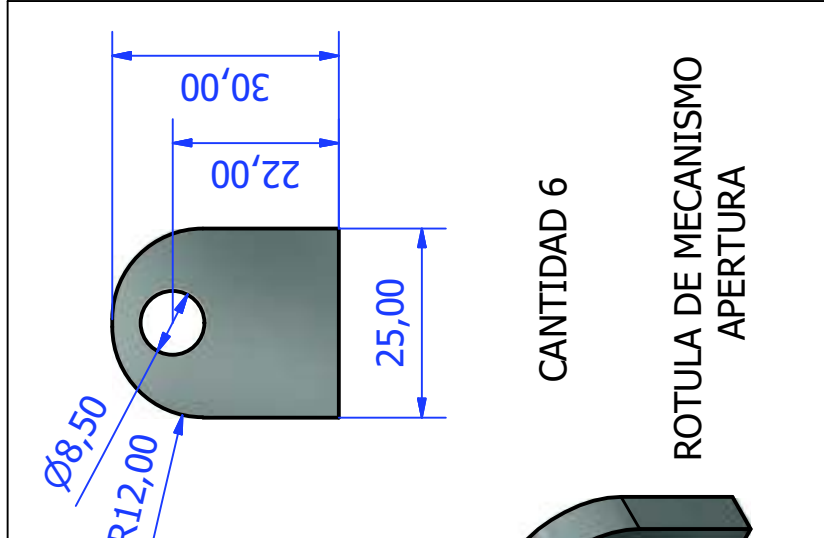
Tol. Gen. 0.1 mm	Material INDICA C/PIEZA	Dim. Brut.
 	Trat. Term.	Pintura/Cc
	Nombre	Fecha
Dibujado por:	M.MORA - C. LANDA	28/10/20
Aprobado por:	V. GUERRERO	



Tol. Gen. 0.1 mm 	Material	AISI 1018	Dim. Brut.	
	Trat. Term.		Pintura/Co	
			Nombre	
	Dibujado por:	M.MORA - C. LANDA	Fecha	28/10/20
	Aprobado por:	V. GUERRERO		



CANTIDAD 1

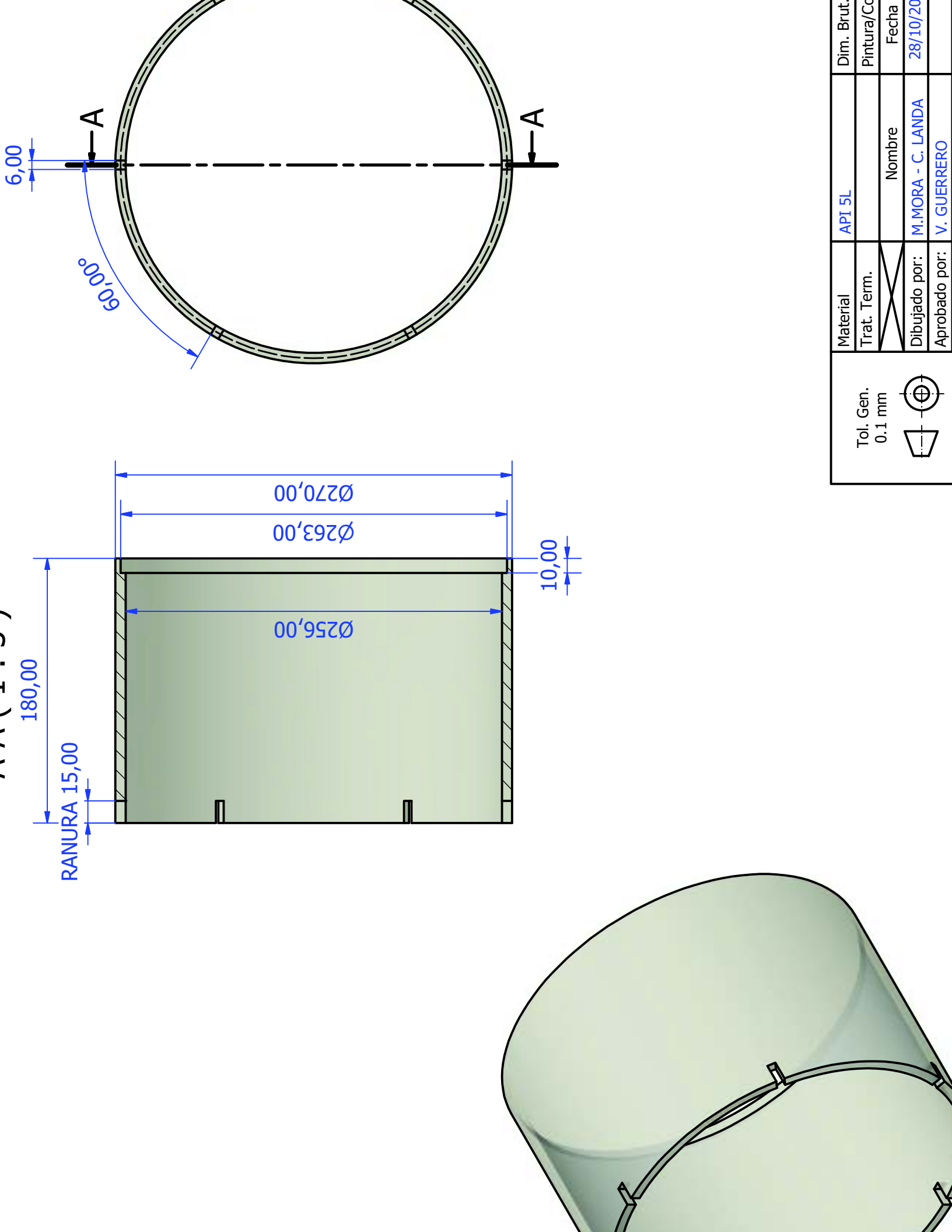


CANTIDAD 6

ROTULA DE MECANISMO
APERTURA

Material	ASTM A36	Dim. Brut.	
Trat. Term.		Pintura/Co	
Dibujado por:	M.MORA - C. LANDA	Nombre	
Aprobado por:	V. GUERRERO	Fecha	28/10/20

Tol. Gen. 0.1 mm



MM (± 0,5)

6,00

60,00°

A

A

180,00

RANURA 15,00

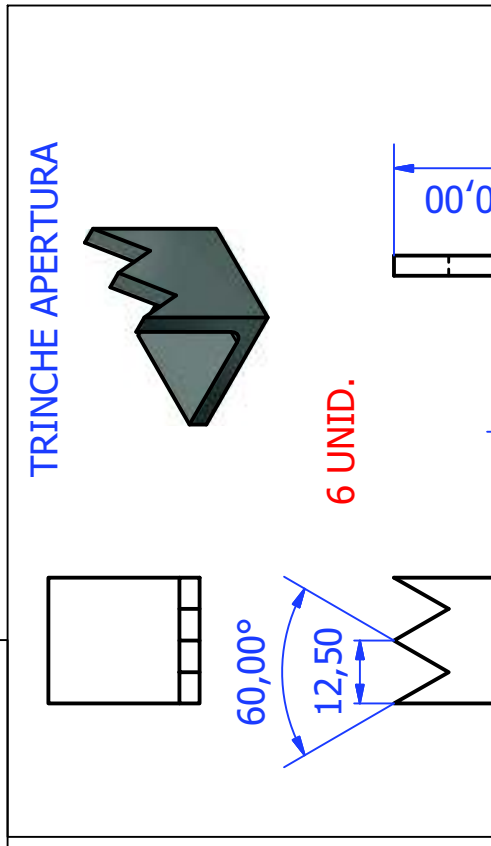
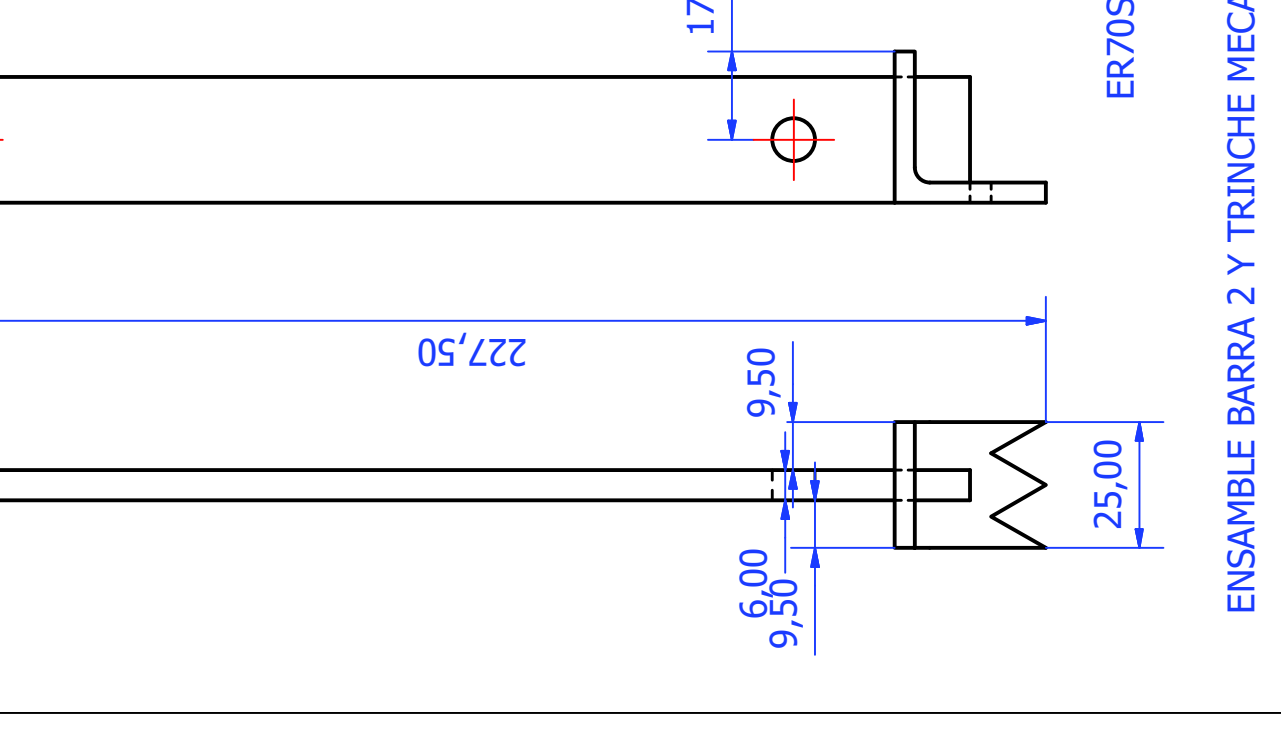
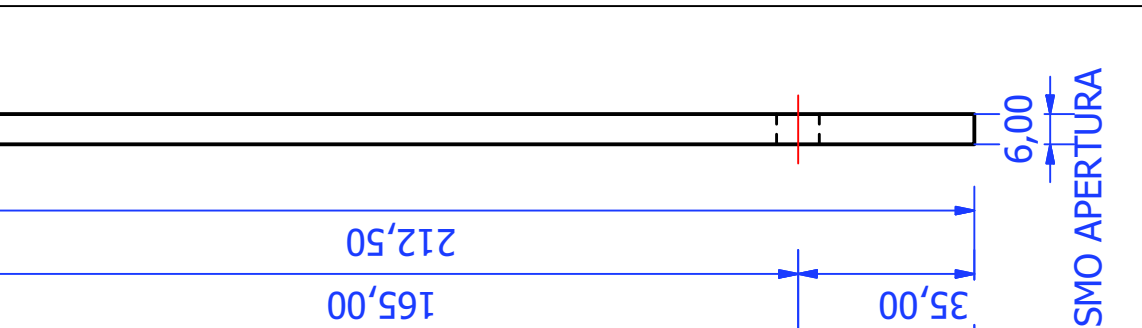
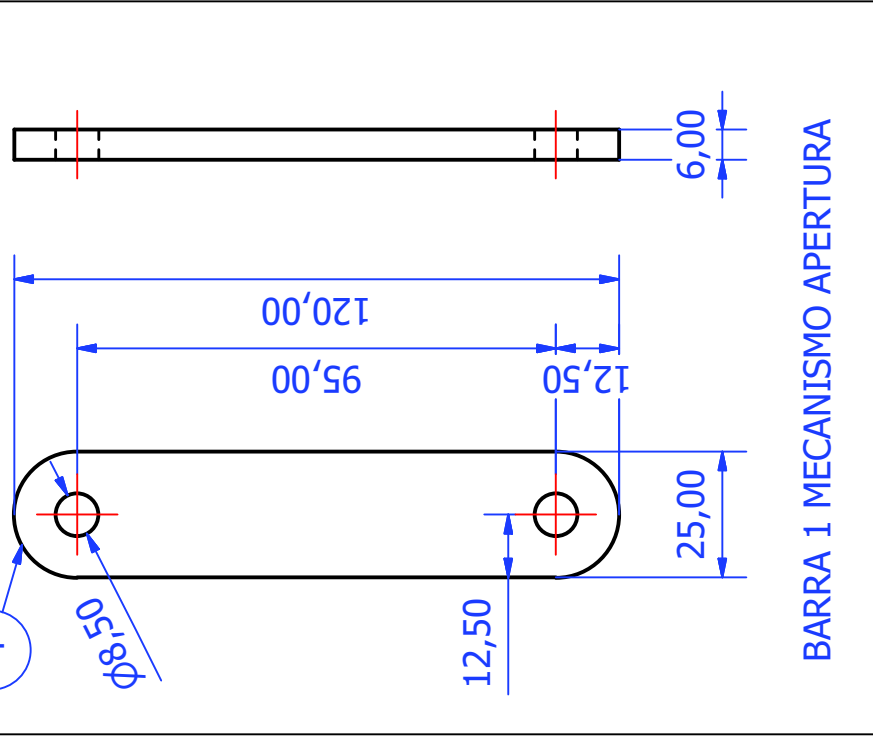
Ø270,00

Ø263,00

Ø256,00

10,00

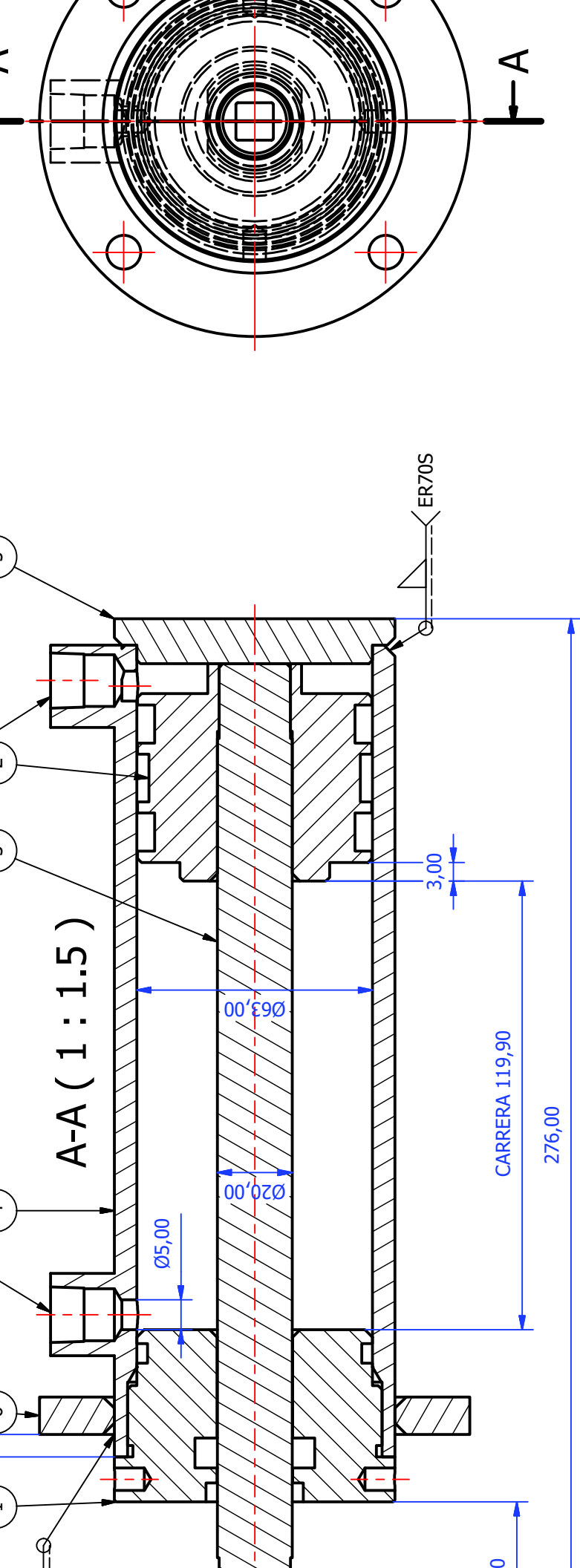
Tol. Gen. 0.1 mm 	Material	API 5L	Dim. Brut.	
	Trat. Term.		Pintura/Co	
	Dibujado por:	M.MORA - C. LANDA	Nombre	
	Aprobado por:	V. GUERRERO	Fecha	28/10/20



ENSAMBLE BARRA 2 Y TRINCHE MECA

Tol. Gen. 0.1 mm	Material	Dim. Brut.
	Trat. Term.	Pintura/Co
	Trat. Term.	ASTM A36
	Nombre	Fecha
	Dibujado por:	28/10/20
	Aprobado por:	
	M.MORA - C. LANDA	
	V. GUERRERO	

6 UNID.



LISTA DE PIEZAS

ITEM	QTY	PART NUMBER
1	1	tapa frontal cilindro empuje
2	1	piston cilindro de empuje
3	1	vastago de cilindro de apertura
4	1	botella cilindro de apertura
5	1	tapa posterior de cilindro de apertura
6	1	brida frontal de cilindro de apertura

Material	INDICA C/PIEZA	Dim. Brut. Pintura/Cc
Trat. Term.		
Dibujado por:	M.MORA - C. LANDA	Fecha 28/10/20
Aprobado por:	V. GUERRERO	

Tol. Gen. 0.1 mm

Material

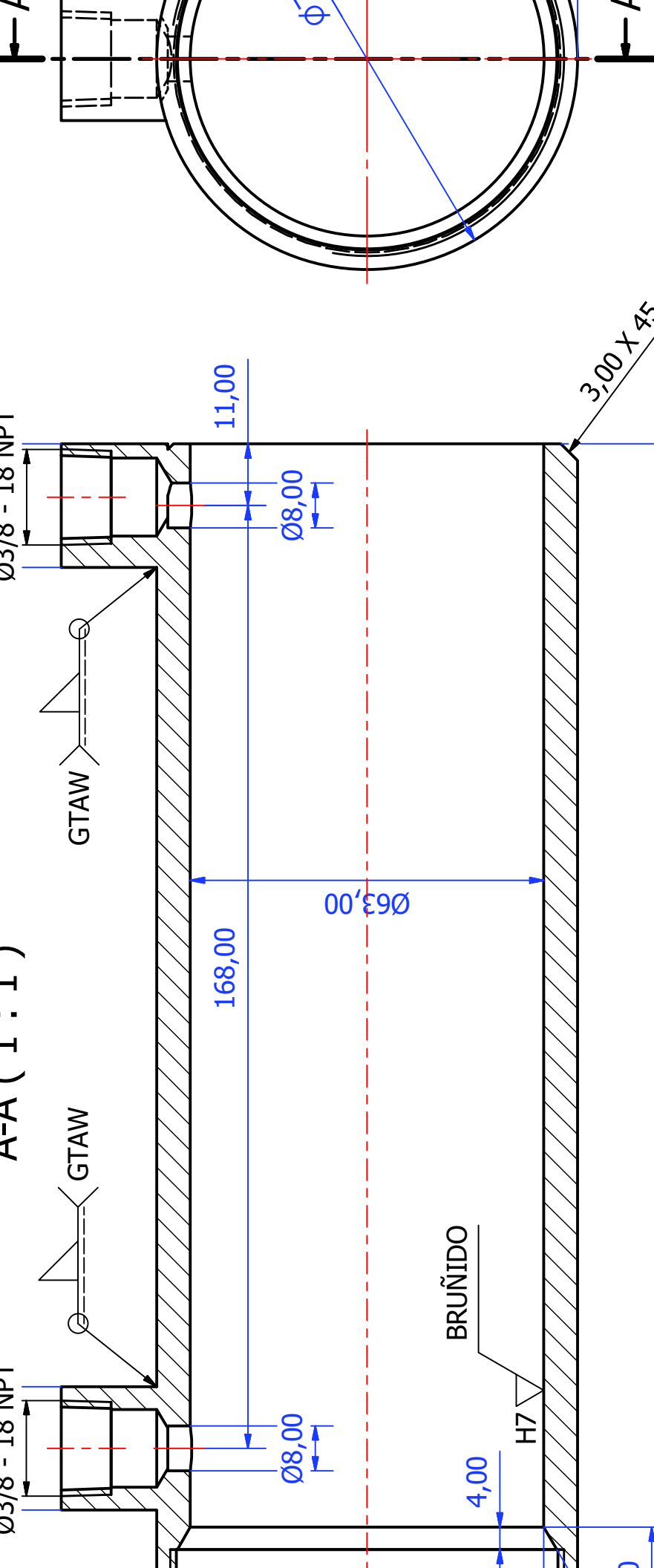
Trat. Term.

Dibujado por: M.MORA - C. LANDA

Aprobado por: V. GUERRERO

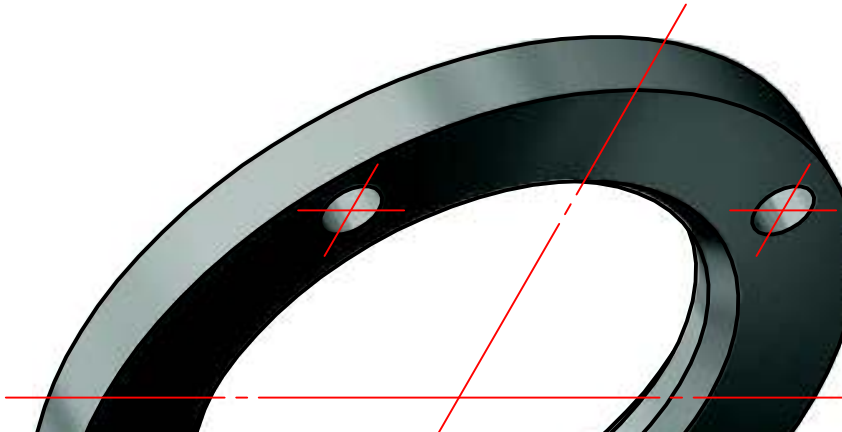
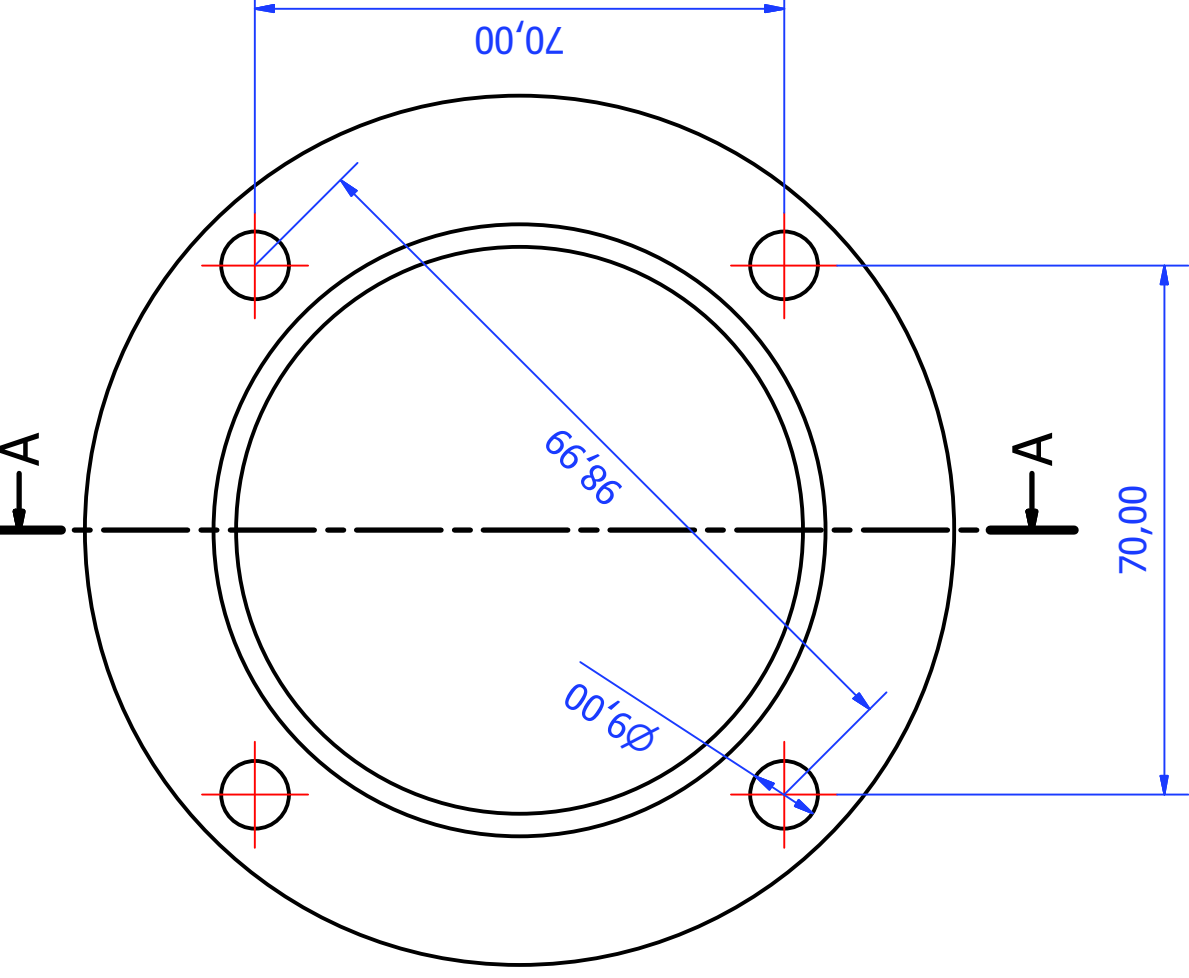
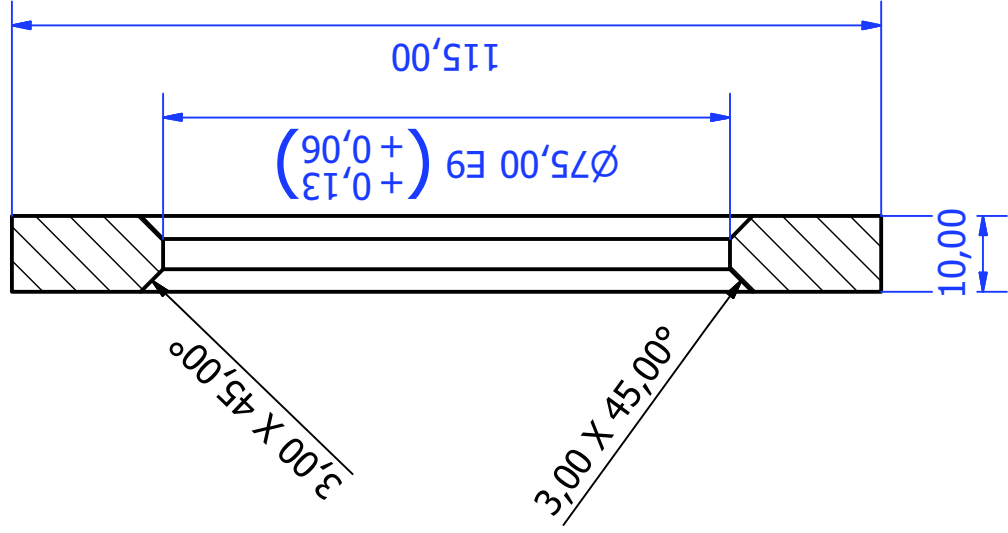
Dim. Brut. Pintura/Cc

Fecha 28/10/20

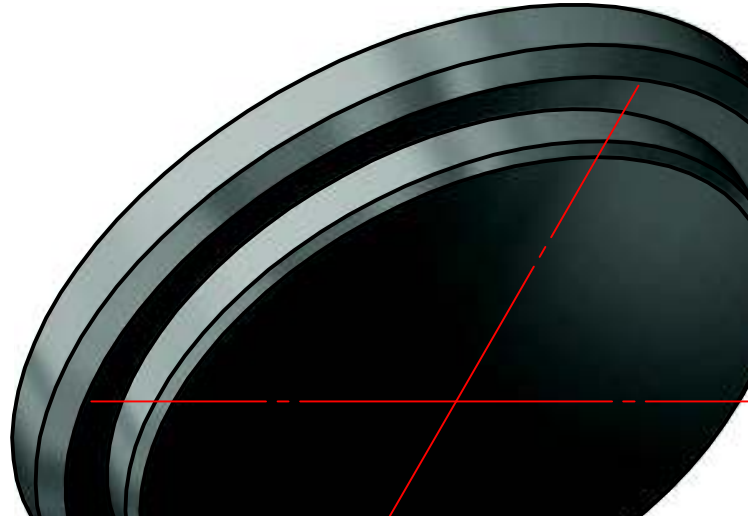
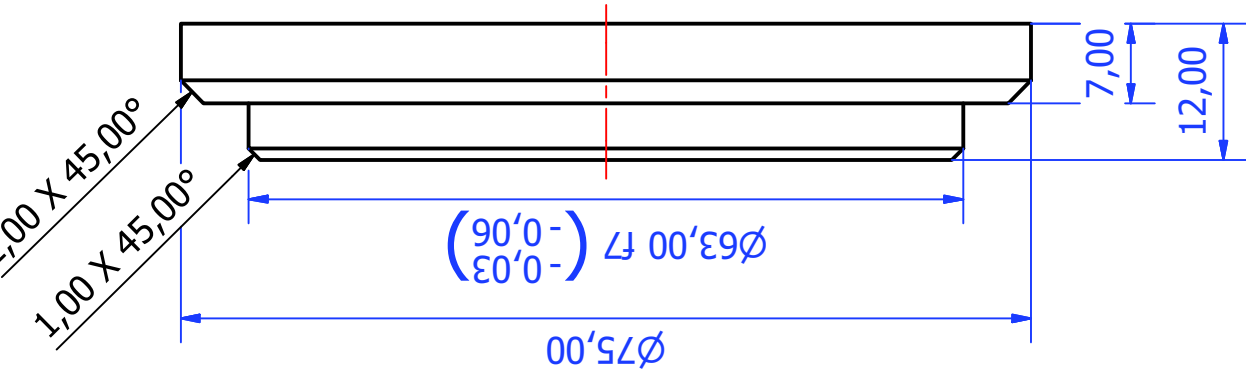
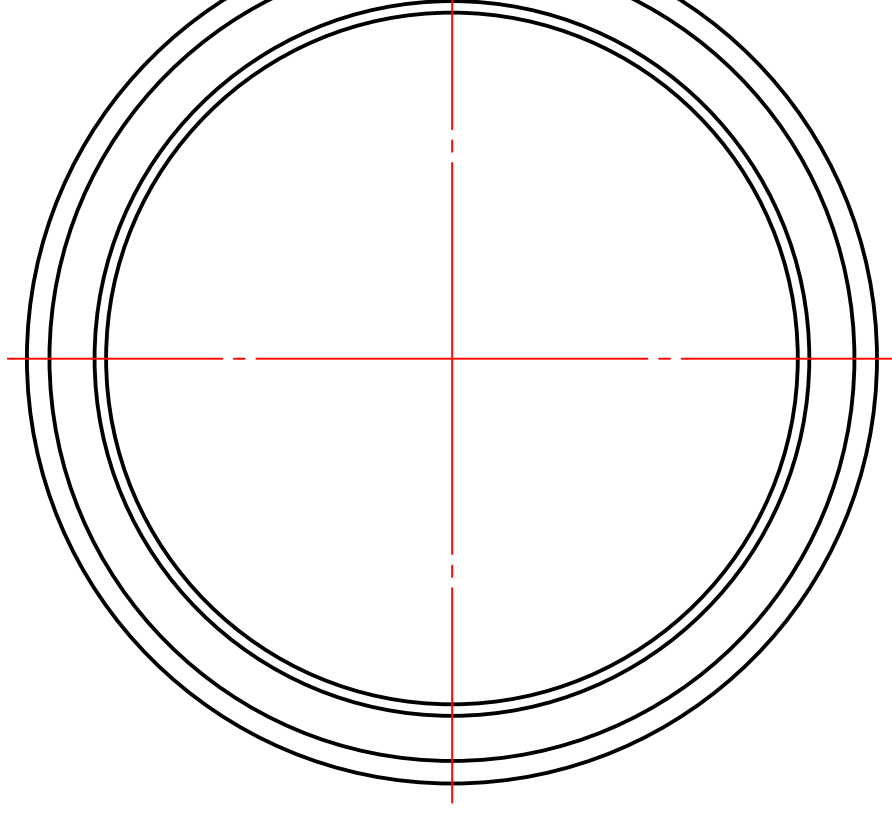


Material	DIN E355	Dim. Brut.	
Trat. Term.		Pintura/Cc	
Dibujado por:	M.MORA - C. LANDA	Nombre	
Aprobado por:	V. GERRERO	Fecha	28/10/20
Tol. Gen. 0.1 mm			

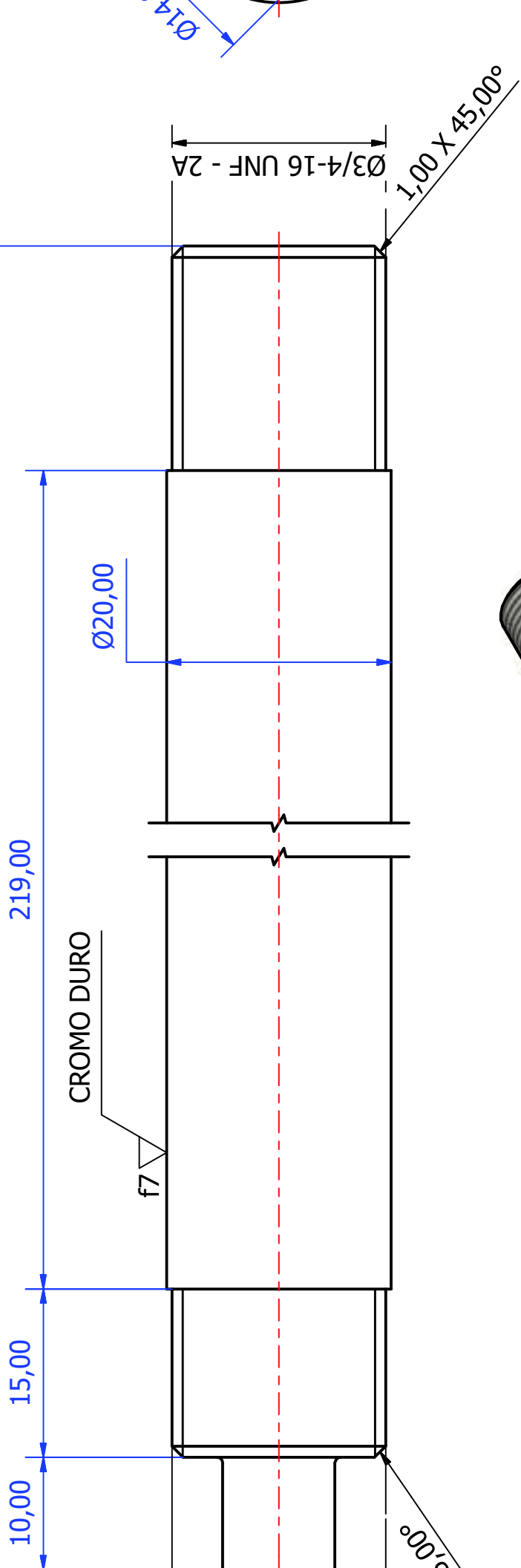
A-A (1:1)





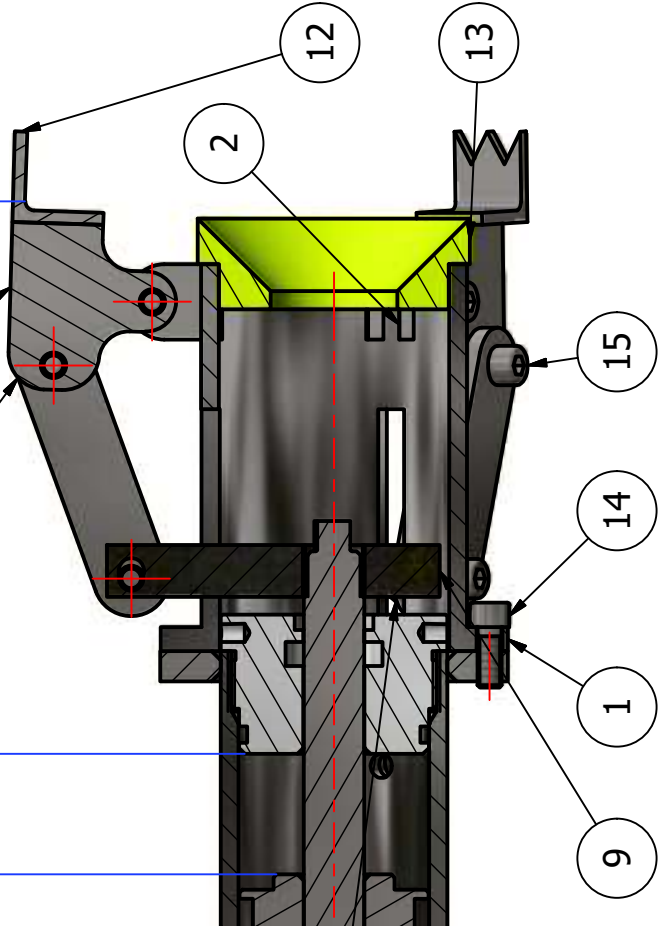
Tol. Gen. 0.1 mm	Material ASTM A36	Dim. Brut. Pintura/Cc
	Trat. Term.	Fecha 28/10/20
	Dibujado por: M.MORA - C. LANDA	
	Aprobado por: V. GUERRERO	



Tol. Gen. 0.1 mm	Material	Dim. Brut.
	ASTM A36	Pintura/Cc
	Trat. Term.	Nombre
	Trat. Term.	M.MORA - C. LANDA
	Dibujado por:	Fecha
	Aprobado por:	28/10/20
		V. GUERRERO

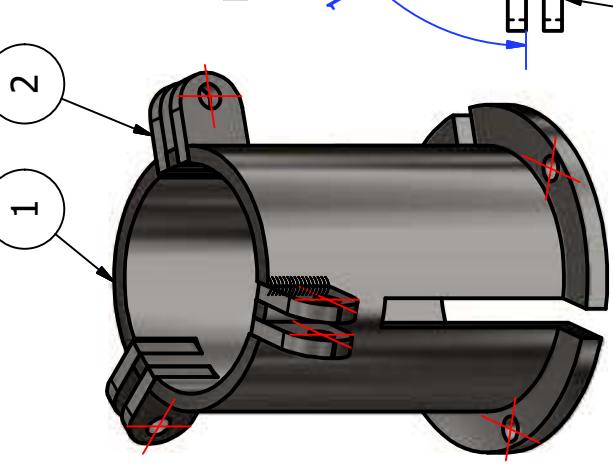
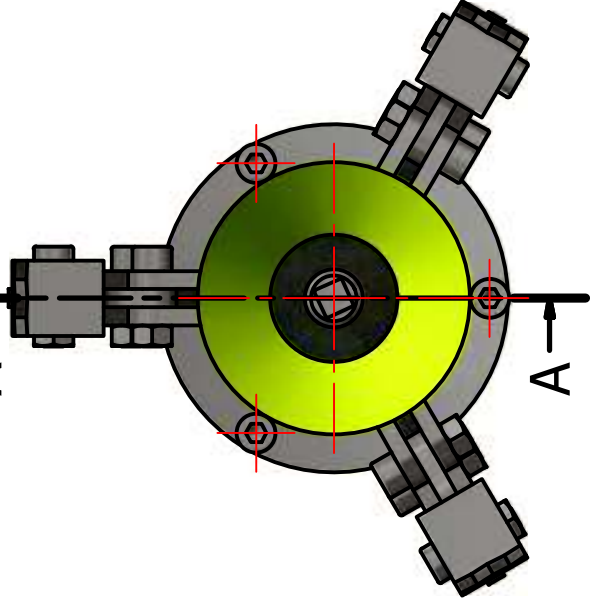


Tol. Gen. 0.1 mm  	Material	AISI 1045	Dim. Brut.	
	Trat. Term.		Pintura/Co	
	Dibujado por:	M.MORA - C. LANDA	Nombre	Fecha
	Aprobado por:	V. GUERRERO		28/10/20



A-A (1 : 2.5)

ESCALA 1:2.5

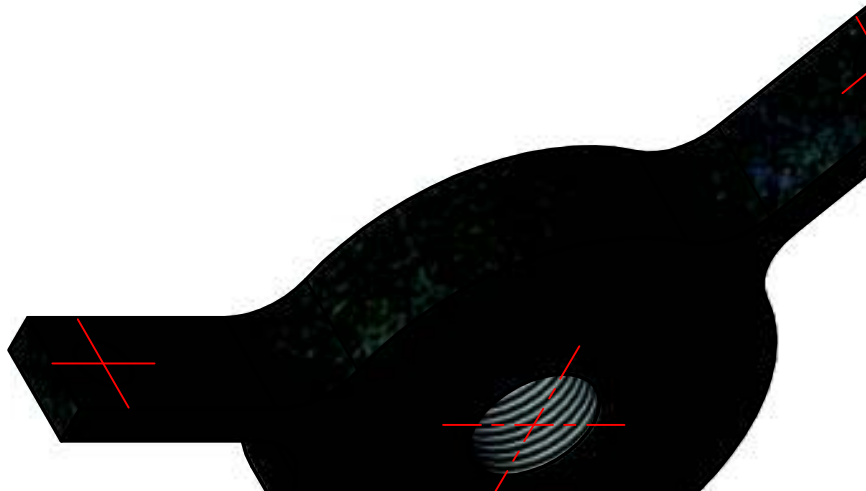
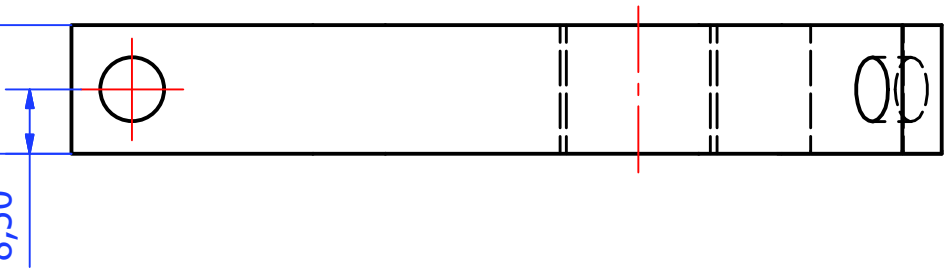
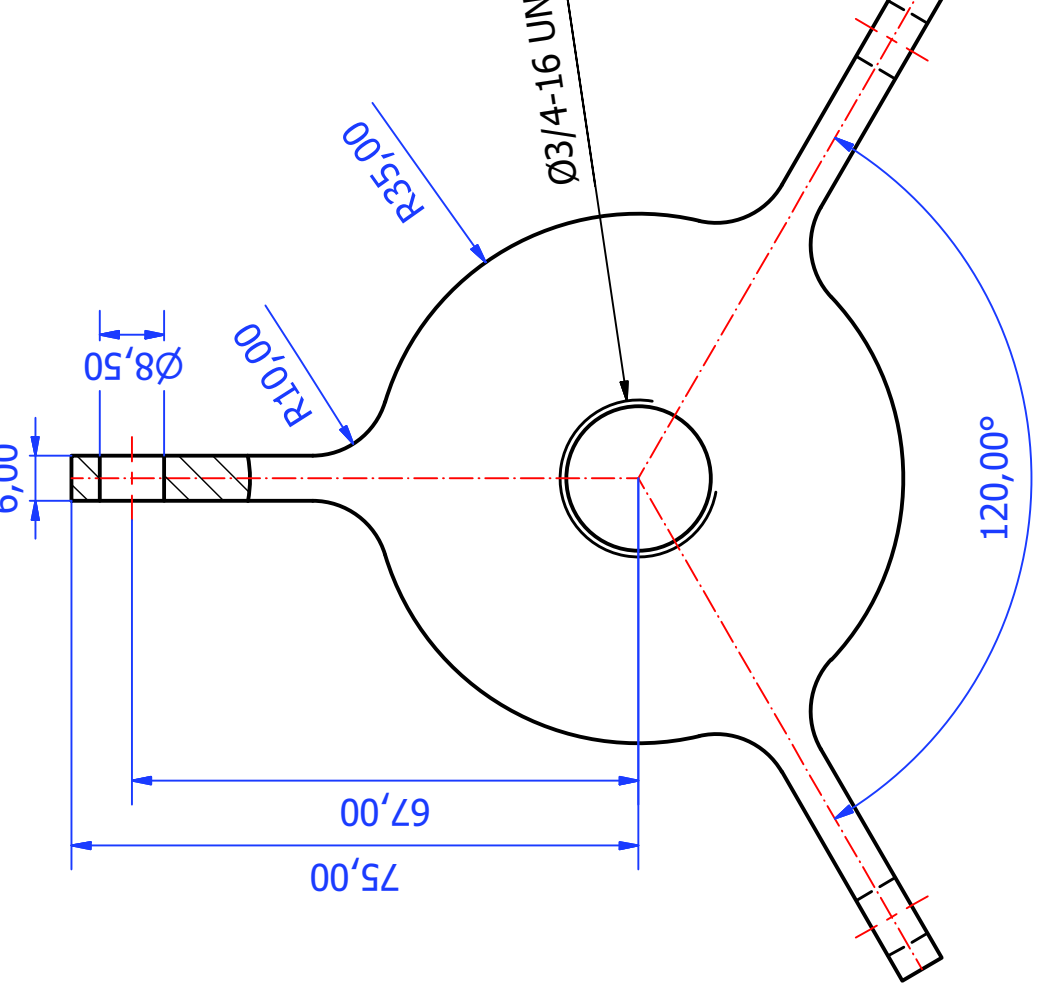


ER70S

ENSAMBLE DE BASE CON

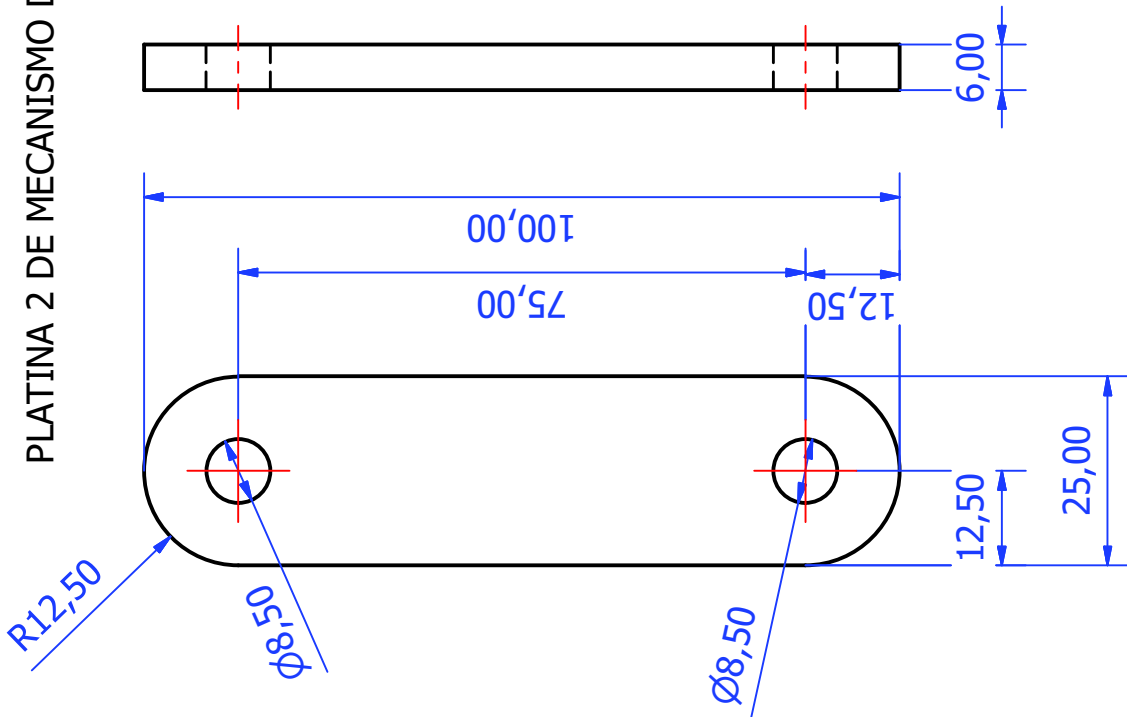
LISTA DE PIEZAS		LISTA DE PIEZAS	
ITEM	QTY	PART NUMBER	
1	1	base de cilindro inferior	
2	6	rotula mecanismo apertura/cierre	
8	1	cilindro de cierre	
9	1	manzana de mecanismo de cierre	
10	3	platina 1 de mecanismo de cierre	
11	6	platina 2 de mecanismo de cierre	
12	3	trinche de penetracion	
13	1	copa de asiento de coco	
14	3	AS 1420 - 1973 - M8 x 20	
15	9	AS 1420 - 1973 - M8 x 25	
16	9	AS 1112 - M8 Type 5	

Material	INDICA C/PIEZA	Dim. Brut.
Tol. Gen. 0.1 mm		Pintura/Cc
		Fecha
		Nombre
		Dibujado por: M. MORA - C. LANDA
		Aprobado por: V. GUERRERO
		Fecha
		28/10/20

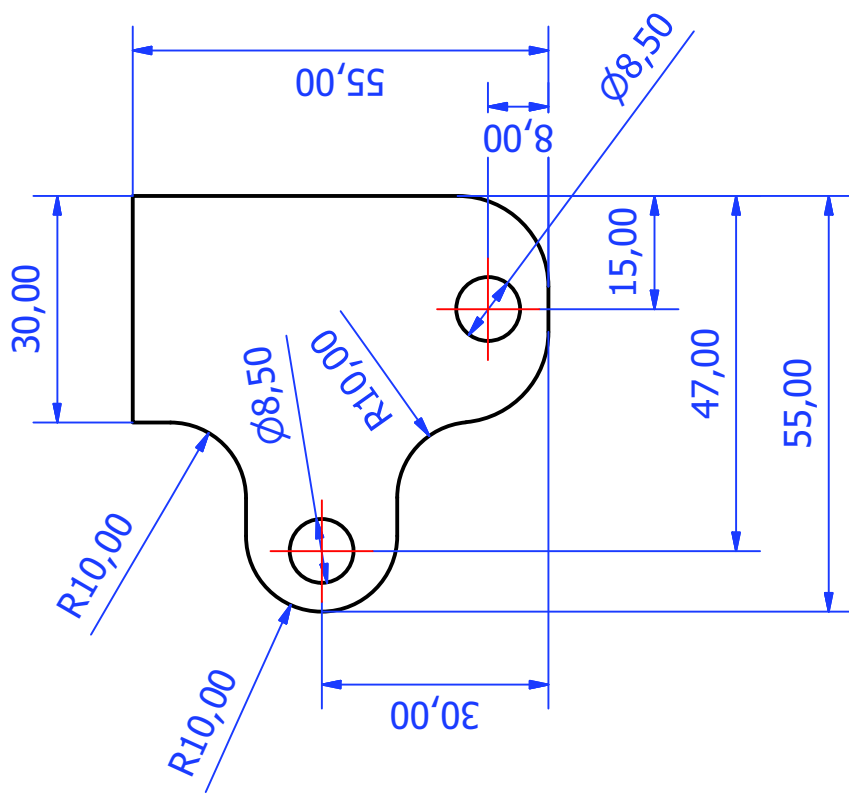



Tol. Gen. 0.1 mm	Material ASTM A36	Dim. Brut. Pintura/Cc
	Trat. Term.	Pintura/Cc
	Trat. Term.	Fecha 28/10/20
	Dibujado por: M.MORA - C. LANDA	
	Aprobado por: V. GUERRERO	

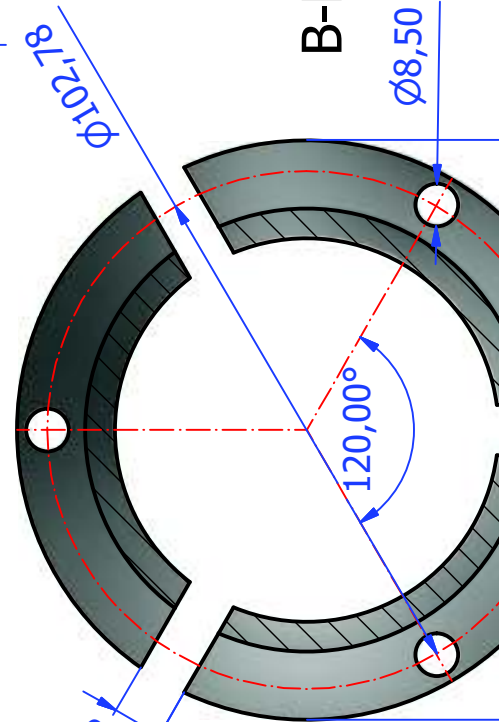
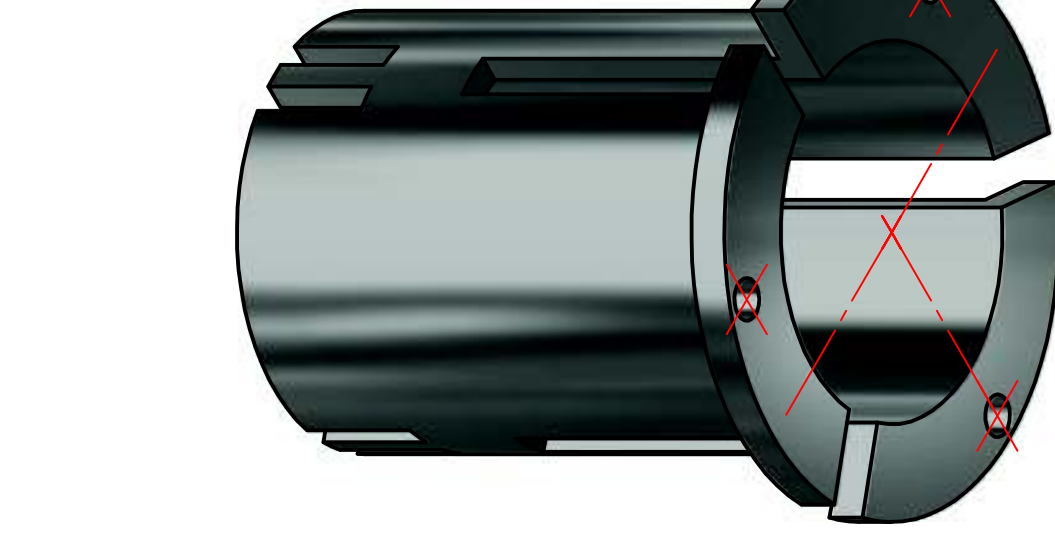
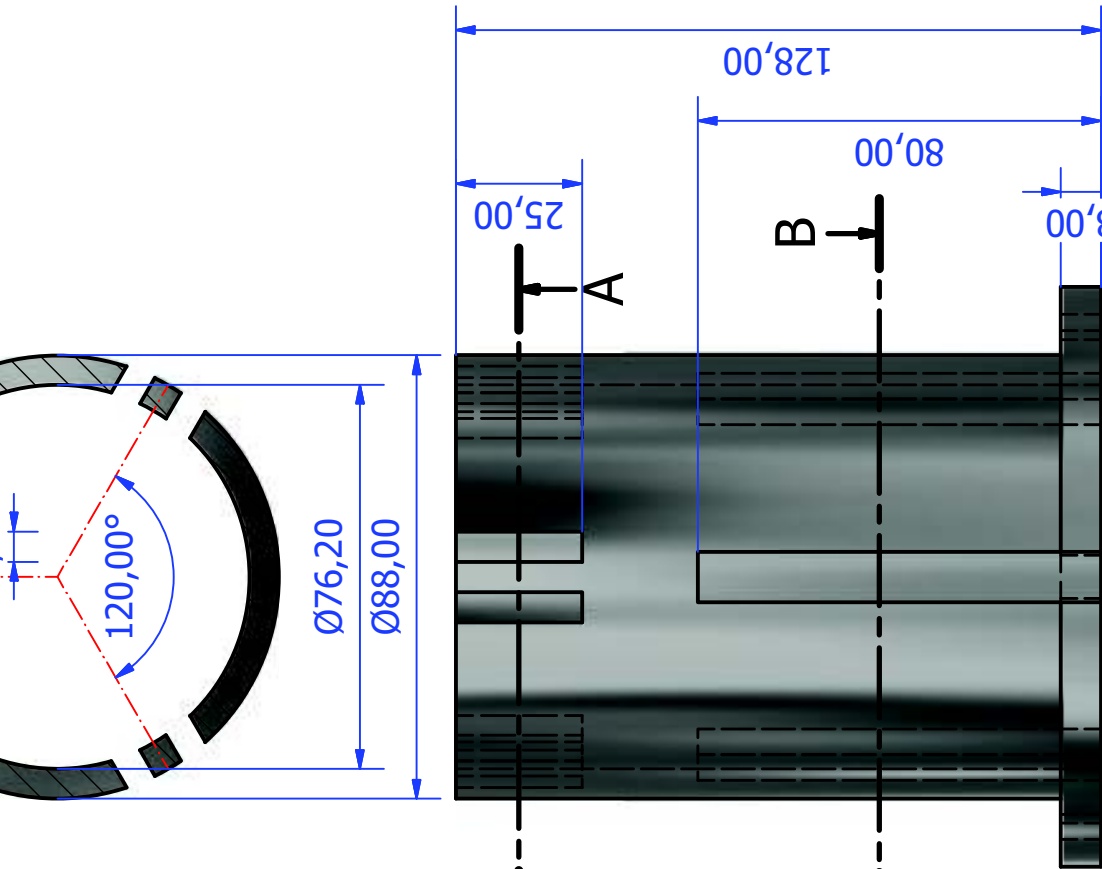
PLATINA 2 DE MECANISMO DE CIERRE



PLATINA 1 DE MECANISMO DE CIERRE



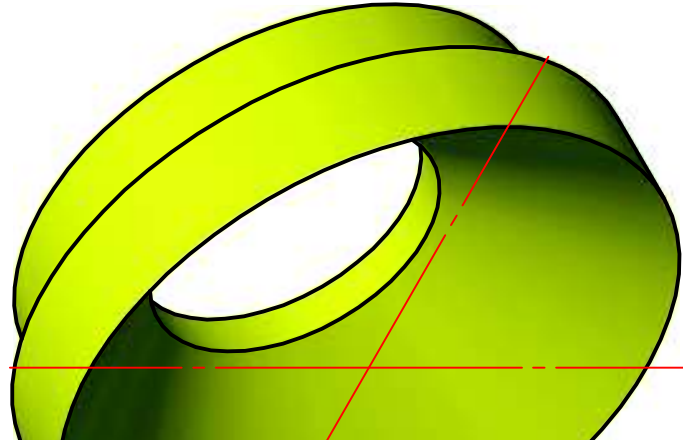
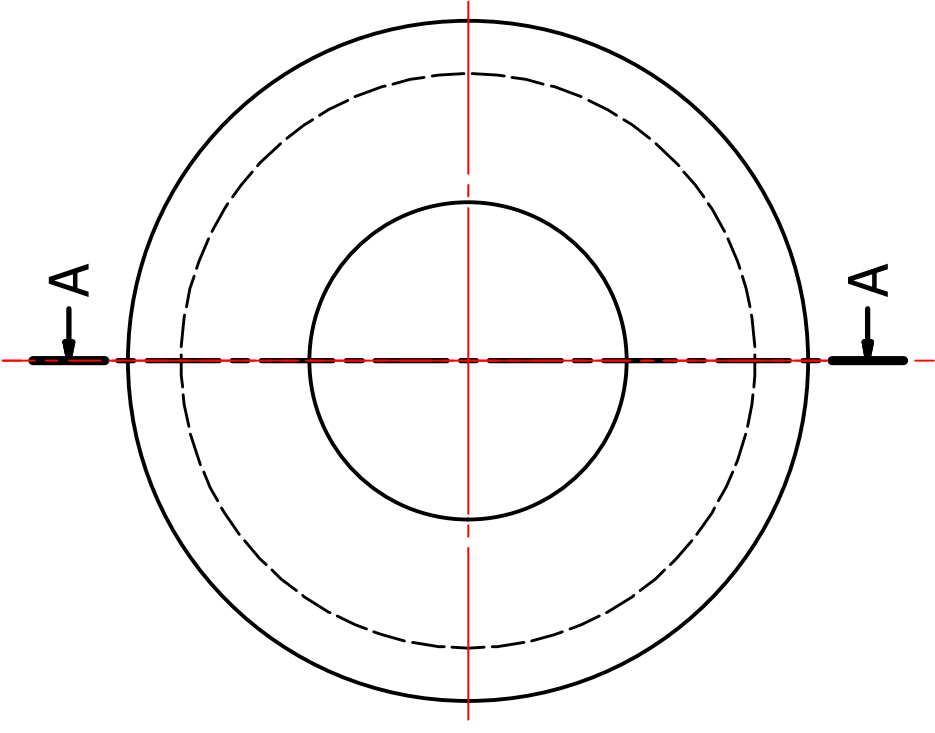
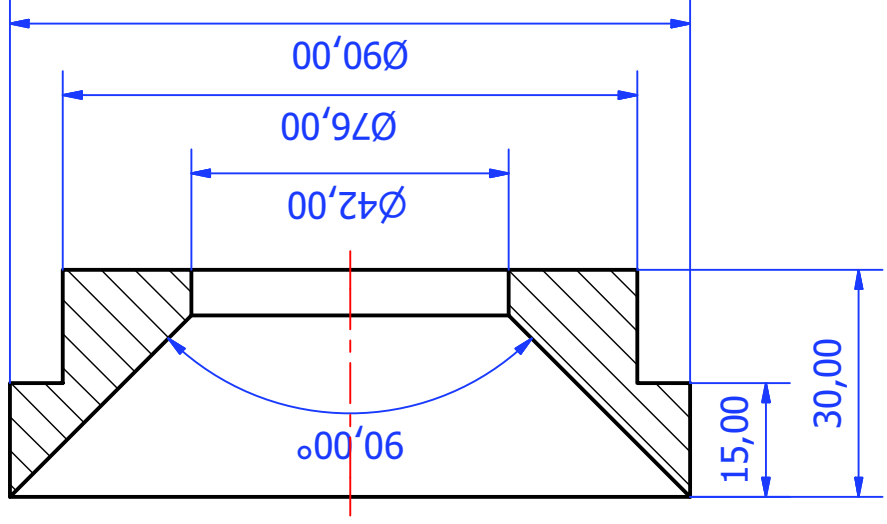
Tol. Gen. 0.1 mm 	Material	ASTM A36	Dim. Brut.	
	Trat. Term.		Pintura/Cc	
	Dibujado por:	M.MORA - C. LANDA	Nombre	Fecha
	Aprobado por:	V. GUERRERO		28/10/20



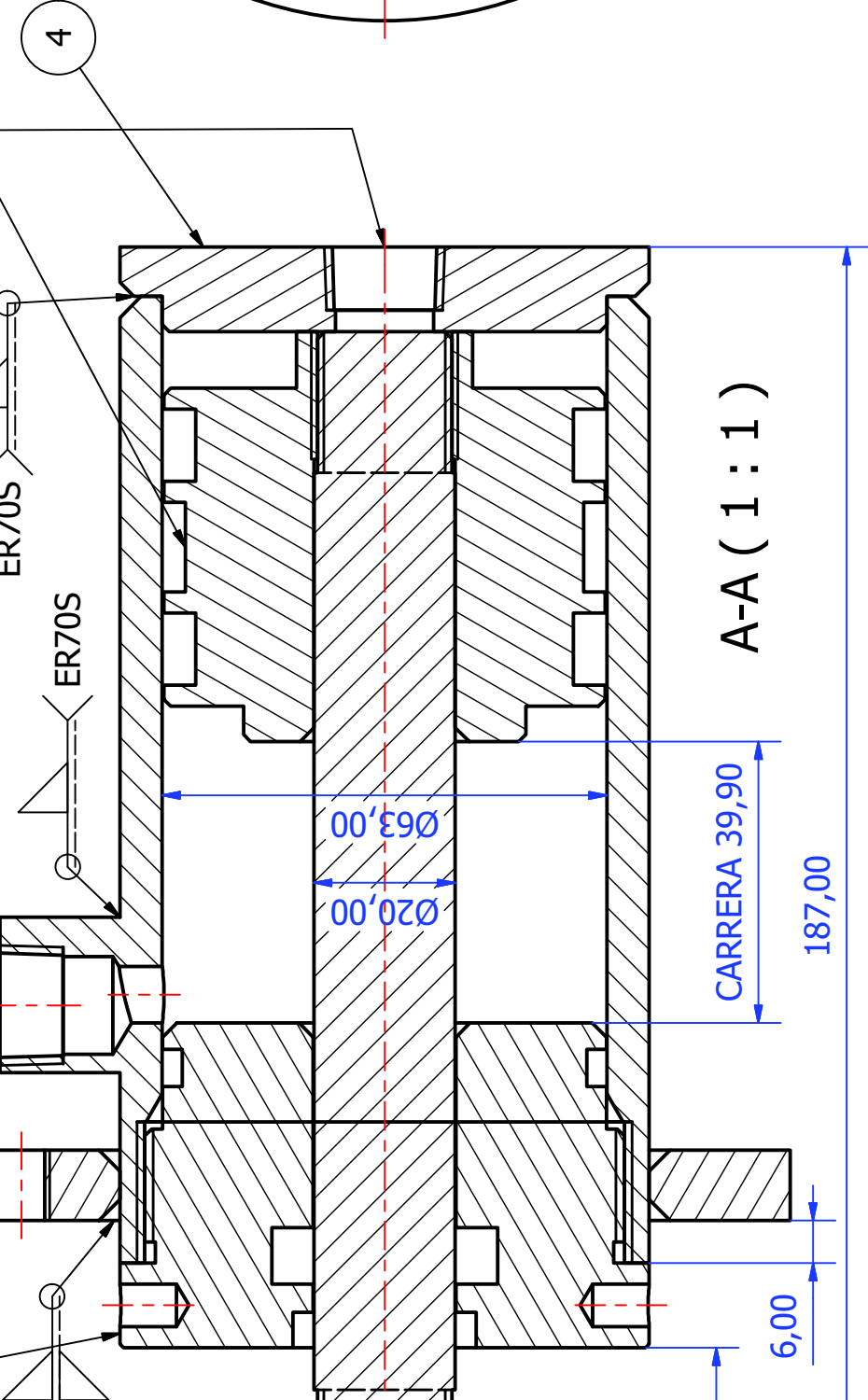
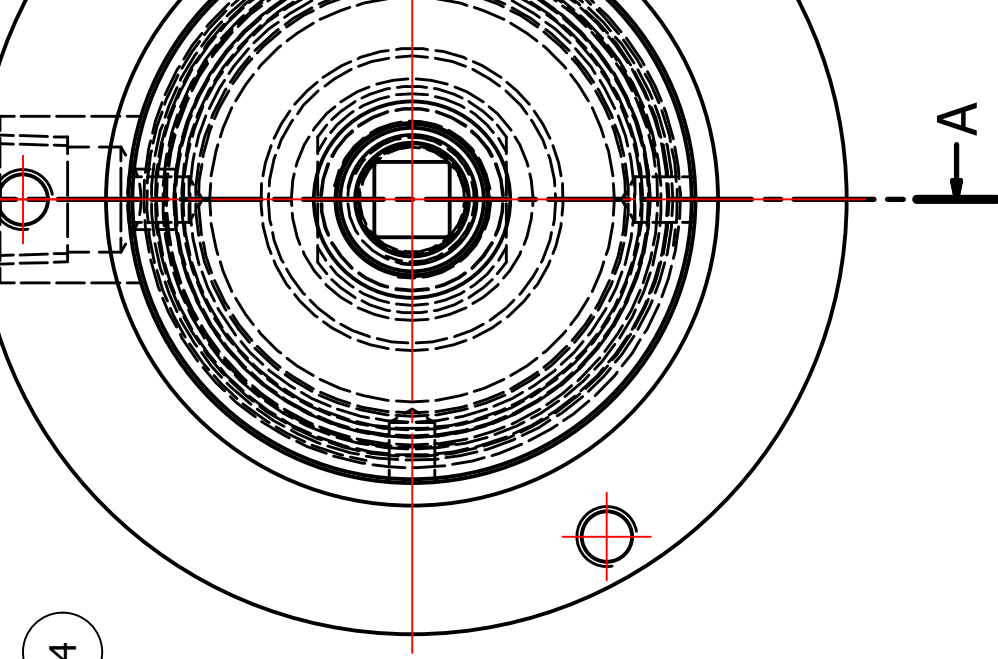
B-B (1 : 1.5)

Tol. Gen. 0.1 mm 	Material	DIN E355 / ASTM A36	Dim. Brut.	
	Trat. Term.		Pintura/Co	
	Dibujado por:	Nombre	Fecha	
	Aprobado por:	M.MORA - C. LANDA	28/10/20	
		V. GUERRERO		

A-A (1:1)



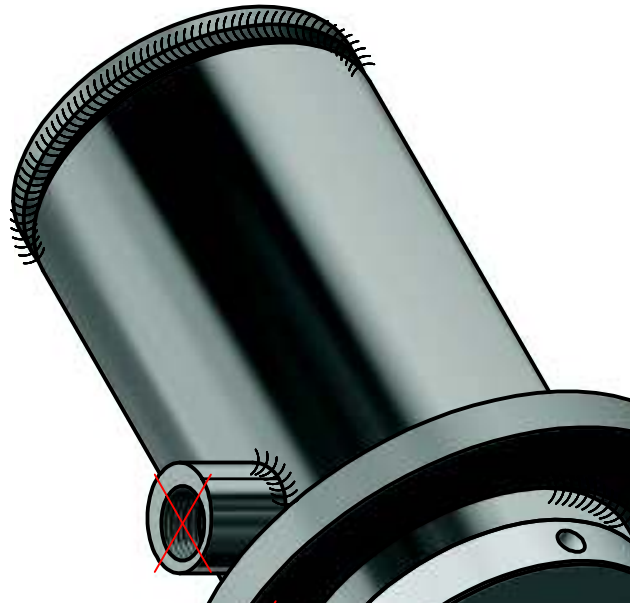
Tol. Gen. 0.1 mm	Material ASTM A36	Dim. Brut. Pintura/Co
	Trat. Term.	Fecha 28/10/20
	Nombre M.MORA - C. LANDA	
	Dibujado por: V. GUERRERO	

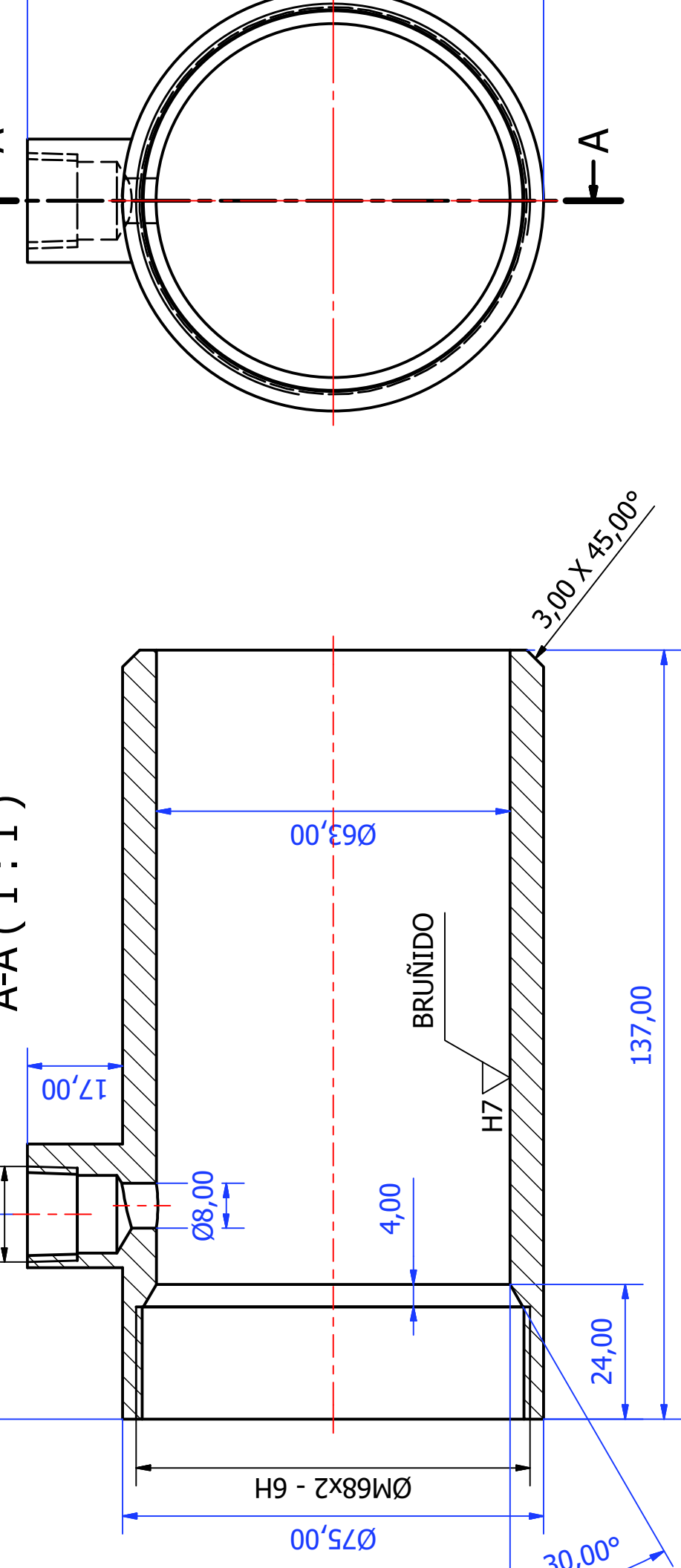


LISTA DE PIEZAS

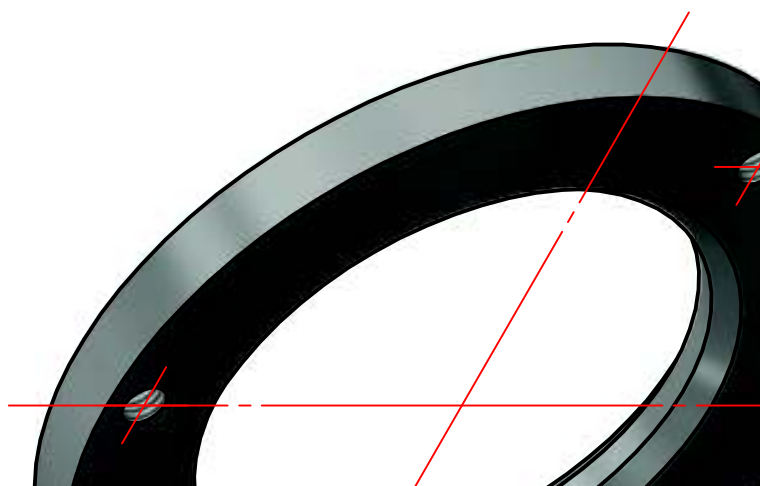
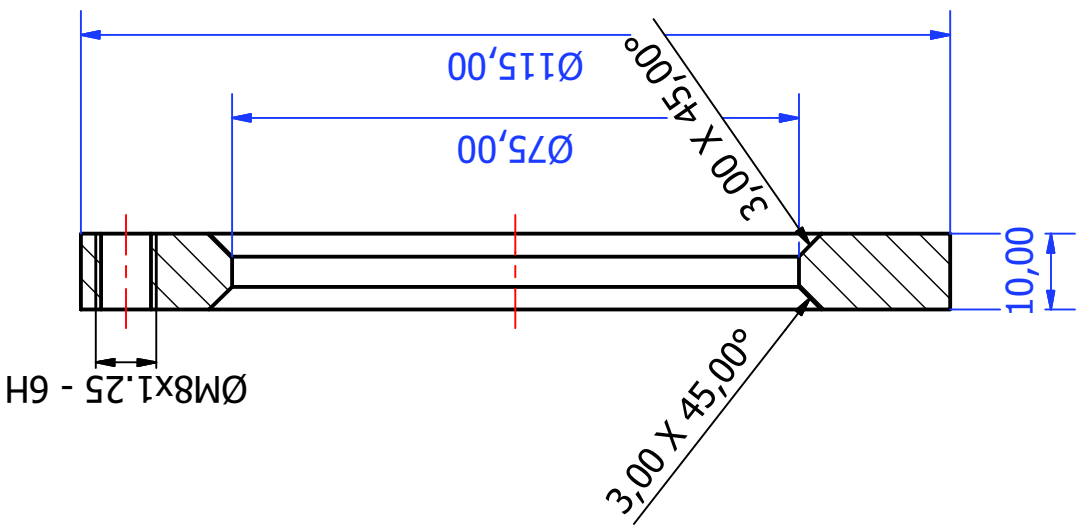
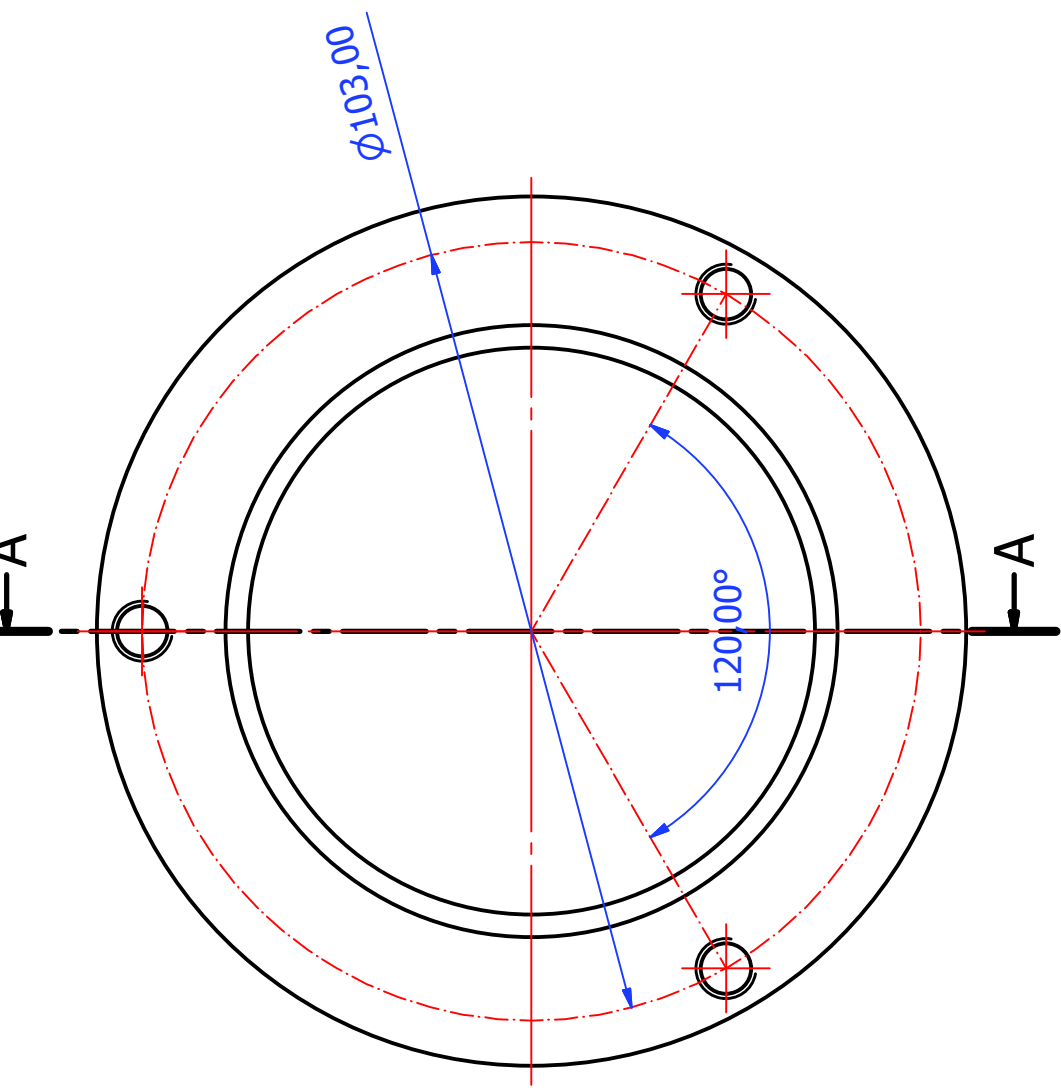
ITEM	QTY	PART NUMBER
1	1	botella cilindro de cierre
2	1	vastago de cilindro de cierre
3	1	piston cilindro de empuje
4	1	tapa posterior de cilindro de cierre
5	1	tapa frontal cilindro empuje
6	1	brida frontal de cilindro de cierre

Tol. Gen. 0.1 mm	Material	INDICA C/PIEZA	Dim. Brut.
	Trat. Term.		Pintura/Cc
		Nombre	Fecha
	Dibujado por:	M.MORA - C. LANDA	28/10/20
	Aprobado por:	V. GUERRERO	



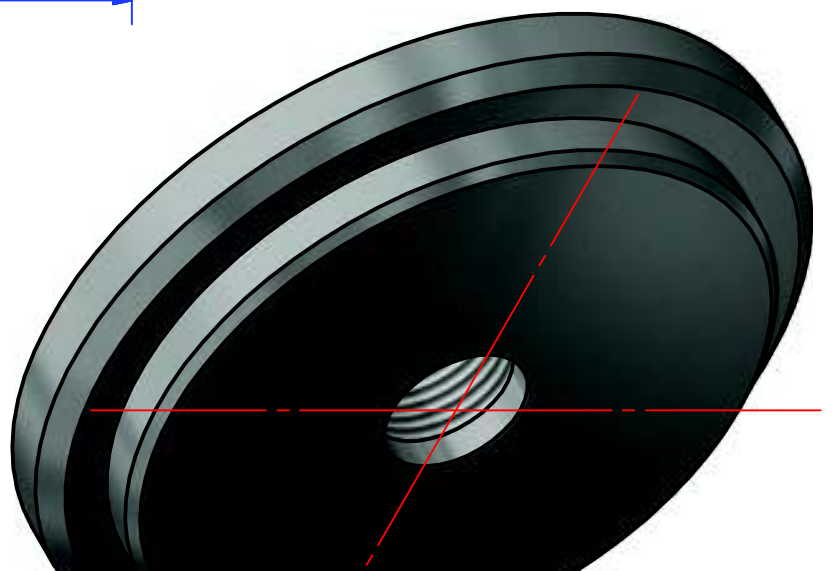
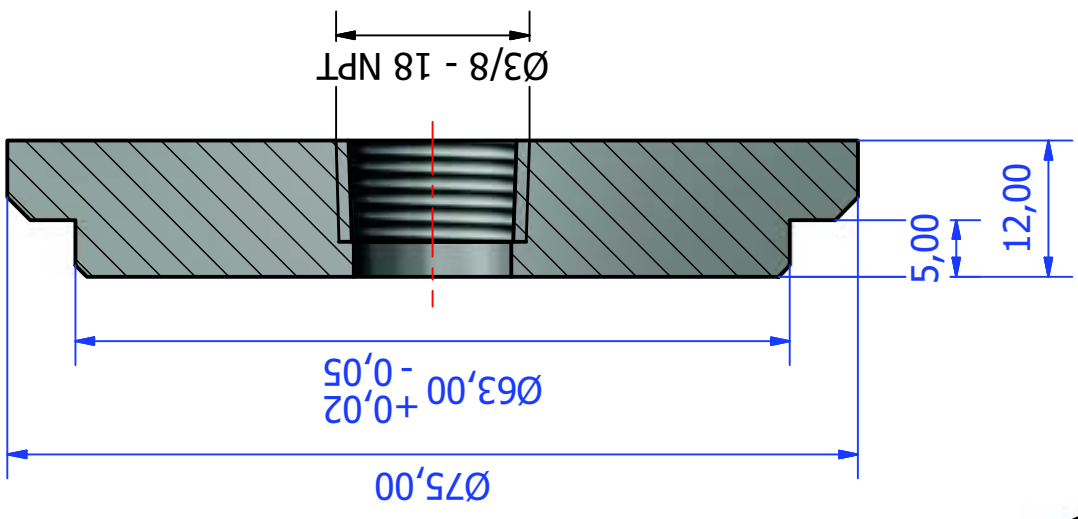
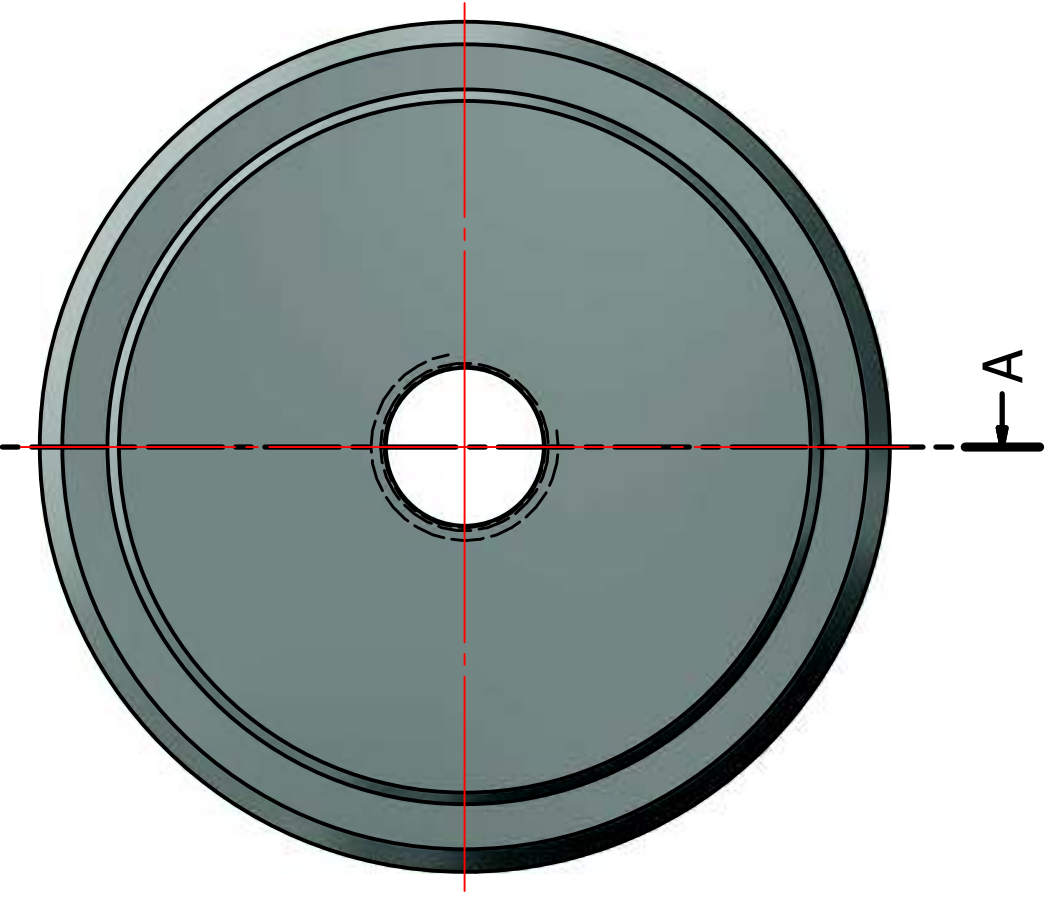


Tol. Gen. 0.1 mm	Material DIN E355	Dim. Brut. Pintura/Cc
	Trat. Term.	Nombre
	Dibujado por: M.MORA - C. LANDA	Fecha 28/10/20
	Aprobado por: V. GUERRERO	



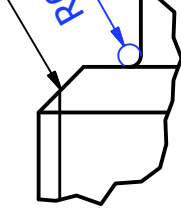
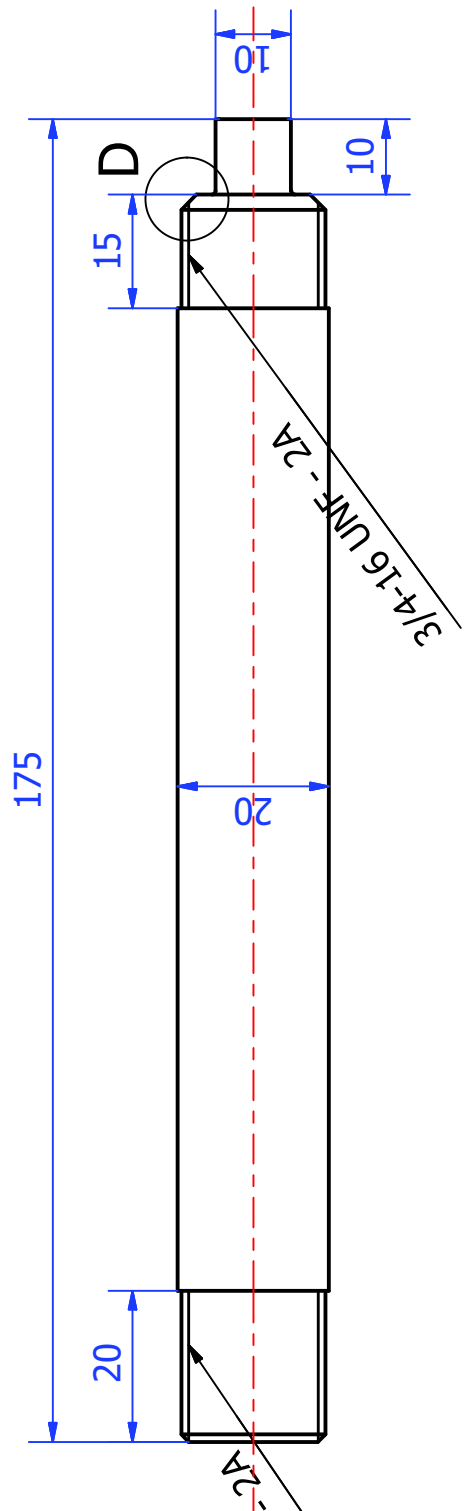
Material	ASTM A36	Dim. Brut.	
Trat. Term.		Pintura/Co	
Dibujado por:	M.MORA - C. LANDA	Fecha	28/10/20
Aprobado por:	V. GUERRERO		

Tol. Gen. 0.1 mm

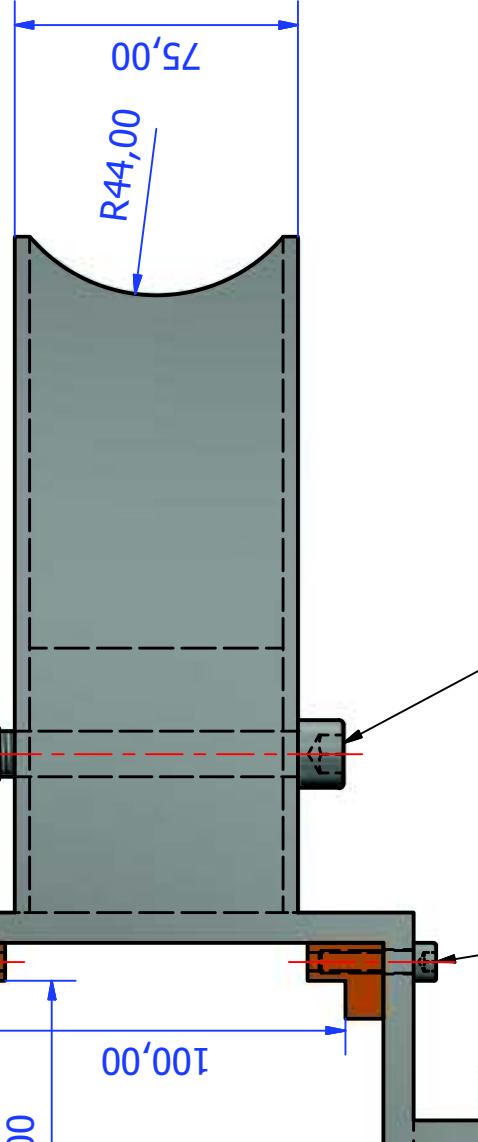
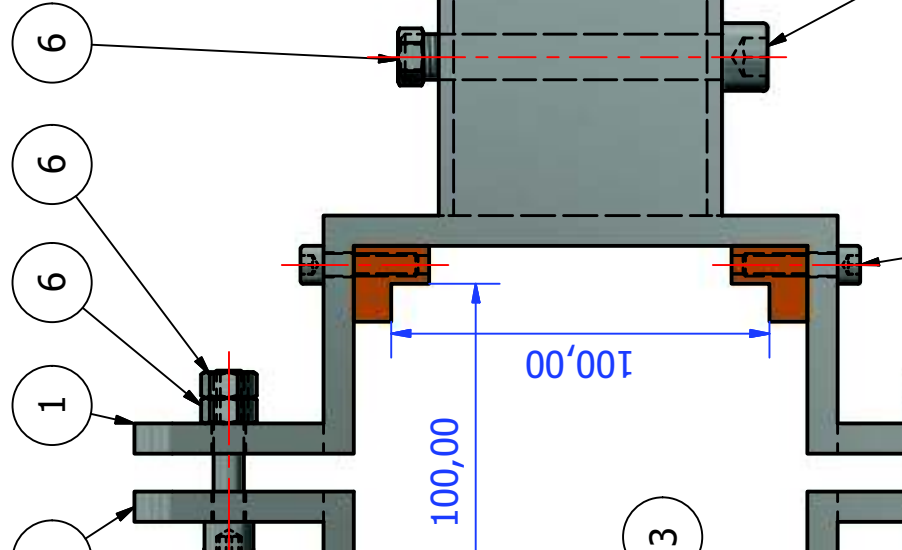
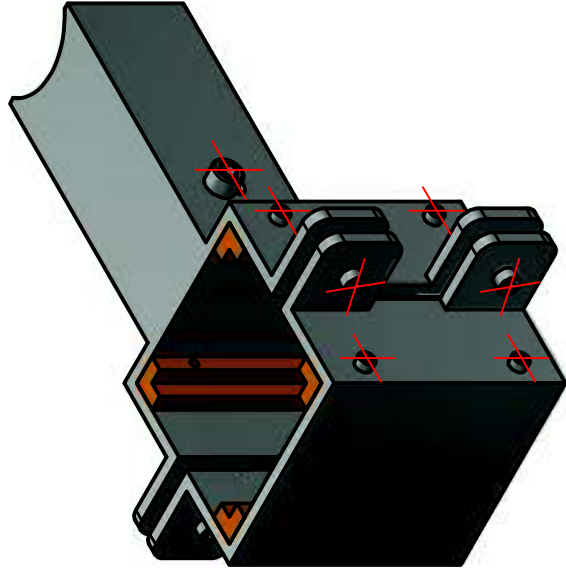
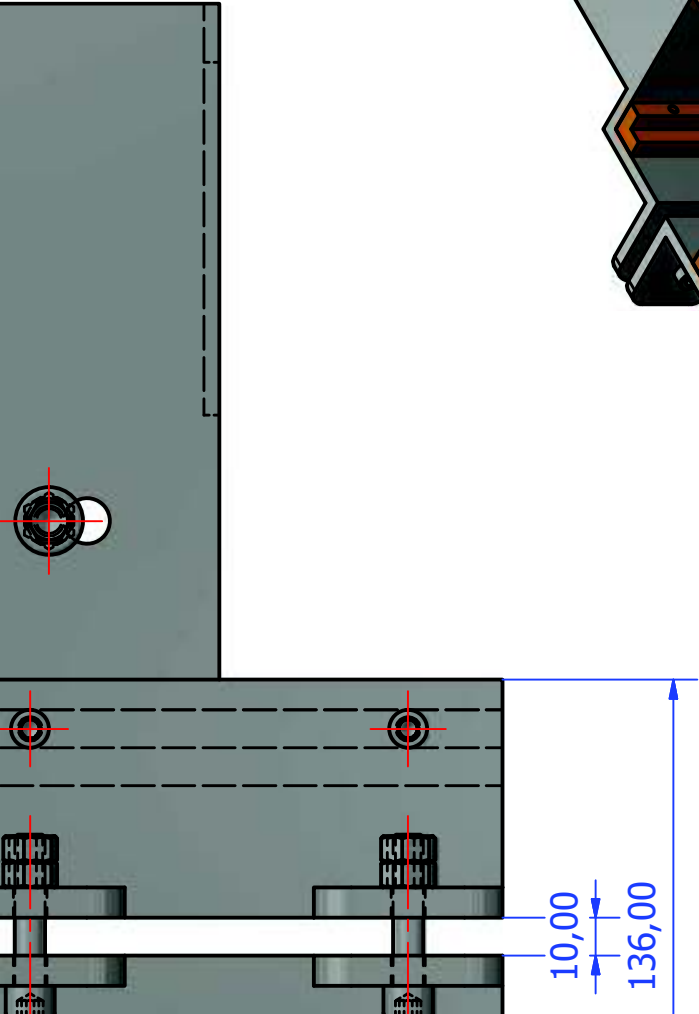
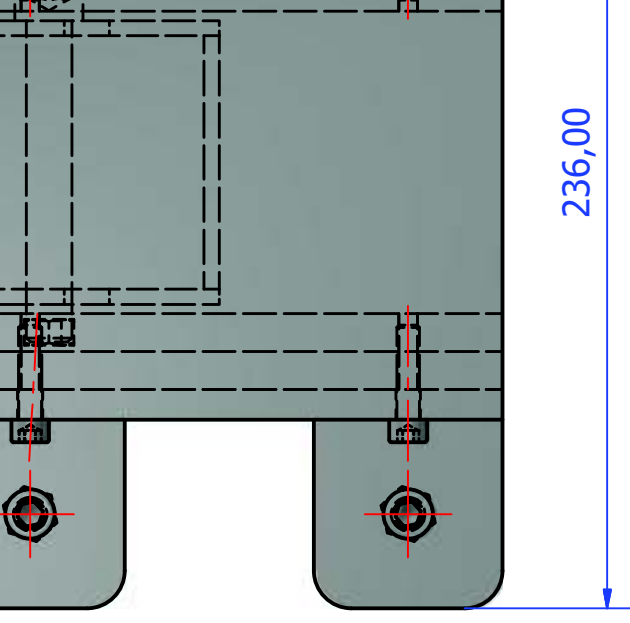


Tol. Gen. 0.1 mm 	Material	ASTM A36	Dim. Brut.	
	Trat. Term.		Pintura/Co	
	Dibujado por:	M.MORA - C. LANDA	Nombre	Fecha
	Aprobado por:	V. GUERRERO		28/10/20

D(3:1)



Tol. Gen. 0.1 mm	Material AISI 1045	Dim. Brut. Pintura/Co
	Trat. Term.	Fecha 28/10/20
	Dibujado por: Aprobado por:	Nombre M.MORA - C. LANDA V. GUERRERO



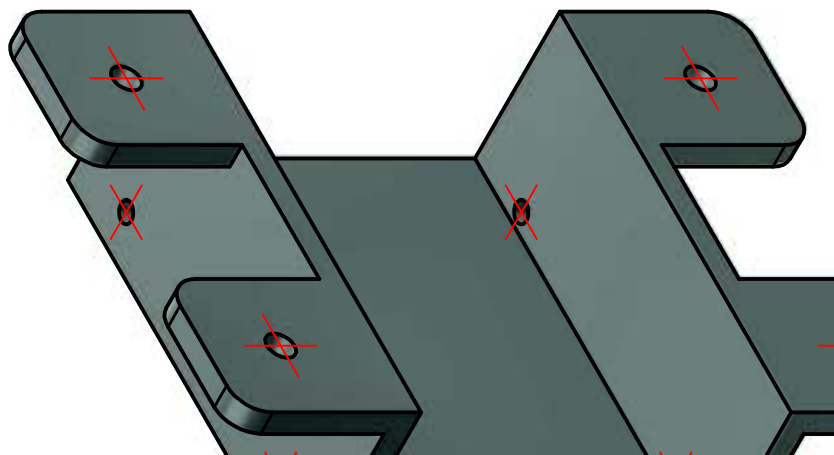
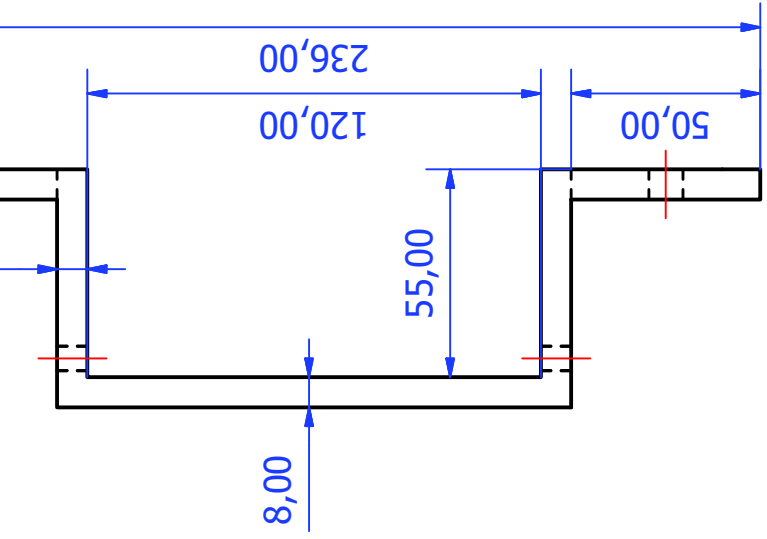
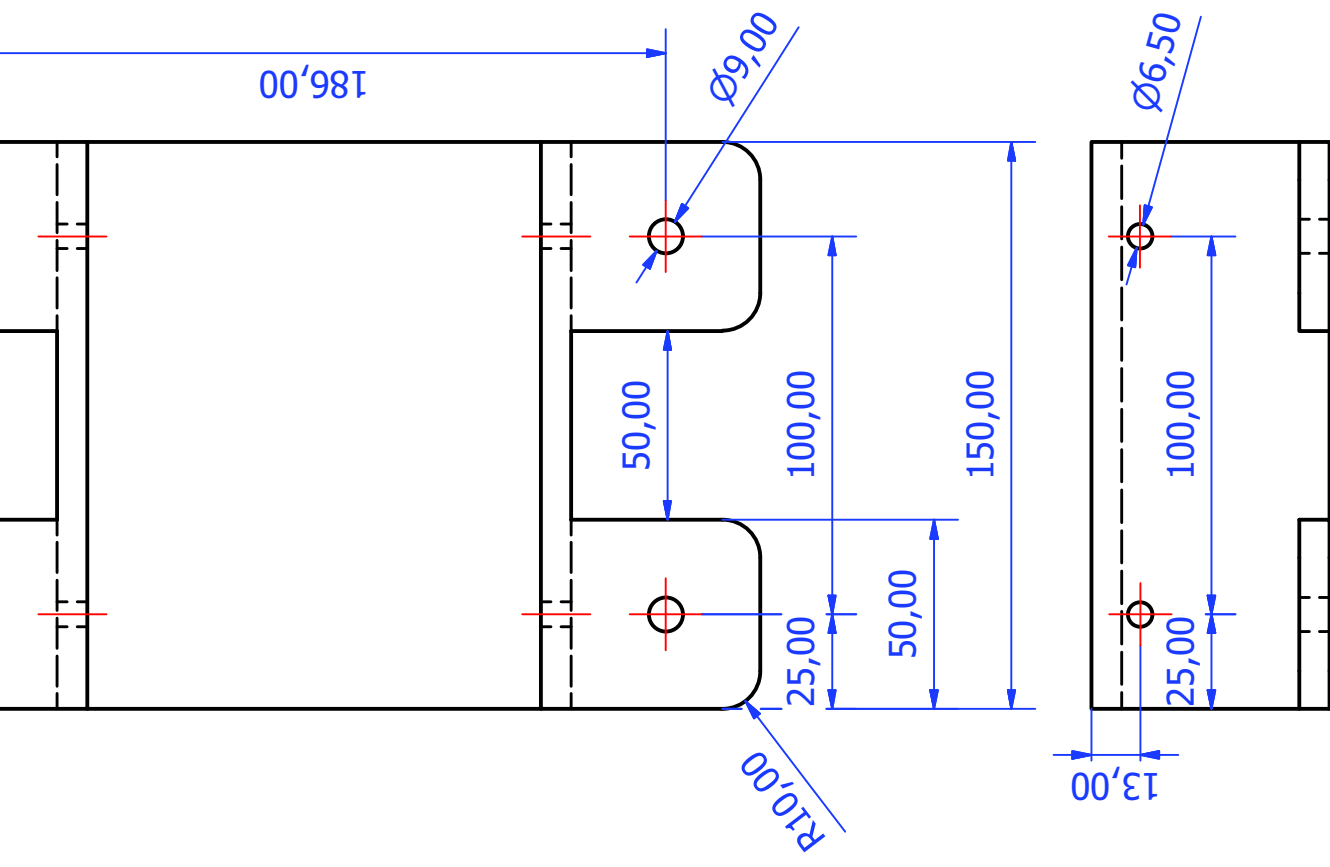
LISTA DE PIEZAS

ITEM	QTY	PART NUMBER	Material	INDICA C/PIEZA	Dim. Brut.
1	1	guia de deslizante con soporte para base de coco			Pintura/Cc
2	1	guia deslizante posterior			Fecha
3	4	guia de nylon			Nombre
4	8	AS 1420 - 1973 - M6 x 25			Dibujado por:
5	4	AS 1420 - 1973 - M8 x 40			Aprobado por:
6	9	AS 1112 - M8 Type 5			
8	1	AS 1420 - 1973 - M12 x 85			

Tol. Gen.
0.1 mm

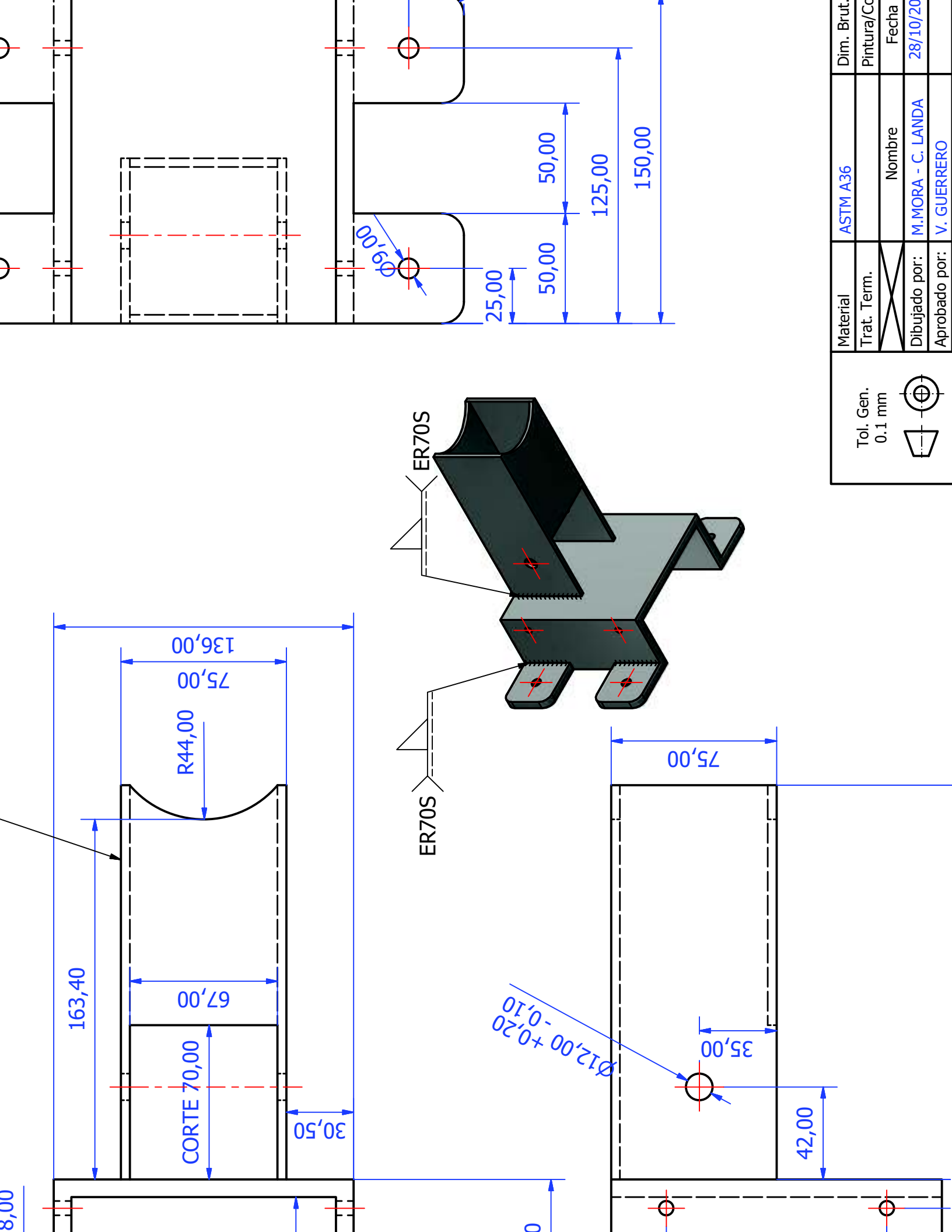


Dim. Brut.	Pintura/Cc	Fecha
		28/10/20
	Nombre	
	M.MORA - C. LANDA	
	V. GUERRERO	



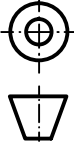
Material	ASTM A36	Dim. Brut.	
Trat. Term.		Pintura/Cc	
Dibujado por:	M.MORA - C. LANDA	Fecha	28/10/20
Aprobado por:	V. GUERRERO		

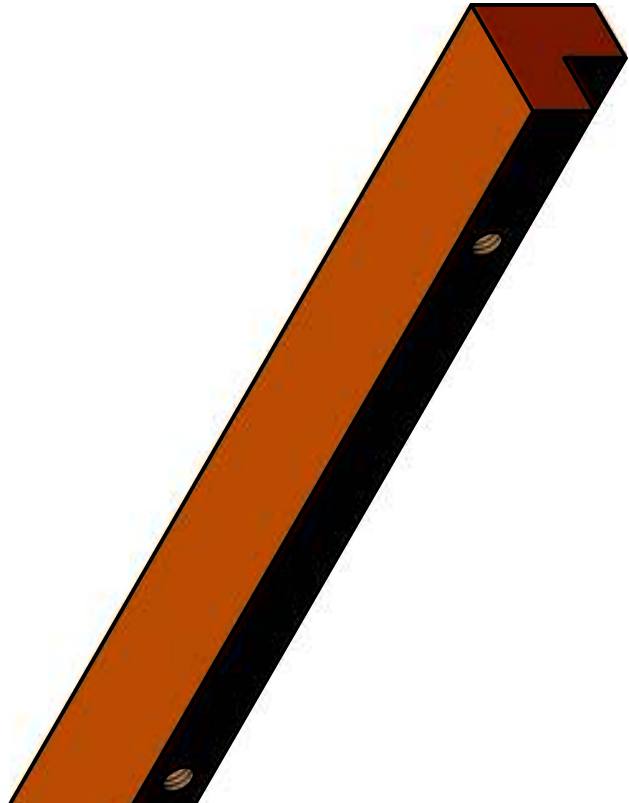
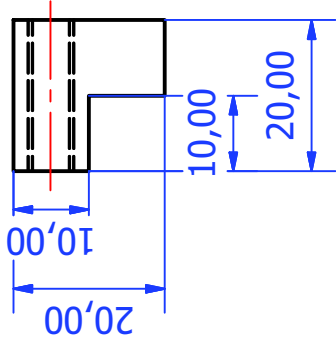
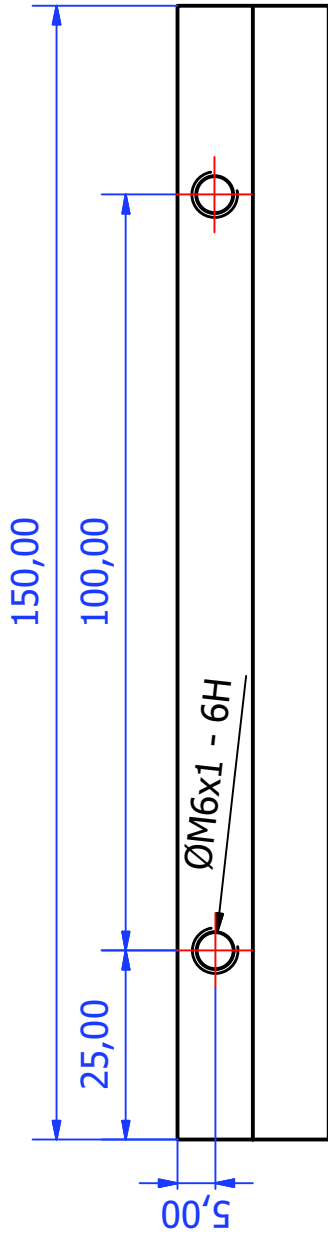
Tol. Gen. 0.1 mm

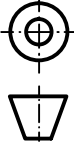


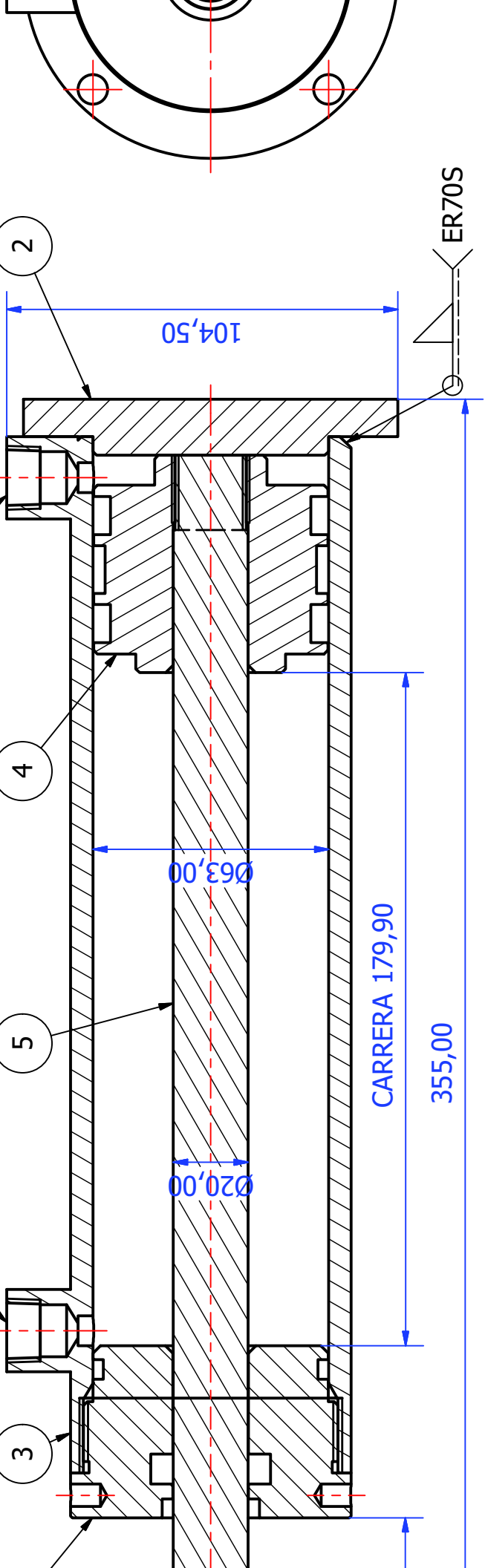
Dim. Brut.	ASTM A36	Dim. Brut.	28/10/20
Trat. Term.		Pintura/Co	
Dibujado por:	M.MORA - C. LANDA	Nombre	
Aprobado por:	V. GUERRERO	Fecha	

Tol. Gen.
0.1 mm





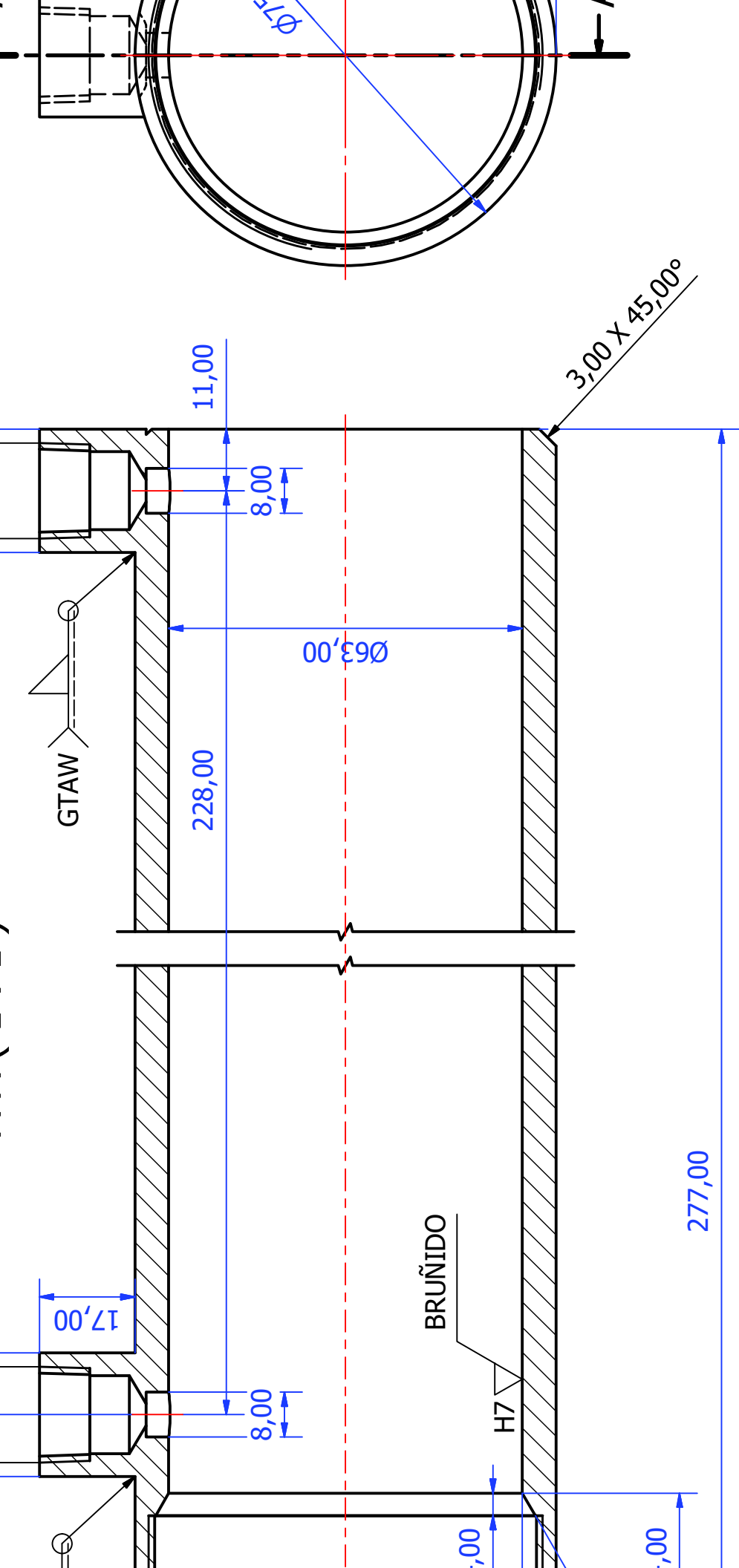
Tol. Gen. 0.1 mm 	Material	NYLON	Dim. Brut.	
	Trat. Term.		Pintura/Co	
	Dibujado por:	M.MORA - C. LANDA	Nombre	Fecha
	Aprobado por:	V. GUERRERO		28/10/20



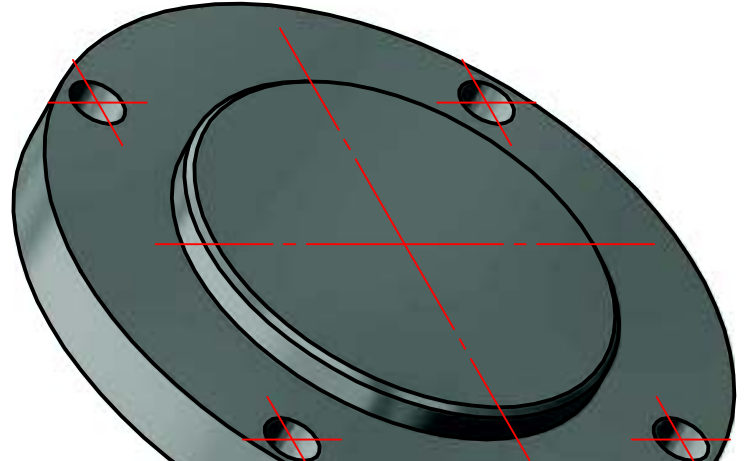
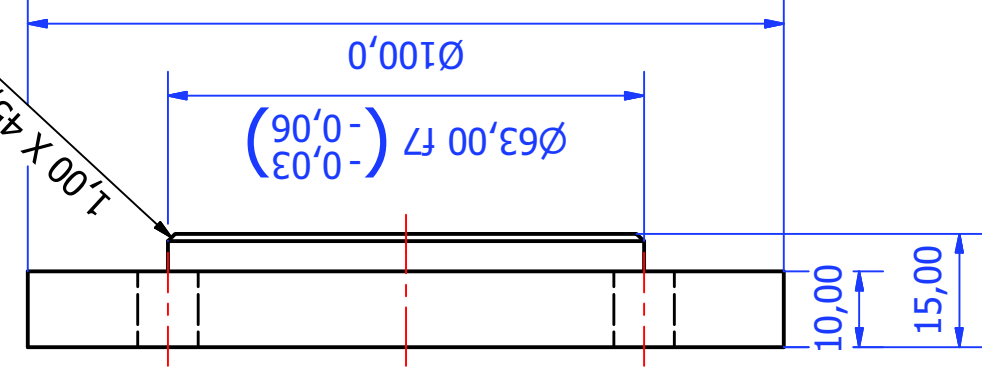
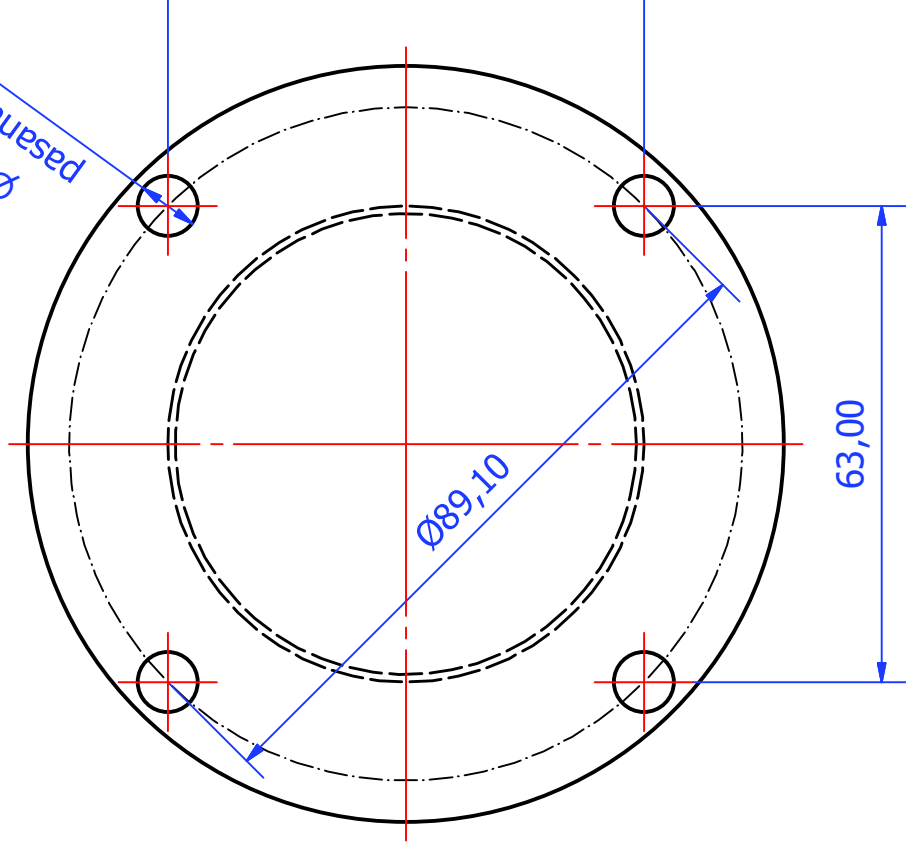
LISTA DE PIEZAS

ITEM	QTY	PART NUMBER
1	1	tapa frontal cilindro empuje
2	1	contratapa de cilindro empujador
3	1	botella cilindro de empuje
4	1	piston cilindro de empuje
5	1	vastago de cilindro de empuje

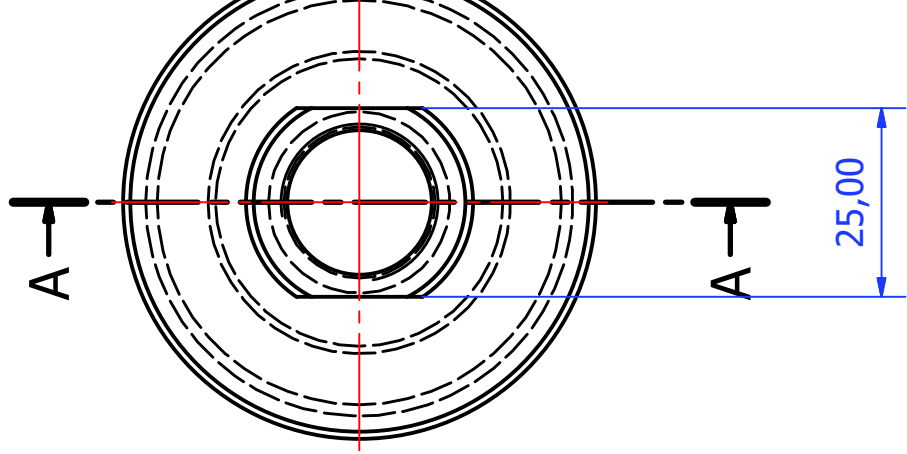
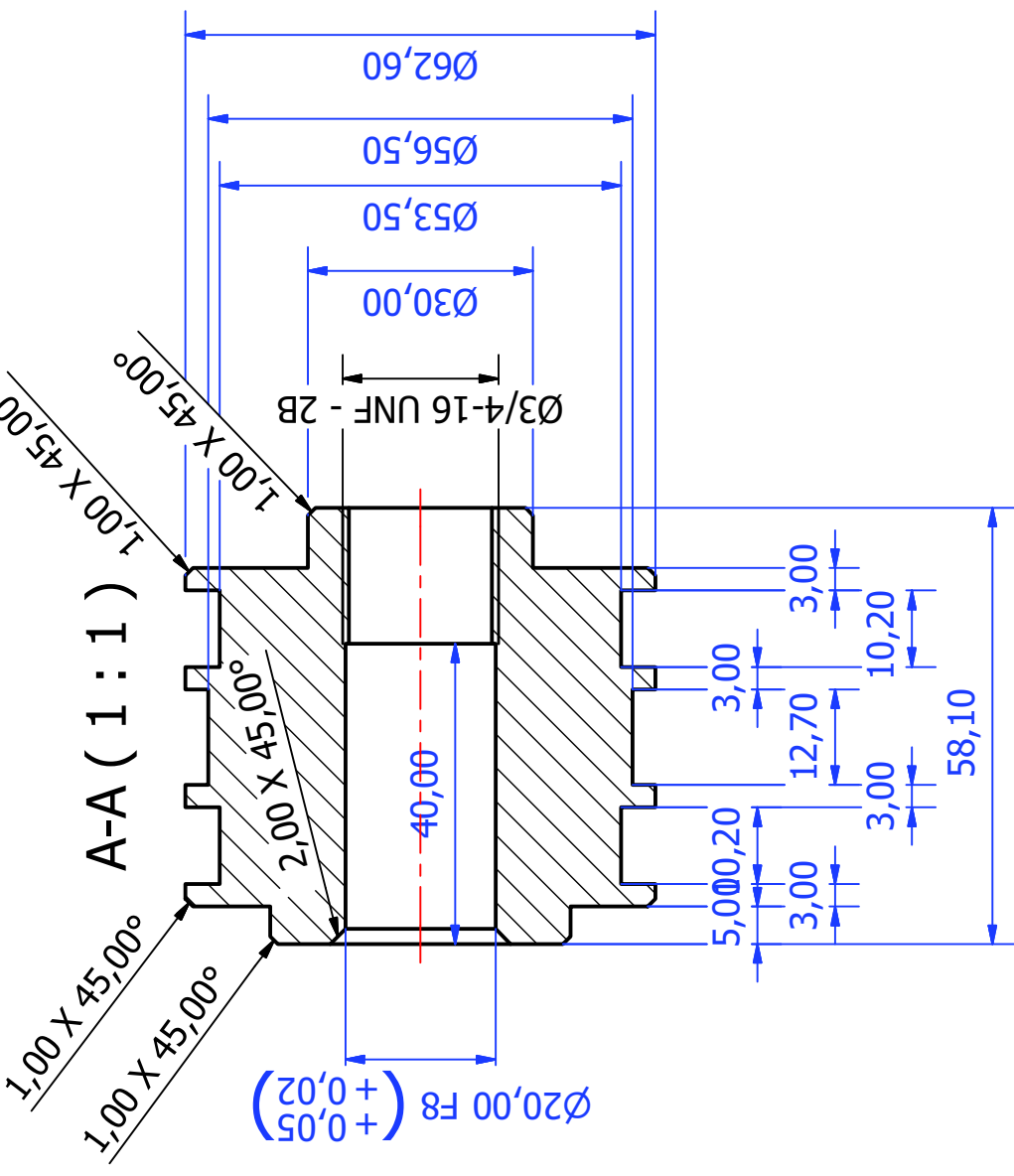
Tol. Gen. 0.1 mm 	Material	INDICA C/PIEZA	Dim. Brut.	
	Trat. Term.		Pintura/Cc	
			Nombre	Fecha
	Dibujado por:	M.MORA - C. LANDA	28/10/20	
	Aprobado por:	V. GUERRERO		

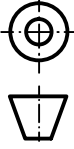



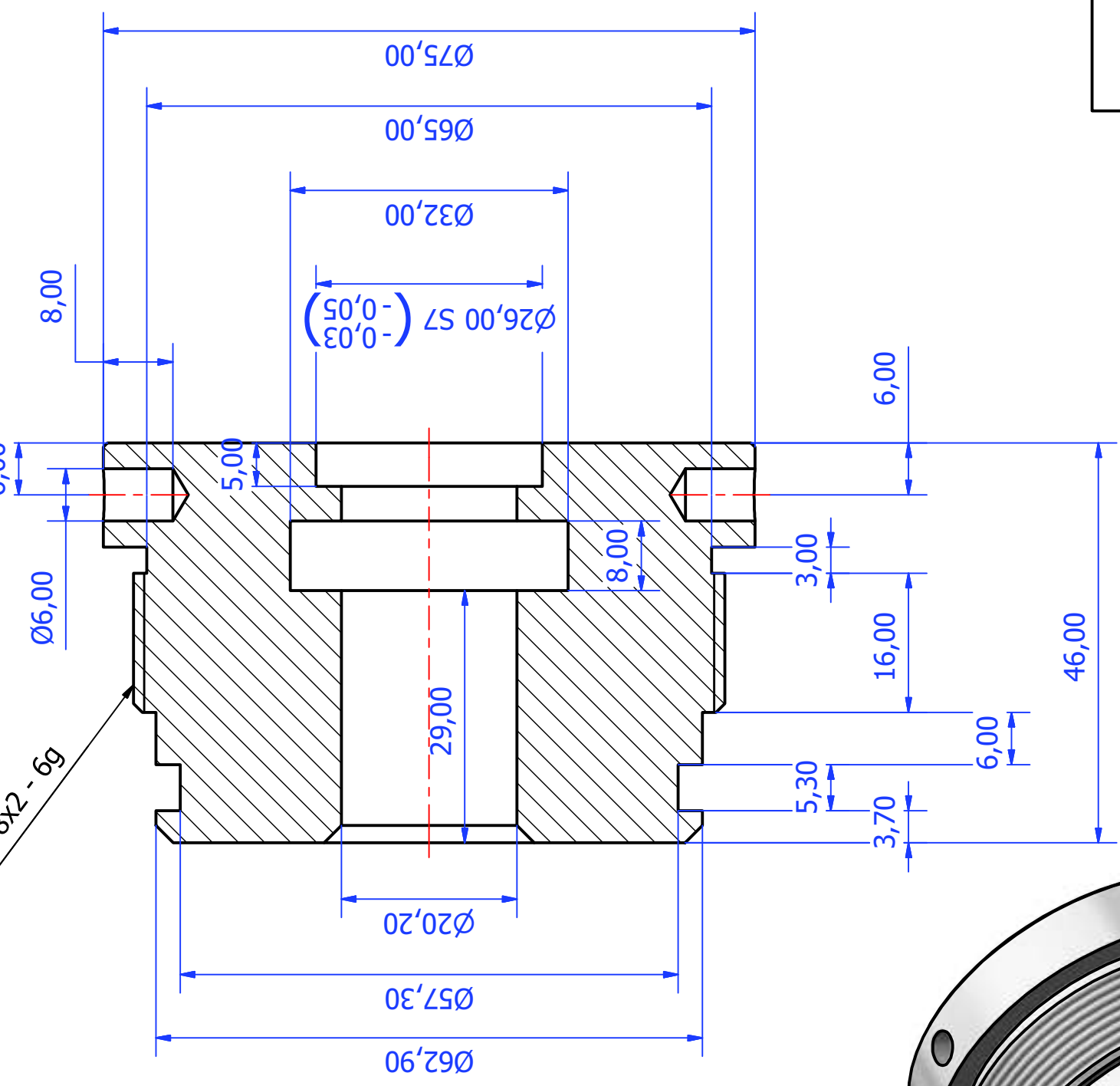
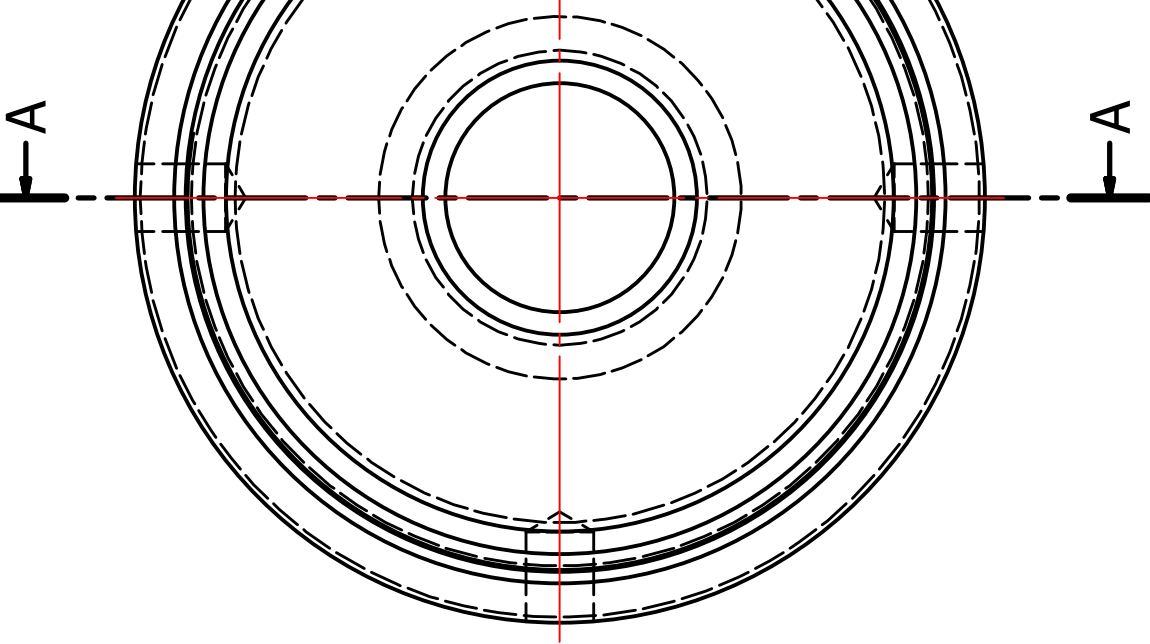
Tol. Gen. 0.1 mm	Material DIN E355	Dim. Brut. Pintura/Cc
	Trat. Term.	Fecha 28/10/20
	Dibujado por: M.MORA - C. LANDA	Aprobado por: V. GERRERO
	Nombre	



Material	AISI 1018	Dim. Brut.	
Trat. Term.		Pintura/Co	
Dibujado por:	M.MORA - C. LANDA	Nombre	
Aprobado por:	V. GUERRERO	Fecha	28/10/20
Tol. Gen. 0.1 mm			

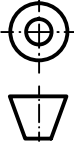


Tol. Gen. 0.1 mm  	Material	AISI 1018	Dim. Brut.	
	Trat. Term.		Pintura/Cc	
	Dibujado por:	M.MORA - C. LANDA	Nombre	Fecha
	Aprobado por:	V. GUERRERO		28/10/20



Material	ALUMINIO	Dim. Bruto:	
Trat. Term.		Pintura/Co	
Dibujado por:	M.MORA - C. LANDA	Fecha	28/10/20
Aprobado por:	V. GUERRERO		

Tol. Gen.
0.1 mm



CROMO DURO

Ø20,00

f7

20,00

340,00

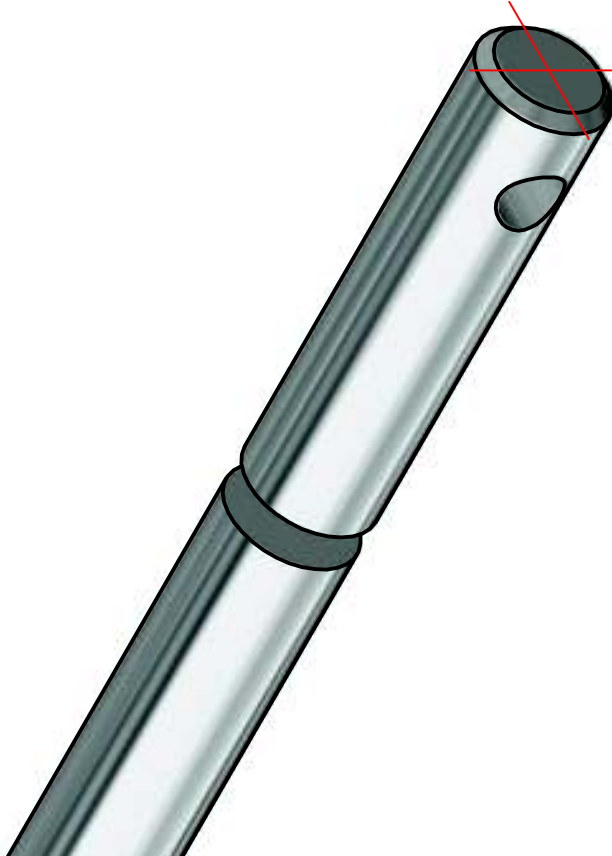
Ø10,00

Ø20,00

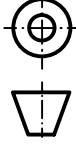
15,00

2,00 X 45,00°

Ø3/4-16 UNF - 2A



Tol. Gen.
0.1 mm



Material	AISI 1045	Dim. Brut.	
Trat. Term.		Pintura/Cc	
Dibujado por:	M.MORA - C. LANDA	Nombre	
Aprobado por:	V. GUERRERO	Fecha	28/10/20